

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **040015**

(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.04.08

(21) Номер заявки
202092038

(22) Дата подачи заявки
2017.05.09

(51) Int. Cl. **B01D 47/06** (2006.01)
B01D 47/10 (2006.01)
B01D 53/58 (2006.01)
C07C 273/16 (2006.01)
C05C 9/00 (2006.01)

(54) СПОСОБ УДАЛЕНИЯ СУБМИКРОННЫХ ЧАСТИЦ ИЗ ПОТОКА ГАЗА

(31) 16168796.7

(32) 2016.05.09

(33) EP

(43) 2020.11.30

(62) 201892569; 2017.05.09

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

(72) Изобретатель:
**Хиггинс Брайан Сейр, Тейт Ш Джон
Маршал, Йетс Роберт Артур, Померло
Марсель Жульен, Хеон Йон Михал,
Диркс Вилфрид Марк Ренат, Колома
Гонсалес Хуан (NL)**

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

(56) US-A-4217114

FR-A1-2519410

GAMISANS X.: "Gas pollutants removal in a single- and two-stage ejector-venturi scrubber", JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS, vol. 90, no. 3, 29 March 2002 (2002-03-29), pages 251-266, XP055313420, AMSTERDAM, NL ISSN: 0304-3894, DOI: 10.1016/50304-3894(01)00352-1 section "Resulty and discussion"; table 1
US-A-4424072

(57) Описан способ удаления субмикронных частиц из потока газа, содержащего субмикронные частицы, причем указанный поток представляет собой отходящий газ, образующийся при доводке карбамида, включающий стадии, на которых в эжекторе Вентури обеспечивают контактирование указанного потока газа с нагнетаемым высокоскоростным потоком очищающей жидкости для обеспечения прокачивающего действия, при этом очищающая жидкость имеет начальную скорость по меньшей мере 25 м/с и отношение расхода очищающей жидкости и расхода газа составляет от 0,0005 до 0,0015 (м³/ч)/(м³/ч); причем способ включает очистку в двух последовательных ступенях Вентури, при этом каждая из указанных двух ступеней Вентури содержит горизонтально расположенный эжектор Вентури, причем указанные ступени Вентури расположены одна над другой, и обе ступени Вентури соединены очищающей колонной.

040015

B1

040015

B1

Область техники, к которой относится изобретение

Данное изобретение относится к удалению частиц из потока газа, в частности к удалению субмикронной пыли карбамида из потока газа из башни приллирования карбамида.

Уровень техники

Для многих промышленных процессов, таких как доводка карбамида, удаление субмикронных частиц из потоков газа, часто является крайне важным для обеспечения соответствия нормативам выбросов. Например, отходящий газ из башен приллирования карбамида содержит относительно большое количество и/или большую долю субмикронных частиц, например, по сравнению с отходящим газом из установки гранулирования карбамида в псевдоожиженном слое. Поэтому удаление субмикронных частиц карбамида является чрезвычайно важным для соответствия все более жестким требованиям и нормативам по выбросам карбамида. Также необходимо удаление аммиака из отходящего газа, образующегося при доводке карбамида. Основные ссылки, относящиеся к удалению пыли карбамида из отходящего газа из доводочной секции карбамида, включают в себя WO 2015/002535 и WO 2015/072854.

Можно отметить, что распределение по размерам частиц отходящего газа из башни приллирования карбамида имеет пик между аэродинамическими размерами частиц 0,1 мкм и 1 мкм, при этом суммарная масса, например, около 70 мг/м³ (н.у.) представлена частицами размером <10 мкм (около 50 мас.% от общего количества твердых частиц (PM)). Отходящий газ, образующийся при гранулировании карбамида, может, например, содержать около 25 мг/м³ (н.у.) частиц размером <10 мкм. Для соответствия существующим и будущим нормативам выбросов крайне важным является удаление существенного количества субмикронных частиц, например пыли карбамида. Известные методы улавливания частиц, в общем, имеют очень низкую эффективность в отношении субмикронных частиц либо создают большой перепад давления.

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.

Башня приллирования может иметь высоту, например, от 60 до 80 м. Установки меньшего размера могут иметь длину пути свободного падения 50 м или менее. Некоторые из самых крупных установок имеют башни приллирования высотой 125 м. Выбросы могут, например, составлять от 0,5 до 2,5 кг пыли карбамида на 1 т прилл карбамида (от 35 до 125 мг/м³ (н.у.)) и примерно от 0,5 до 2,7 кг NH₃ на 1 т (35-245 мг/м³ (н.у.)). Для некоторых действующих башен приллирования карбамида были зафиксированы выбросы пыли карбамида, превышающие 200 мг/м³ (н.у.). Например, ориентировочный расход воздуха для башни приллирования карбамида составляет 500000 м³ (н.у.)/ч. Более крупные башни приллирования могут, например, давать 900000 м³ (н.у.)/ч при производительности по карбамиду 75-100 т/ч (метрических тонн в час).

Более старые башни приллирования часто выбрасывают отходящий газ непосредственно в воздух без какой-либо очистки от карбамида или аммиака. Башенная конструкция в общем определяет максимальное значение веса для конструкции любых систем очистки, устанавливаемых в рамках модернизации на верхней части. Отходящий газ из некоторых башен приллирования, в частности отходящий газ из работающих на естественной тяге башен приллирования, обеспечивает низкий перепад давления. В существующих методах снижения выбросов для поддержания достаточного перепада давления обычно необходимы большие воздуходувки и вентиляторы, поскольку для удаления субмикронных частиц, как правило, необходим высокий перепад давления. Поэтому существующие системы не подходят для установки на верхней части действующих башен приллирования. Возможность сперва подавать отходящий газ на более низкий уровень с помощью канала привела бы к дополнительному существенному перепаду давления. С учетом больших расходов воздуха это привело бы к существенному увеличению энергопотребления. Сооружение канала от верхней части до нижней части башни приллирования карбамида также является сложным и дорогостоящим и создает риск закупоривания канала между башней приллирования и системой снижения выбросов.

Что касается доступных в настоящее время методов снижения выбросов, скрубберы улавливания пыли, особенно в сочетании с установками кислотной промывки для уменьшения выбросов аммиака, в общем считают пригодными только для башен приллирования с принудительной тягой, в которых предусмотрены воздушные вентиляторы, но не для башен приллирования с естественной тягой. Например, в US 4424072 (Lerner) на фиг. 1 представлен аппарат, содержащий вертикальную башню 11 приллирования карбамида с множеством скрубберов 17, установленных над верхней частью башни. В этом патенте сообщается, что аппарат включает в себя установки для нагнетания потока воздуха в нижнюю часть башни приллирования, работающей с помощью принудительной тяги, индуцированной тяги или их сочетания. В данной области принято, что башни с индуцированной тягой используют расположенный в центре вентилятор в верхней части, а охлаждающие башни с принудительной тягой используют вентилятор, расположенный рядом с нижней частью.

Соответственно, существует потребность в более эффективных системах и способах снижения вы-

бросов, которые смогут работать с низким перепадом давления и эффективно удалять субмикронные частицы из потоков газа. Более конкретно существует потребность в улучшенных системах и способах снижения выбросов карбамида и аммиака для башен приллирования карбамида.

Раскрытие изобретения

Для лучшего соответствия одному или более вышеуказанным требованиям изобретение относится в одном из аспектов к способу удаления субмикронных частиц из потока газа, содержащего субмикронные частицы, причем указанный поток представляет собой отходящий газ, образующийся при доводке карбамида, включающий стадии, на которых в эжекторе Вентури обеспечивают контактирование указанного потока газа с нагнетаемым высокоскоростным потоком очищающей жидкости для обеспечения прокачивающего действия, при этом очищающая жидкость имеет начальную скорость по меньшей мере 25 м/с и отношение расхода очищающей жидкости и расхода газа составляет от 0,0005 до 0,0015 (м³/ч)/(м³/ч); причем способ включает очистку в двух последовательных ступенях Вентури, при этом каждая из указанных двух ступеней Вентури содержит горизонтально расположенный эжектор Вентури, причем указанные ступени Вентури расположены одна над другой, и обе ступени Вентури соединены очищающей колонной.

