

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **035246**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.05.20

(21) Номер заявки
201790233

(22) Дата подачи заявки
2015.07.16

(51) Int. Cl. **B01D 9/00** (2006.01)
C07C 273/16 (2006.01)
C07C 275/02 (2006.01)

(54) **СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА КАРБАМИДНОГО ПРОДУКТА**

(31) **14177541.1**

(32) **2014.07.17**

(33) **EP**

(43) **2017.05.31**

(86) **PCT/NL2015/050523**

(87) **WO 2016/010432 2016.01.21**

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

(72) Изобретатель:
Меннен Йоханнес Хенрикус (NL)

(74) Представитель:
Чекалкин А.Ю., Фелицына С.Б. (RU)

(56) **WO-A1-2013/055219**
EP-A1-2153880

(57) Предложен способ получения карбамидного продукта, пригодного для разбавления водой с образованием водного раствора, содержащего карбамид, для использования в устройстве для восстановления оксидов азота NO_x в выхлопных газах двигателей внутреннего сгорания, также известного как жидкость для очистки дизельных выхлопных газов (DEF) или для использования в системах денитрификации (DeNO_x) пара, выпускаемого из промышленных печей. Способ включает получение водного раствора карбамида из секции извлечения или после нее в процессе производства карбамида. Этот раствор, имеющий низкое содержание примесей, подвергают кристаллизации мгновенным испарением при низком давлении для получения продукта, содержащего твердый кристаллизованный карбамид, который представляет собой легкосыпучий порошок, содержащий менее 0,2 мас.% воды. Этот продукт упаковывают в условиях, позволяющих поддерживать содержание воды в упакованном продукте на уровне ниже 0,2 мас.%. Настоящее изобретение также может быть использовано в способе повышения производительности существующей установки по производству карбамида.

B1

035246

035246

B1

Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к области производства твердого карбамида и, в частности, относится к получению карбамидного порошка, пригодного для приготовления раствора для уменьшения количества NO_x, например, используемого при селективном восстановлении, которое может представлять собой некаталитический термический процесс или процесс селективного каталитического восстановления (SCR). Пример раствора для SCR представляет собой жидкость для очистки дизельных выхлопных газов (DEF). Кроме того, настоящее изобретение относится к родственному способу повышения производительности существующей установки по производству карбамида.

Уровень техники

Карбамид, по существу, производят из аммиака и диоксида углерода. Он может быть получен путем введения избытка аммиака вместе с диоксидом углерода при давлении от 12 до 40 МПа и при температуре от 150 до 250°C в секцию синтеза карбамида. Типовые установки по производству карбамида дополнительно содержат секцию извлечения и доводочную секцию. В секции извлечения непрореагировавший аммиак и диоксид углерода извлекают и рециркулируют в секцию синтеза. В доводочной секции, как правило, расплав карбамида доводят до требуемого состояния твердых частиц по существу с использованием таких методов, как приллирование, гранулирование или пеллетирование.

Настоящее изобретение относится к производству твердого карбамида, т.е. к доводке карбамида. Материалы предшествующего уровня техники, касающиеся доводки карбамида, приведены в документе WO 2013/055219. В данном документе раскрыт способ, согласно которому кристаллы карбамида получают, подвергая раствор карбамида кристаллизации мгновенным испарением, а затем выполняют стадию формования, на которой к кристаллам карбамида прикладывают механическое усилие.

Конечное применение карбамида, которое приобретает все большее практическое значение, представляет собой водный раствор для уменьшения выбросов оксидов азота, образующихся при горении. Такой раствор известен как жидкость для очистки дизельных выхлопных газов (DEF), реализуемая, например, под торговой маркой AdBlue® и, как правило, используемая в автомобилях с дизельными двигателями для уменьшения количества оксидов азота NO_x, образующихся при сгорании дизельного топлива. Это уменьшение, как правило, происходит при наличии катализатора при повышенных температурах. В ходе реакции карбамид разлагается на аммиак и CO₂, в результате чего аммиак, в свою очередь, вступает в реакцию с оксидами азота в потоке выхлопных газов дизельного двигателя с образованием азота и воды.