Краткое описание чертежей

На фиг. 1 показана блок-схема варианта осуществления системы в соответствии с данным изобретением.

На фиг. 2 показана блок-схема варианта осуществления системы в соответствии с данным изобретением.

На фиг. 3 изображено типичное распределение частиц по размерам и суммарная масса для пыли карбамида в отходящем газе из башни приллирования.

На фиг. 4 изображено типичное распределение частиц по размерам и суммарная масса для пыли карбамида в отходящем газе из гранулятора карбамида.

Осуществление изобретения

В одном аспекте настоящее изобретение обеспечивает способ удаления субмикронных частиц из потока газа, включающий обеспечение в эжекторе Вентури контактирования потока газа, содержащего субмикронные частицы, с очищающей жидкостью. Очищающую жидкость предпочтительно нагнетают, причем предпочтительно нагнетают с высокой скоростью, в частности, для обеспечения прокачивающего действия. Таким образом, поток газа, подлежащий очистке, втягивается в эжектор Вентури. Очищающая жидкость предпочтительно имеет начальную скорость по меньшей мере 25 м/с, более предпочтительно по меньшей мере 50 м/с, еще более предпочтительно по меньшей мере 100 м/с. Такие скорости относятся, например, к скоростям на отверстии форсунки и/или к средней скорости капель на расстоянии, например, 1 см от форсунки. Предпочтительно для обеспечения таких предпочтительных скоростей способ включает в себя нагнетание очищающей жидкости в эжектор Вентури с помощью гидравлической форсунки, такой как гидравлическая форсунка высокого давления, например, при давлении в форсунке по меньшей мере 1,5 МПа или по меньшей мере 1,8 МПа (по меньшей мере 15 бар или по меньшей мере 18 бар), или с помощью двухпоточной (газожидкостной) форсунки, которая может давать давление менее 1,5 МПа (менее 15 бар).

Предпочтительно очищающую жидкость нагнетают в эжектор Вентури так, чтобы обеспечивать средний диаметр капель менее 300 мкм, более предпочтительно менее 200 мкм. В некоторых вариантах осуществления способ включает нагнетание очищающей жидкости в эжектор Вентури через форсунку, выполненную с возможностью обеспечения капель со средним диаметром менее 300 мкм, предпочтительно менее 200 мкм. Размеры капель соответствуют, например, объемному медианному диаметру. Этот размер капель может способствовать эффективной очистке. Капли очищающей жидкости этого размера могут, например, быть обеспечены путем использования упомянутых скоростей очищающей жидкости. В частности, для тонкого распыления очищающей жидкости может быть использована гидравлическая форсунка с давлением нагнетания по меньшей мере 1,5 МПа (по меньшей мере 15 бар), более предпочтительно по меньшей мере 1,8 МПа (по меньшей мере 18 бар) или двухпоточная форсунка, которая использует сжатые газы, например, от 0,3 до 0,6 МПа (от 3 до 6 бар), при давлении от 0,3 до 0,6 МПа (от 3 до 6 бар).

Предпочтительно по меньшей мере в одном эжекторе Вентури или в каждой ступени эжектора Вентури отношение расхода очищающей жидкости и расхода газа составляет от 0,0005 до 0,0015 (м³/ч)/(м³/ч). Типовым отношением является отношение расхода очищающей жидкости и расхода газа от 0,00010 до 0,0050 (м³/ч)/(м³/ч), хотя также возможны более низкие или более высокие отношения. Такое отношение, например, основано на фактическом объеме м³ газа, который подлежит втягиванию в эжектор Вентури. Необязательно отношение "очищающая жидкость/газ" находится в диапазоне от 0,5 до 1,5 дм³/м³ (от 0,5 до 1,5 л/м³) и основано на фактическом объеме в м³. Использование такого отношения, предпочтительно в сочетании с описанной начальной скоростью очищающей жидкости, выгодным образом обеспечивает неожиданно высокую эффективность очистки, в частности, при относительно небольших размерах оборотов и небольшом перепаде давления.

Предпочтительно данный способ включает использование множества последовательных эжекторов

Вентури. Предпочтительно продолжительность нахождения потока газа между первым и расположенным ниже по потоку вторым эжекторами Вентури составляет по меньшей мере 0,1 с или по меньшей мере 0,20 с, более предпочтительно по меньшей мере 0,4 с, например более 0,8 с. Это относится к продолжительности нахождения между двумя эжекторами Вентури, причем другие эжекторы Вентури между ними отсутствуют. Между ними могут находиться другие элементы, такие как распылитель или туманоотделитель. Использование такой продолжительности нахождения между двумя следующими последовательно друг за другом эжекторами Вентури способствует росту частиц, особенно субмикронных частиц. Это улучшает улавливание частиц, например, в расположенном ниже по потоку устройстве улавливания частиц, таком как туманоотделитель.

Предпочтительно используют расположенную выше по потоку первую и расположенную ниже по потоку вторую ступени Вентури, причем каждая ступень содержит один эжектор Вентури или множество параллельных эжекторов Вентури. Предпочтительно первая очищающая жидкость первой ступени Вентури содержит по меньшей мере 10 мас.%, или по меньшей мере 20 мас.%, или по меньшей мере 30 мас.%, или по меньшей мере 40 мас.% растворенного вещества, например от 20 до 55 мас.% либо от 40 до 50 мас.%, и/или такие количества гидрофильного вещества, или такие количества вещества компонентов, удаленных из потока газа. Предпочтительно растворенный материал является карбамидом, а очищающая жидкость содержит такое количество карбамида. В некоторых вариантах осуществления первая очищающая жидкость содержит менее 90 мас.% воды или менее 80 мас.% воды, или даже менее 60 мас.% воды. Очищающая жидкость, используемая во второй расположенной ниже по потоку ступени Вентури и/или в распылительной форсунке, расположенной ниже по потоку от первой ступени Вентури, предпочтительно содержит от 0 до 5,0 мас.% растворенного вещества, более предпочтительно менее 2,0 мас.% растворенного вещества, в частности карбамида. Предпочтительно вторая очищающая жидкость содержит от 80 до 100 мас.% воды, или по меньшей мере 90 мас.% воды, или по меньшей мере 95 мас.% воды. Предпочтительно очищающая жидкость, используемая в первой ступени эжектора Вентури (первая очищающая жидкость), имеет более высокую концентрацию растворенного вещества, чем очищающая жидкость, используемая во второй ступени эжектора Вентури (вторая очищающая жидкость); предпочтительно по меньшей мере в 3 раза выше или по меньшей мере в 5 раз выше или более предпочтительно по меньшей мере в 10 раз выше. Очищающая жидкость, используемая в первой ступени Вентури, в частности в расположенном выше всего по потоку эжекторе Вентури, создает, например, первую точку контакта с отходящим газом.

Первую очищающую жидкость обычно подвергают рециркуляции, чтобы обеспечивать такие концентрации растворенного вещества (например, карбамида), чтобы обеспечивать более легкое удаление, в частности извлечение карбамида. В частности, в случае отходящего газа (поток охлаждающего воздуха), образующегося при приллировании или гранулировании, предпочтительно извлекают приллируемое или гранулируемое вещество. Это применимо, в частности, к гранулированию или приллированию карбамида. Извлеченный карбамид может быть объединен с содержащим карбамид продуктом, например приллирами или гранулами. В общем, поток в виде потока очистки и/или продувки, содержащий такие концентрации карбамида, например от 40 до 50 мас.%, извлекают из первой ступени Вентури и/или расположенной выше по потоку ступени охлаждения гашением, в частности из их коллекторного резервуара или контура рециркуляции. Таким образом, основную массу вещества в виде твердых частиц в потоке газа, например, улавливают путем отмывки очищающей жидкостью, содержащей такие высокие концентрации растворенного вещества.

Подача жидкости, имеющей более низкую концентрацию растворенного вещества (например, концентрацию карбамида), чем используют в первой ступени Вентури, в поток газа ниже по потоку от первого эжектора Вентури может приводить к увеличению парциального давления водяного пара в данном потоке газа. Это может способствовать конденсации воды на субмикронных частицах, вызывая увеличение размера частиц. Что может улучшать улавливание образовавшихся частиц большего размера в расположенном ниже по потоку устройстве улавливания частиц и/или капель, таком как, например, эжектор Вентури (или его часть, например, расширяющаяся часть трубки) и/или туманоотделитель. В частности, конденсация на субмикронных частицах и/или каплях аэрозоля, содержащих карбамид с относительно высокой концентрацией, такой как по меньшей мере 50 мас.% или даже 100% карбамида, может быть усилена. В некоторых вариантах осуществления способ включает испарение по меньшей мере 0,001 кг/м³ (н.у.) или по меньшей мере 0,005 кг/м³ (н.у.), или по меньшей мере 0,010 кг/м³ (н.у.) воды ниже по потоку от первой ступени эжектора Вентури и выше по потоку от горловины эжектора Вентури и/или устройства удаления капель.

Предпочтительно поток газа получают из доводочной секции карбамида, такой как гранулятор карбамида или башня приллирования карбамида, более предпочтительно из башни приллирования карбамида. Башня приллирования карбамида является, например, башней приллирования с принудительной тягой или с естественной тягой.

Настоящие способ и система обеспечивают особые преимущества при использовании совместно с башнями приллирования карбамида с естественной тягой. Башни приллирования карбамида с естественной тягой представляют собой башни приллирования карбамида, в которых не используют вентиля-

тор и/или воздуходувку для перемещения охлаждающего воздуха через зону приллирования башни приллирования карбамида. Обычно такие башни не используют вентиляторы или воздуходувки для перемещения охлаждающего воздуха через башню приллирования карбамида. Обычно башни приллирования карбамида являются башнями с принудительной тягой (вентиляторы находятся в нижней части), башнями с индуцированной тягой (вентиляторы - в верхней части) или башнями с естественной тягой. В башне приллирования карбамида с естественной тягой могут тем не менее использовать эжектор, например в системе очистки отходящего газа.

Необязательно способ дополнительно включает стадию приллирования карбамида или гранулирования карбамида. Необязательно способ включает отверждение плава карбамида для производства прилл или гранул карбамида с использованием воздуха для охлаждения капель плава карбамида.

В некоторых вариантах осуществления поток газа содержит концентрацию субмикронных частиц более 20 мг/м^3 (н.у.) или более 50 мг/м^3 (н.у.), более предпочтительно такую концентрацию частиц карбамида. Субмикронные частицы имеют размер $1,0 \text{ мкм}$ или менее. Необязательно доля субмикронных частиц составляет по меньшей мере $0,5 \text{ мас.}\%$ и/или не более $5,0 \text{ мас.}\%$ от общей массы частиц в потоке газа, предпочтительно частицы имеют размер менее $1,0 \text{ мкм}$, и необязательно количество таких частиц лежит в диапазоне от $1,0$ до $4,0 \text{ мас.}\%$.

Предпочтительно субмикронные частицы являются гидрофильными. Предпочтительно субмикронные частицы содержат гигроскопичное вещество. Предпочтительно субмикронные частицы растворимы в очищающей жидкости, например в воде. В контексте настоящего документа субмикронные частицы включают в себя, например, коллоидные аэрозоли. Конденсация необязательно может подразумевать конденсацию на частице, капле или частице коллоидного аэрозоля и вызывать увеличение ее размера.

В контексте настоящего документа эжектор Вентури представляет собой разновидность скруббера Вентури и в общем содержит следующие друг за другом последовательно в направлении потока газа элементы: сужающуюся часть трубки, горловину и расширяющуюся часть трубки, причем сужающаяся и расширяющаяся части обычно представляют собой конические части трубки. Горловина обычно обеспечивает узкое отверстие для прохождения потока газа и жидкости, подаваемой в поток газа выше по потоку от горловины. Горловина может быть сформирована, например, соединением между двумя частями, например частями трубки, или, например, минимальным внутренним поперечным сечением трубки. Ускорение и/или высокая скорость в горловине и/или сужающейся части способствует интенсивному смешиванию газа и жидкости, а также турбулентному режиму движения и распылению жидкости. По меньшей мере, некоторые частицы в потоке газа сталкиваются с каплями, увлекаются ими и могут быть удалены в расположенном ниже по потоку устройстве удаления капель.

Предпочтительно эжектор Вентури (например, эжекторный скруббер Вентури) содержит форсунку, расположенную для распыления очищающей жидкости в направлении, параллельном потоку газа (потоку газа, подлежащему очистке) через вход газа эжектора Вентури. Ось форсунки необязательно параллельна потоку газа. Предпочтительно форсунка вставлена в сужающуюся часть, такую как коническая часть трубки эжектора Вентури. В некоторых вариантах осуществления форсунка расположена на некотором расстоянии от стенки трубки Вентури или части канала. Предпочтительно вход газа в эжектор Вентури представляет собой отверстие, расположенное, по существу, перпендикулярно (например, под углом между 60 и 120° или между 85 и 95°) относительно линии, соединяющей форсунку и горловину трубки Вентури. Предпочтительно вход газа в эжектор Вентури размещен, по существу, параллельно отверстию горловины. Предпочтительно осевая линия потока газа, подлежащего очистке, не искривляется между форсункой и горловиной (независимо от сужения потока). Предпочтительно форсунка расположена так, чтобы обеспечивать распыление перпендикулярно поперечному сечению горловины, и предпочтительно форсунка центрирована относительно поперечного сечения горловины. В общем форсунка расположена на некотором расстоянии от поперечного сечения горловины и выше по потоку от него. В некоторых вариантах осуществления жидкость подают в эжектор Вентури с круглой горловиной только через одну такую форсунку.

Форсунка, используемая для подачи очищающей жидкости в эжектор Вентури, является, например, гидравлической, производящей мелкие капли посредством высокого давления, или, например, двухпоточной форсункой, в которой жидкость и вспомогательный поток газа, обычно под давлением, вместе протекают через форсунку. Мелкие капли могут быть произведены посредством касательных сил между жидкостью и газом, которые вместе проходят через форсунку.

Струя брызг очищающей жидкости действует как движущая текучая среда в эжекторе Вентури, в случае двухпоточной форсунки вместе с потоком воздуха. Таким образом, эжектор Вентури может действовать как эдуктор Вентури, в котором подлежащий очистке поток газа втягивается с помощью потока движущей текучей среды. Можно отметить, что энергозатратные скрубберы Вентури (с начальной скоростью жидкости ниже, чем скорость газа) и эжекторные скрубберы Вентури (начальная скорость жидкости выше, чем скорость газа) имеют совершенно разные характеристики энергопотребления, распыления и отмывки. Настоящее изобретение охватывает использование скрубберов Вентури эжекторного типа. Кинетическую энергию высокоскоростного потока жидкости (с совместным нагнетанием потока газа или без него) используют для распыления жидкости и прокачивания потока газа, подлежащего очистке, в

общем через систему отмывки и соединительные каналы. Эжектор Вентури, в общем, используют совместно с расположенным ниже по потоку каплеотделителем, например гравитационным или инерционным контактным сепаратором, для удаления очищающей жидкости из потока газа. В частности, может быть использован расположенный ниже по потоку туманоотделитель.

Необязательно добавляют основной реагент, например, выбранный из группы, состоящей из кальция, извести, известняка, гашеной извести, зольной пыли, оксида магния, кальцинированной соды, бикарбоната натрия, карбоната натрия и их смесей. Он может быть использован для удаления кислотных газов из потока газа. Предпочтительно реагент добавляют к очищающей жидкости, распыляемой в поток газа. Очищающая жидкость эжектора Вентури необязательно содержит такой реагент.

Предпочтительно добавляется кислотный реагент, наиболее предпочтительно реагент выбран из группы, состоящей из уксусной кислоты, борной кислоты, угольной кислоты, лимонной кислоты, соляной кислоты, плавиковой кислоты, азотной кислоты, шавелевой кислоты, фосфорной кислоты, серной кислоты и их смесей. Он может быть использован для удаления основных газов из потока газа, таких как аммиак. Предпочтительно кислотный реагент добавляют в случае отходящего газа, образующегося при доводке карбамида. Предпочтительно добавляют серную кислоту или азотную кислоту. Необязательно очищающая жидкость каскада Вентури содержит такой кислотный реагент, например, в первой (расположенной выше всего по потоку) ступени Вентури или в расположенной ниже по потоку второй ступени Вентури.

Предпочтительно кислотный или основной реагент добавляют к очищающей жидкости, распыляемой в поток газа предпочтительно ниже по потоку от первой ступени Вентури и предпочтительно также ниже по потоку от второй ступени Вентури. Кислотный или основной реагент содержится в очищающей жидкости эжектора Вентури, например первой или второй, или необязательной третьей ступени Вентури. Очищающий раствор со стадии кислотной отмывки, содержащий соль аммония, например, подают в бак хранения и/или за пределы установки, в частности, если кислотный реагент вводят в поток газа ниже по потоку от первой ступени Вентури.

Предпочтительно данный способ охватывает кислотную отмывку и отмывку от пыли отходящего газа, образующегося при приллировании карбамида, предпочтительно осуществляемые на верхней части башни приллирования карбамида предпочтительно с естественной тягой, т.е. система очистки расположена в верхней части башни приллирования карбамида.

В некоторых вариантах осуществления поток, содержащий растворенный карбамид, такой как поток продувки и/или очистки, например, из первой ступени Вентури и/или ступени охлаждения гашением, в котором используют очищающую жидкость с кислотным либо основным реагентом или без него, подают в регенерирующую секцию вакуумного испарения для получения водяного пара и концентрированного раствора карбамида. Регенерирующая секция вакуумного испарения предпочтительно отделена от секции испарения установки по производству карбамида и является по отношению к ней дополнительной. Концентрированный раствор, содержащий карбамид, подают (в виде потока) на доводку карбамида (например, гранулирование или приллирование), и этот карбамид объединяется с продуктом твердого карбамида, например, гранулами или приллами. Пар конденсируют, и в описываемом способе конденсат предпочтительно повторно возвращают в процесс в качестве подпиточной воды, например, используемой для отмывки отходящего газа, образующегося при приллировании, вместе с водным раствором, содержащим менее 5 мас.% карбамида, таким как во второй ступени Вентури. В случае, если способ включает кислотную отмывку, поток и концентрат могут дополнительно содержать соли аммония. Концентрат могут также подавать в установку для получения карбамида и нитрата аммония (UAN) либо в установку для получения карбамида и сульфата аммония (UAS) и вводить в поток продукта UAN или UAS. В некоторых вариантах осуществления способ включает кислотную отмывку ниже по потоку от первой ступени Вентури и/или первой ступени охлаждения гашением или отмывки, и поток продувки кислотного очищающего раствора проходит отдельно от очищающей жидкости, используемой выше по потоку от указанной кислотной отмывки. Такому испарению подвергают содержащую карбамид очищающую жидкость, используемую в ступени выше по потоку от кислотной отмывки.

Предпочтительно статическое (абсолютное) давление на выходе эжектора Вентури - примерно такое же или немного выше относительно давления на входе газа в эжектор Вентури, например, составляет по меньшей мере 90%, или по меньшей мере 100%, или по меньшей мере 105% статического давления на входе. Предпочтительно способ включает приллирование карбамида в башне приллирования карбамида с естественной тягой и отмывку в эжекторе Вентури, причем указанный эжектор Вентури расположен на верхней части указанной башни приллирования, причем статическое давление на выходе по меньшей мере одного эжектора Вентури больше, чем на входе этого эжектора Вентури. Предпочтительная начальная скорость и отношение очищающей жидкости может способствовать такому преимущественному статическому давлению на данном выходе эжектора Вентури.

Предпочтительно, по меньшей мере, некоторые или все эжекторы Вентури размещены, по существу, горизонтально, например для, по существу, горизонтального потока через горловину, например, под углом менее 20° или менее 10° к горизонтали. Это обеспечивает компактность конструкции. Также возможно, например, что, по меньшей мере, некоторые или все эжекторы Вентури ориентированы вертикально. В этом случае эжекторы Вентури размещены для протекания потока через горловину вниз. Это

обеспечивает небольшое падение давления.

Способ необязательно включает охлаждение гашением потока газа выше по потоку от первого эжектора Вентури, например, путем понижения температуры по меньшей мере на 10°C или по меньшей мере на 20°C, либо до температуры газа менее 60°C или 50°C, либо менее, например, путем распыления водного раствора и испарения, по меньшей мере, некоторого количества воды. Распыляемый раствор для охлаждения гашением необязательно содержит по меньшей мере 10 мас.%, или по меньшей мере 20 мас.%, или по меньшей мере 30 мас.% растворенного вещества, например карбамида. Необязательно распыляемый раствор для охлаждения гашением, по меньшей мере частично, получают из рециркулирующей очищающей жидкости ступени Вентури, такой как очищающая жидкость первой ступени Вентури. Необязательно распыляемый раствор для охлаждения гашением, по существу, состоит из воды. Раствор для охлаждения гашением, например, распыляют в виде мелкодисперсного тумана и/или в виде поперечного потока или параллельного сонаправленного потока.

Газ необязательно пропускают через устройство удаления капель, такое как туманоуловитель, между первой и второй ступенью Вентури и/или после второй ступени Вентури. Необязательно способ включает дополнительные ступени улавливания частиц и/или очистки газа ниже по потоку.

В некоторых вариантах осуществления способ осуществляют в верхней части башни приллирования, более предпочтительно на верхней части башни приллирования карбамида. Предпочтительно на верхней части или в верхней части башни приллирования, в частности башни приллирования карбамида, расположен по меньшей мере один такой эжектор Вентури.

Необязательно способ включает одну или более стадий отмывки, включающих отмывку потока газа очищающей жидкостью, например, путем распыления. Необязательно способ включает пропускание потока газа через третью ступень Вентури, например третий эжектор Вентури или (энергозатратный) скруббер Вентури. Третья ступень Вентури может, например, быть расположена между первой и второй ступенями эжекторов Вентури или ниже по потоку от второй ступени эжектора Вентури. Третья необязательная ступень Вентури может, например, работать с очищающей жидкостью, содержащей кислотный реагент. В некоторых вариантах осуществления тягу, по существу, обеспечивают с помощью эжекторов Вентури. В этом способе из потока газа удаляют субмикронные частицы. В общем также удаляют частицы размером более 1 мкм. Также возможно удаление растворимых газов, таких как аммиак.

Настоящее описание также относится к способу очистки потока газа, включающему последовательно

А) обеспечение потока газа, предпочтительно содержащего отходящий газ или, по существу, состоящего из отходящего газа из доводочной секции карбамида, более предпочтительно из башни приллирования карбамида, предпочтительно из башни приллирования карбамида с естественной тягой,

В) распыление водного раствора в поток газа, предпочтительно содержащего от 20 до 55 мас.% карбамида, необязательно для охлаждения его по меньшей мере на 10°C, или по меньшей мере на 20°C, или до температуры менее 50°C, предпочтительно в поперечном потоке или параллельном сонаправленном потоке,

С) пропускание потока газа через первый эжекторный скруббер Вентури с горловиной, в котором водную очищающую жидкость, предпочтительно содержащую от 20 до 55 мас.% карбамида, распыляют в поток газа в направлении горловины,

Д) распыление водного раствора в поток газа, предпочтительно в параллельном сонаправленном потоке или в поперечном потоке, предпочтительно с раствором, содержащим от 0 до 5 мас.% карбамида и необязательно содержащим кислоту, например распыление воды,

Е) необязательно пропускание потока газа через туманоотделитель,

Ф) пропускание потока газа через второй эжекторный скруббер Вентури с горловиной, в котором водную очищающую жидкость, предпочтительно содержащую от 0 до 5 мас.% карбамида, распыляют в поток газа в направлении горловины,

Г) необязательно распыление водного раствора в поток газа, необязательно содержащего от 0 до 5 мас.% карбамида и/или содержащего кислотный или основной реагент, необязательно в параллельном сонаправленном потоке, поперечном потоке или параллельном противоположно направленном потоке, и

Н) необязательно пропускание потока газа через устройство удаления частиц, такое как туманоотделитель.

Обычно этот предпочтительный способ включает пропускание потока газа через по меньшей мере один туманоотделитель после по меньшей мере одной ступени Вентури. Предпочтительно этот способ осуществляют в системе на верхней части башни приллирования (например, башни приллирования с естественной тягой), причем система содержит ступени Вентури. Предпочтительно на стадии D распыления, стадии F во второй ступени Вентури и/или стадии G раствор и/или жидкость содержит менее 2 мас.% карбамида, например от 0 до менее 2 мас.% карбамида, например 0-1,50 мас.% карбамида, и необязательно содержит воду. Подача на стадиях D и G, а также необязательно на стадии F жидкости с относительно низкой концентрацией карбамида может способствовать конденсации воды на субмикронных частицах карбамида, вызывая рост частиц и лучшее удаление в устройстве улавливания частиц, на-

пример, на стадиях F и H. Предпочтительно на этих стадиях D, F и/или G испаряют по меньшей мере 5 г воды/м³ (н.у.). Необязательно предусмотрены и дополнительные стадии, например стадия туманоотделения выше по потоку от стадии B, например между стадиями C и D. Возможно последовательное выполнение одной или более либо всех указанных стадий.

На стадиях E и H туманоотделитель независимо представляет собой, например, туманоотделитель с вязаной проволочной сеткой, туманоотделитель с сеткой из прямой проволоки и/или туманоотделитель с лопатками, например гофрированную пластину, в частности туманоотделитель с V-образными лопатками. Туманоотделитель с вязаной проволочной сеткой особенно подходит для капель с размером 3-20 мкм и обычно работает по принципу задерживания. Эффективность сепарации, например, падает от 90% при 3 мкм до менее 20% для капель меньше 1 мкм. Обычно туманоотделители с лопатками могут удалять 99% частиц размером 10 мкм и более, особенно при более низких давлениях. Туманоотделители с лопатками основаны на инерционном соударении.

Туманоотделители с лопатками более эффективны при более высоких скоростях и более крупных размерах капель, чем туманоотделители с проволочной сеткой. Например, при более высоких скоростях газа для сеточных туманоотделителей имеет место вторичный унос.

Предпочтительно на стадии E и/или H используют туманоотделитель лопаточного типа. Например, при расположенном выше по потоку эжекторе Вентури и распылении (предпочтительно сонаправленное распыление, особенно для стадии E или обеих стадий E и H) выше по потоку от туманоотделителя предпочтительно лопаточного типа на стадии E, стадии H или каждой из стадий E и H, частицы растут до диаметра капель, обеспечивающего хорошее удаление на стадиях E и H, например более 10 мкм, в частности на стадии H. Изобретение также относится к способу очистки потока газа, включающему эти стадии от A до H, предпочтительно с использованием описанного эжектора Вентури, в котором очищающая жидкость имеет начальную скорость по меньшей мере 25 м/с и в котором отношение расхода очищающей жидкости и расхода газа составляет от 0,0005 до 0,0015 (м³/ч)/(м³/ч). Стадия A необязательно включает стадию приллирования карбамида в башне приллирования карбамида, такой как башня приллирования карбамида с принудительной тягой, с индуцированной тягой или предпочтительно с естественной тягой, обычно содержащую подачу воздуха в указанную башню приллирования и распыление карбамидного раствора (например, плава карбамида) из распределительного устройства в верхней части башни приллирования карбамида так, чтобы обеспечивать отверждение карбамида, получать твердые содержащие карбамид приллы и получать выходящий поток в верхней части указанной башни приллирования в качестве указанного потока газа на стадии A.

Описание в общем также относится к системе очистки потока газа, содержащей по меньшей мере один эжектор Вентури. Эжектор Вентури может содержать скруббер Вентури и расположенную выше по потоку от него форсунку, направленную в горловину скруббера Вентури, дополнительно содержащего насос, сообщающийся по текучей среде с указанной форсункой, для подачи под давлением, по меньшей мере, жидкости, подаваемой к указанной форсунке. Например, могут использоваться эжекторы Вентури с круглыми горловинами, а также с прямоугольными горловинами.

Система предпочтительно содержит две последовательных стадии эжектора Вентури, предпочтительно как описано в настоящем документе. Каждая ступень эжектора Вентури обычно содержит эжектор Вентури, содержащий сужающуюся часть, горловину, расширяющуюся часть и форсунку для распыления в указанную горловину. Предпочтительно указанные ступени Вентури расположены последовательно друг к другу по отношению к потоку газа, причем необязательно между ними осуществляют одну или более промежуточных стадий, например стадию распыления и/или стадию туманоотделения. Предпочтительно система расположена на верхней части башни приллирования карбамида, особенно башни приллирования карбамида с естественной тягой.

В одной из возможных конфигураций газ движется вертикально вниз через эжекторы Вентури секций очистки потока газа, что предпочтительно, если отсутствуют ограничения по размеру оборудования. Предпочтительно секция очистки потока газа, содержащая два последовательных эжектора Вентури, имеет конфигурацию, в которой указанные эжекторы Вентури размещены горизонтально для обеспечения желаемого малого размера оборудования. Таким образом, предпочтительная система очистки потока газа, предпочтительно для способа в соответствии с изобретением, содержит две последовательных ступени Вентури, причем каждая из указанных двух ступеней Вентури содержит горизонтально расположенный эжектор Вентури, содержащий сужающуюся часть, горловину, расширяющуюся часть и форсунку для распыления в указанную горловину, причем указанные ступени Вентури расположены одна над другой. Распыление включает в себя, например, нагнетание струи жидкости, которая разбивается на брызги так, чтобы в указанной горловине была обеспечена струя брызг. Предпочтительно горизонтально расположенные эжекторы Вентури проходят, по меньшей мере частично (например, вертикально), внутри очищающей колонны. Предпочтительно эжекторы Вентури проходят, по меньшей мере частично или полностью, под или над одним из туманоотделителей и/или над по меньшей мере одним из бассейнов (резервуаров) для сбора жидкостей такой очищающей колонны. Предпочтительно обе ступени Вентури соединены очищающей колонной. Предпочтительно система содержит две смежные очищающие колонны, объединенные в одном корпусе, например, с помощью вертикальной стенки, разделяющей корпус

(например, сосуд) по меньшей мере на две очищающие колонны, причем указанные очищающие колонны выполнены с возможностью обеспечения восходящего потока газа через такую очищающую колонну.

Предпочтительная система очистки потока газа содержит две последовательных ступени Вентури с расположенной между ними секцией распыления, причем секция распыления более предпочтительно предназначена для распыления мелкодисперсного тумана так, чтобы обеспечивать испарение распыленной жидкости ниже по потоку от ступени Вентури и выше по потоку от ступени Вентури. Система необязательно содержит компрессор, сообщающийся по текучей среде с двухпоточной форсункой, для обеспечения сжатого воздуха. Предпочтительно система очистки потока газа содержит туманоотделитель между двумя ступенями Вентури и предпочтительно второй туманоотделитель, расположенный ниже по потоку от второй ступени Вентури. Эти элементы необязательно сочетают с упомянутой системой, имеющей горизонтально расположенные эжекторы Вентури.

Предпочтительно каждая ступень Вентури содержит контур рециркуляции очищающей жидкости, в частности содержащий насос для подачи под давлением очищающей жидкости к указанной форсунке и ее рециркуляции. Предпочтительно ступени Вентури имеют отдельные контуры рециркуляции. Отдельные контуры рециркуляции обеспечивают разные химические композиции очищающих жидкостей каждой ступени. Контур рециркуляции может содержать линию сообщения по текучей среде от коллекторного резервуара или отстойника, в котором собирают очищающую жидкость, до одной или более распыляющих форсунок.

В дополнительном предпочтительном варианте осуществления, который может быть объединен с другими осуществлениями, система очистки потока газа содержит горизонтально расположенный эжекторный скруббер Вентури, содержащий сужающуюся трубу или часть канала с открытым концом, горловину, расширяющуюся часть с открытым концом и распылительную форсунку, расположенную внутри указанной сужающейся части для распыления в указанную горловину, и при этом открытый конец указанной сужающейся части является входом газа для потока газа, подлежащего очистке.

Предпочтительно система содержит распылитель между первой и расположенной ниже по потоку второй ступенью Вентури для распыления водного раствора, имеющего более высокую концентрацию воды (т.е. более низкую концентрацию растворенного вещества и вещества в виде твердых частиц), чем очищающая жидкость первой ступени Вентури.

Система очистки потока газа необязательно связана по текучей среде с доводочной секцией карбамида, в частности для отходящего газа секции гранулирования карбамида башни приллирования карбамида. Система очистки потока газа необязательно расположена в верхней части башни приллирования карбамида, например на верхней части башни.

Описание также относится к башне приллирования карбамида, предпочтительно к башне приллирования карбамида с естественной тягой, имеющей систему очистки потока газа, содержащую эжектор Вентури в верхней части башни приллирования, более предпочтительно содержащую два последовательных эжектора Вентури и еще более предпочтительно описанную систему очистки потока газа. Предпочтительно система очистки потока газа содержит секцию, выполненную с возможностью отмывки от пыли и расположенную ниже по потоку от секции для кислотной отмывки, причем обе секции расположены в верхней части башни приллирования карбамида. Система очистки газа в верхней части башни приллирования представляет собой, например, системы очистки газа, имеющие вход на уровне, который менее чем на 5 м выше или менее чем на 5 м ниже, чем выход для отходящего газа башни приллирования.

Система очистки потока газа необязательно не содержит вентилятор или воздуходувку. Предпочтительно система не содержит вентилятор или воздуходувку для создания падения давления потока газа.

Преимущества способа и системы данного изобретения включают низкий перепад давления, хорошую эффективность для удаления субмикронных частиц и компактную конструкцию. Подача под давлением жидкости, такой как рециркулирующая очищающая жидкость, может быть эффективно осуществлена с использованием компактного оборудования, например насоса. Распыление жидкости сжатым воздухом могут также эффективно осуществлять с использованием компактного оборудования, например компрессора. Дополнительного преимущественного действия достигают с помощью предпочтительного включения множества ступеней, использующих водные растворы с постепенно понижающейся концентрацией (например, более низкой концентрацией карбамида) для содействия росту твердых частиц за счет конденсации на поверхности субмикронных частиц.

Описание также относится к способу модификации существующих установок, таких как доводочная секция карбамида и/или башня приллирования, в частности башни приллирования карбамида, предпочтительно башни приллирования карбамида с естественной тягой, включающему добавление системы очистки потока газа предпочтительно с двумя последовательными ступенями эжектора Вентури, предпочтительно описанной системы очистки потока газа. Изобретение также относится к способу модификации существующей доводочной секции карбамида и/или башни приллирования, в частности существующей башни приллирования карбамида, предпочтительно башни приллирования карбамида с естественной тягой, включающему добавление системы очистки потока газа, содержащей эжектор Вентури, предпочтительно на верхней части башни приллирования. Предпочтительно система очистки потока газа

содержит две последовательных ступени Вентури. Предпочтительно система представляет собой описанную систему и/или систему для описанных способов. Изобретение также относится к способу модификации существующих доводочных секций карбамида, имеющих эжектор Вентури, включающему последовательное добавление к указанному эжектору Вентури еще одного эжектора Вентури.

Теперь обратимся к фигурам. В общем эти иллюстрации представлены с целью описания предпочтительного варианта осуществления изобретения и иллюстрирования предпочтительных признаков системы и способов, и они не предполагают ограничения данного изобретения.

На фиг. 1 изображен не имеющий ограничительного характера вариант осуществления изобретения. Сосуд 1 содержит все компоненты. Сосуд 1 содержит первую вертикальную колонну А и вторую вертикальную колонну В, соединенные, по существу, с помощью горизонтальных эжекторов 3 и 6 Вентури. Первая колонна А имеет вход 18 газа. Для потока газа (например, под давлением от 90 до 110% давления окружающей среды) обеспечена зона 2 входа с распылительными форсунками 10. Распылительные форсунки 10 обеспечивают струю брызг поперечно потоку газа и в направлении вниз. Распылители 10 могут распылять раствор, полученный из резервуара 4. Распылительные форсунки 10 могут обеспечивать охлаждение гашением потока газа. Распылительные форсунки 10 могут обеспечивать конденсацию воды на субмикронных частицах и/или их отмывку. Распыленную жидкость с уловленными и растворенными частицами собирают в резервуаре 4 под распылительными форсунками 10. Дополнительно обеспечен эжектор 3 Вентури, например эдуктор 3 Вентури. Эжектор 3 Вентури содержит форсунку 11. Форсунка 11 распыляет очищающую жидкость из сужающейся части трубки в горловину 15 эжектора Вентури. Отверстие 17 входа газа сужающейся части эжектора 3 является параллельным отверстию горловины 15, эти отверстия являются вертикальными. Эжектор 3 ориентирован горизонтально. Пунктирная линия 16 указывает на то, что вход 18 газа зоны 2 входа газа, вход газа эжектора 3 и выход газа эжектора 3 Вентури имеют центры, расположенные на общей линии, что способствует низкому падению давления. Форсунка 11 расположена внутри сужающейся части трубки после входа 17 газа эжектора 3 Вентури и на некотором расстоянии от него. В нижней части зоны 2 входа газа обеспечен резервуар 4 концентрированного водного раствора. Резервуар 4 является, например, резервуаром для рециркулирующего карбамидного раствора с относительно высокой концентрацией карбамида. Из этого рециркулирующего потока может быть отведен поток продувки. Рециркуляция обеспечена до форсунок 10. Такой резервуар 4В также обеспечен во второй колонне В, например, для рециркуляции карбамидного раствора, используемого в качестве очищающей жидкости в форсунках 11. Из потока, получаемого из выхода эжектора 3, удаляют капли, например, с использованием туманоотделителя 5, например туманоотделителя лопаточного типа. Жидкость, содержащую уловленный карбамид, собирают в резервуаре 4В. Жидкость в резервуаре 4В, необязательно вместе с жидкостью из резервуара 4А, например, если резервуары 4В и 4А объединены, рециркулирует через контур 19 до форсунок 11 эжектора 3 Вентури (с подачей под давлением) и необязательно до распылительных форсунок 10. Поток продувки отведен из резервуара 4В и удаляют. Туманоотделитель 5 может также содержать сетку. Перед туманоотделителем 5 обеспечены распылительные форсунки 14.

Эти форсунки 14 необязательно обеспечивают сонаправленное распыление в направлении потока газа и необязательно в виде мелкодисперсного тумана, например, с размером капель менее 300 мкм или менее 200 мкм. Они обычно распыляют разбавленный водный раствор (например, с низкой концентрацией карбамида), например, из резервуара 7. Распылительные форсунки 14 расположенные выше по потоку от туманоотделителя 5, например, распыляют водный раствор, содержащий менее 5 мас.% карбамида, такой как, по существу, вода. Пространство между эжектором 3 Вентури или указанными распылительными форсунками 14 и вторым эжектором 6 Вентури или туманоотделителем 5 предпочтительно обеспечивает надлежащую продолжительность нахождения для обеспечения испарения, например, по меньшей мере 50 мас.% распыленной воды и предпочтительно для конденсации на субмикронных частицах.

Дополнительно обеспечен второй эдуктор 6 Вентури для распыления разбавленной очищающей жидкости. Размещение форсунки 12 такое же, как и для эдуктора 3, соответственно, параллельное потоку газа. Также обеспечен резервуар 7 для разбавленной воды. Резервуар 7 может быть обеспечен контуром рециркуляции, содержащим насос для распылительной форсунки 12 эдуктора 6. Также обеспечен туманоотделитель 8, например туманоотделитель лопаточного типа, для удаления капель, например, образовавшихся в эдукторе Вентури. Туманоотделитель 8 может содержать сетку, V-образные лопатки или их сочетание. Туманоотделитель 8 изображен с горизонтальным размещением. Возможно также любое размещение туманоотделителя, включая вертикальное.

Дополнительно обеспечен скруббер 13, расположенный выше по потоку от указанного туманоотделителя 8, например сетки, для распыления жидкости в поток газа в противоположном для него направлении. Для форсунки 13 также возможно распыление потока в поперечном и сонаправленном направлениях. Брызги могут также быть направлены к туманоотделителю для очистки туманоотделителя 8. Резервуар 7 обеспечивает сбор капель из эдуктора 6 и из указанного скруббера 13. Поток продувки из резервуара 7 может быть удален, например, путем подачи его в резервуар 4 с учетом испарения жидкости из резервуара 4, например в струю 2 брызг. Для отмывки в скруббере 13, расположенном ниже по потоку от эдуктора 6 Вентури, необязательно используют кислотный или основной реагент. В таком случае поток

продувки из резервуара 7 предпочтительно не подают в резервуар 4, а удаляют отдельно. Более предпочтительно скруббер 13 использует кислотный очищающий раствор, такой как (разбавленная) азотная кислота или серная кислота, для кислотной отмывки для удаления аммиака. Также обеспечивают канал 9 выхода для выпуска газа в окружающую среду.

При эксплуатации газы, содержащие частицы, поступают в зону 2 входа, где горячие газы сначала охлаждаются путем испарения воды с высокой концентрацией частиц (например, водный раствор карбамида) из распылительных форсунок 10. Газы поступают в первый эдуктор 3 Вентури, где движущая сила жидкости за счет распыления очищающей жидкости через форсунку 11 заставляет газы двигаться вперед, при этом перепад давления не требуется. В первом эдукторе 3 Вентури газы отмывают очищающей жидкостью. Поток газа обычно насыщен водой или становится насыщенным водой в зависимости от парциального давления водяного пара очищающей жидкости. Твердые частицы собираются и растворяются в воде и дополнительно концентрируются в резервуаре 4 для концентрированного водного раствора. Поток газа, содержащий капли, выходит из первого эдуктора 3 Вентури и проходит через туманоотделитель 5, включающий в себя устройство распыления/отмывки 14. Поток газа далее поступает во второй эдуктор 6 Вентури. Жидкость из распылительных форсунок 12 и туманоотделителя 5 и из выхода эжектора 3 Вентури собирают в резервуаре 4 в нижней части очищающей колонны В. Вода в резервуаре 4 содержит, например, по меньшей мере 40 мас.% растворенного вещества и, например, по меньшей мере 80 мас.% общего количества удаленного вещества в виде твердых частиц (содержащего вещество, очищенное в струе 2 брызг). Во втором эдукторе 6 Вентури необязательно испаряется, по меньшей мере, некоторое количество воды, причем необязательно газы насыщаются дополнительным количеством воды. В каждом эдукторе Вентури газ и жидкость смешивают, и обычно частицы увлекаются каплями жидкости, а капли жидкости удаляют из потока газа после эдуктора Вентури. Газы проходят через второй туманоотделитель 8, содержащий распылитель 13, и далее выходят из скруббера в месте размещения канала 9 выхода. Жидкость, получаемую из туманоотделителя 8, собирают в резервуаре 7, и она может рециркулировать к эдуктору 6 Вентури. Жидкость в резервуаре 7 содержит, например, менее 5 мас.% карбамида и, например, менее 20 мас.% общего количества карбамида, удаленного из потока газа. При использовании для форсунок 13 кислотной отмывки жидкость 7 содержит соли аммония, в этом случае поток продувки из резервуара 7 не подают в резервуар 4, а удаляют отдельно.

Эдукторы (3, 6) Вентури предпочтительно устанавливают в горизонтальном положении и таким образом обеспечивают компактную конструкцию при минимизации высоты, и предпочтительно друг над другом для снижения занимаемой площади.

Материал конструкции корпуса скруббера и эдукторов Вентури необязательно представляет собой легкий материал, такой как FRP (пластик, армированный волокном).

Перепад давления в скруббере составляет обычно менее 250 Па, но может быть равен нулю, в зависимости от перепада давления в каналах на входе и выходе. Во многих случаях будет достигнут выигрыш по эффективному давлению, например, до 500 Па или даже больше, причем давление на выходе будет выше, чем давление на входе.

На фиг. 2 изображен вариант осуществления, в котором система содержит множество параллельных эжекторов (3) Вентури и вторую ступень Вентури с множеством параллельных эжекторов (6) Вентури. В данном случае очищающая колонна и эжекторы Вентури объединены в одном корпусе (1). Эжектор (3) Вентури проходит горизонтально под туманоотделителем (5) и/или резервуаром (7). Вторая ступень эжекторов (6) Вентури проходит горизонтально над туманоотделителем (5) и/или резервуаром (7). Между двумя этими частями обеспечена стенка, обе стороны которой контактируют с технологическими потоками, разделяющая эти две половины и обеспечивающая поток газа с одной стороны на другую сторону только через эжекторы (3, 6) Вентури. Расширяющаяся часть 21 эжекторов (3, 6) Вентури обеспечена на верхней стороне коленом 22 для отделения газа/жидкости, имеющим выход 23 в нижней части между расширяющейся частью 21 и вертикальной разделительной стенкой 24.

На фиг. 3 изображено типичное распределение частиц по размерам и суммарная масса для пыли карбамида в отходящем из башни приллирования газе.

На фиг. 4 изображено типичное распределение частиц по размерам и суммарная масса для пыли карбамида в отходящем из гранулятора карбамида газе.

Пример 1.

Теперь дополнительно проиллюстрируем изобретение с помощью примера, который не ограничивает данное изобретение. В качестве примера предпочтительного варианта осуществления предлагается башня приллирования с потоком воздуха, содержащим карбамид, причем поток воздуха нуждается в очистке. Температура воздуха, выходящего из башни приллирования, составляет 80°C, молярная доля водяного пара составляет 2%, а концентрация пыли карбамида составляет 25 мкм/г потока газа. Обеспечена распыленная струя эдуктора (эжектора) Вентури, которая будет охлаждать воздух путем испарения, пока поток воздуха не насытится и вода не перестанет испаряться. С помощью термодинамических расчетов в сочетании с диаграммами водяного пара определяем, что при использовании чистой воды это произойдет при конечной температуре газа 33°C при мольной доле паров воды 2,5%. Для данного пред-

лагаемого проекта количество испаряемой воды по расчетам составит $0,03 \text{ кг/м}^3$ (н.у.) потока газа. Тем не менее, на практике струя брызг из эдуктора Вентури будет рециркулировать до тех пор, пока концентрация карбамида не достигнет 45 мас.%. При этой концентрации карбамида давление водяного пара пропорционально ниже. Используя закон Рауля, повторяют приведенные выше расчеты и определяют, что новая температура насыщения газа составляет 37°C при мольной доле паров воды 2,2%. Хотя температура насыщения на 4°C выше, мольная доля воды в газообразном состоянии оказывается меньше более чем на 10%. Для предлагаемого проекта, согласно расчетам, испарится только $0,02 \text{ кг}$ воды на м^3 (н.у.) потока газа. Ниже по ходу потока относительно концентрированной струи брызг эдуктора Вентури при контакте газов с разбавленным водным раствором (например, водным карбамидным раствором, имеющим более низкую концентрацию карбамида, например, по существу, без карбамида) условия насыщения будут соответствовать первому случаю и обеспечат испарение еще $0,01 \text{ кг/м}^3$ (н.у.). Использование второй струи брызг с разбавленным водным раствором, которая обеспечивает продолжительность нахождения предпочтительно по меньшей мере 0,2 с или предпочтительно 0,3 выше по потоку от эдуктора Вентури с разбавленным очищающим раствором (вторая ступень Вентури), способствует росту субмикронных частиц. Это улучшает улавливание частиц, например, в эдукторе Вентури. Струю брызг разбавленного водного раствора, например, используют в качестве струи брызг в туманоотделителе, расположенном ниже по ходу потока от первой ступени Вентури и выше по ходу потока от второй ступени Вентури, что обеспечивает конденсацию на субмикронных частицах. Струя брызг для охлаждения гашением перед первой ступенью Вентури может способствовать начальной конденсации на субмикронных частицах.

Хотя изобретение подробно проиллюстрировано и описано на чертежах и в вышеприведенном описании, такие иллюстрации и описание следует считать лишь иллюстративными или приведенными в качестве примера и не предполагающими ограничения; изобретение не ограничено описанными вариантами осуществления.

Другие вариации описанных вариантов осуществления могут быть поняты и воплощены специалистами в данной области при осуществлении заявленного изобретения на практике после изучения чертежей, данного описания и прилагаемой формулы изобретения. В формуле изобретения и описании слово "содержащий" не исключает других элементов или стадий, а использование единственного числа не исключает множество. Термины, такие как "обычно", "в общем", "в частности", "может" и "подходяще" указывают на необязательные признаки, которыми можно пренебречь в некоторых вариантах реализации, и которые могут сочетаться с предпочтительными признаками. Сам по себе тот факт, что определенные признаки изобретения перечислены во взаимоисключающих зависимых пунктах формулы изобретения, не указывает на то, что сочетание этих признаков не может быть использовано как преимущество. Признаки способов могут сочетаться с признаками системы, а признаки вариантов осуществления могут сочетаться с признаками, проиллюстрированными на чертежах. Предпочтительные способы могут, например, быть осуществлены в предпочтительных системах и аппаратах.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ удаления субмикронных частиц из потока газа, содержащего субмикронные частицы, причем указанный поток представляет собой отходящий газ, образующийся при доводке карбамида, включающий стадии, на которых в эжекторе Вентури обеспечивают контактирование указанного потока газа с нагнетаемым высокоскоростным потоком очищающей жидкости для обеспечения прокачиваемого действия, при этом очищающая жидкость имеет начальную скорость по меньшей мере 25 м/с и отношение расхода очищающей жидкости и расхода газа составляет от 0,0005 до 0,0015 ($\text{м}^3/\text{ч}/(\text{м}^3/\text{ч})$); причем способ включает очистку в двух последовательно расположенных ступенях Вентури, при этом каждая из указанных двух ступеней Вентури содержит горизонтально расположенный эжектор Вентури, причем указанные ступени Вентури расположены одна над другой, и эти две ступени Вентури соединены вертикальной очищающей колонной.

2. Способ по п.1, в котором поток газа представляет собой отходящий газ из гранулятора карбамида.

3. Способ по п.1, в котором поток газа представляет собой отходящий газ из башни приллирования карбамида.

4. Способ по любому из пп.1-3, в котором продолжительность нахождения между первым и расположенным ниже по потоку вторым эжектором Вентури составляет по меньшей мере 0,4 с.

5. Способ по п.4, в котором продолжительность нахождения между первым и расположенным ниже по потоку вторым эжектором Вентури составляет более 0,8 с.

6. Способ по любому из пп.1-3, в котором поток газа содержит субмикронные частицы в концентрации более 20 мг/м^3 (н.у.).

7. Способ по любому из пп.1-3, в котором эжектор Вентури содержит форсунку, расположенную для распыления очищающей жидкости в направлении, параллельном потоку газа через вход газа эжектора Вентури.

8. Способ по любому из пп.1-3, в котором основной реагент добавляют в очищающую жидкость,

распыляемую в поток газа, причем указанный основной реагент выбран из группы, состоящей из каустика, извести, известняка, гашеной извести, зольной пыли, оксида магния, кальцинированной соды, бикарбоната натрия, карбоната натрия и их смесей.

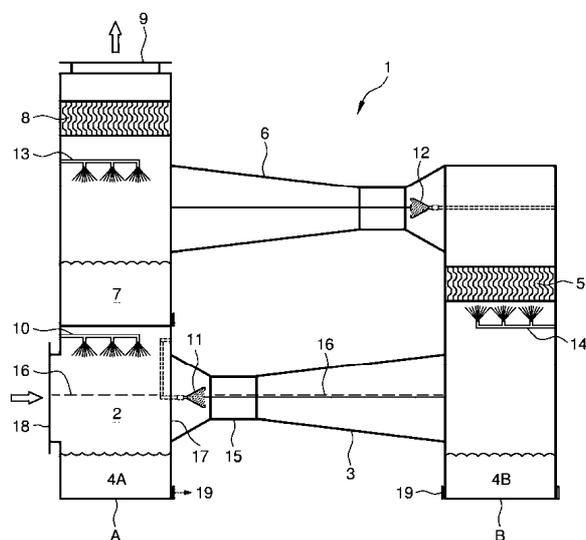
9. Способ по любому из пп.1-3, в котором кислотный реагент добавляют в очищающую жидкость, распыляемую в поток газа, причем указанный кислотный реагент выбран из группы, состоящей из уксусной кислоты, борной кислоты, уголекислоты, лимонной кислоты, соляной кислоты, плавиковой кислоты, азотной кислоты, щавелевой кислоты, фосфорной кислоты, серной кислоты и их смесей.

10. Способ по п.1, включающий кислотную отмывку и отмывку от пыли, причем их обе осуществляют в верхней части башни приллирования карбамида с естественной тягой.

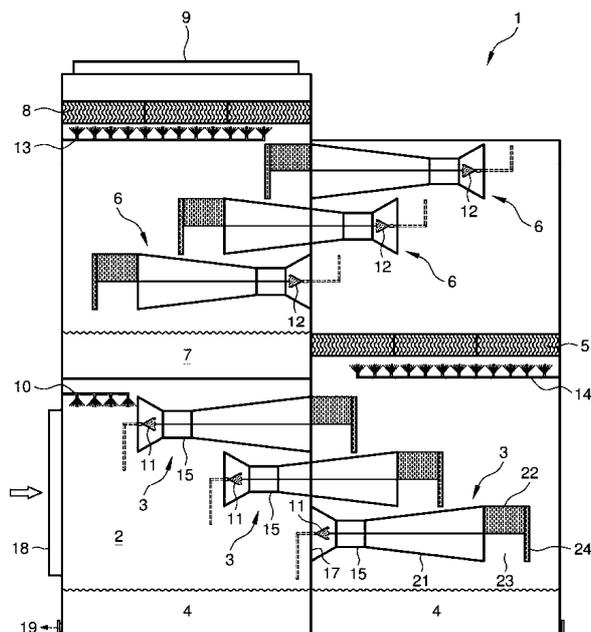
11. Способ по п.1, дополнительно включающий стадию, на которой осуществляют приллирование карбамида в башне приллирования карбамида с естественной тягой, причем указанные эжекторы Вентури расположены в верхней части указанной башни приллирования карбамида с естественной тягой.

12. Способ по п.11, в котором статическое давление на выходе по меньшей мере одного из указанных эжекторов Вентури больше, чем на входе для газа этого эжектора Вентури.

13. Способ по п.1, в котором статическое давление на выходе по меньшей мере одного из указанных эжекторов Вентури составляет по меньшей мере 90% от статического давления на входе для газа этого эжектора Вентури.



Фиг. 1



Фиг. 2