Карбамидный раствор для использования в качестве DEF должен отвечать строгим требованиям, в частности, в отношении уровня побочных продуктов, например биурета (не более 0,3%) и аммиака, а также добавок, используемых при доводке карбамида, например формальдегида. В растворе DEF допускается наличие лишь небольших количеств побочных продуктов и добавок. Эти требования изложены в международных стандартах, например, DIN V70070 и ISO 22241. Эти стандарты идентичны по спецификации.

Описано несколько способов получения DEF-раствора, например, путем разбавления гранул или приллов карбамида в воде. Характерные проблемы, связанные с разбавлением карбамида после доводки, заключаются в относительно высоком уровне биурета и наличии добавок, таких как формальдегид, который добавляют для повышения прочности частиц и уменьшения слеживания (слипания). В соответствии с вышеупомянутыми стандартами, чтобы раствор был пригодным для использования в качестве DEF, как правило, необходимо выполнить удаление добавок, которое является дорогостоящим и энергоемким.

Материалы предшествующего уровня техники, касающиеся способа, согласно которому нет необходимости в удалении добавок, приведены в документе EP 1856038. Согласно этому документу DEF-раствор получают путем использования водного потока, содержащего карбамид, отделенного непосредственно в секции извлечения или после нее, в способе производства карбамида и последующего разбавления водой до тех пор, пока поток, содержащий карбамид, не будет содержать 30-35 мас.%, карбамида. В этом способе выгодным образом предложен раствор, который может быть непосредственно использован в качестве DEF. Однако поскольку конечный продукт представляет собой раствор, для его доставки фактически необходимо транспортировать около двух третей воды, что является дорогостоящим и требует использования автоцистерн вместо стандартных грузовых автомобилей.

Изготовления раствора и манипуляций с ним не удастся легко избежать. Карбамид является продуктом, который, как известно, обладает свойствами, из-за которых он не подходит для бестарной перевозки. В форме порошка карбамид является очень липким и несыпучим. Чаще всего карбамид используют в качестве удобрения, которое распределяют по сельскохозяйственному угодию, при этом конечный карбамидный продукт необходимо предоставлять в виде раствора в воде или в виде легкосыпучих пеллет, которые могут быть легко распределены. Используют два основных способа производства этих пеллет. Во-первых, это приллирование, которое предполагает контактирование капель расплавленного карбамида с потоком охлаждающего воздуха в башне приллирования. Охлаждающий воздух удаляет тепло кристаллизации и приллы собираются в нижней части башни приллирования. Недостатком приллов является то, что размер пеллет, а также их механическая прочность ограничены, и то, что во время транс-

портировки на значительные расстояния эти приллы, как правило, слипаются. Этот эффект называют слеживанием. Второй способ представляет собой гранулирование в псевдооживленном слое, которое позволяет успешно преодолеть некоторые из этих проблем. Гранулы, как правило, больше в размере, чем приллы, и имеют более низкую тенденцию к слеживанию, что делает их более пригодными для транспортировки. Как правило, добавки, например формальдегид, добавляют в расплав карбамида перед гранулированием для дополнительного повышения прочности гранулята и уменьшения тенденции к слеживанию. Наличие этих добавок в полученном карбамиде, используемом в DEF, как указано выше, является нежелательным или даже совершенно недопустимым.

Поэтому необходимо обеспечить карбамидный продукт, пригодный для производства DEF, который имеет достаточную чистоту для соответствия спецификациям DEF, но который не требует транспортировки большого количества воды с места его производства. В частности, желательно обеспечить легкосыпучий карбамидный порошок для приготовления DEF-раствора.

В предшествующем уровне техники на данный момент не известен легкосыпучий карбамидный порошок, который можно транспортировать в требуемое место и в дальнейшем использовать для легкого приготовления DEF-раствора.

Кроме того, необходимо обеспечить карбамидный порошок, который можно использовать для получения раствора для обработки дымовых газов из промышленных печей, например установок риформинга. При этом можно использовать термический, а не каталитический, способ, и используемые растворы являются по существу более концентрированными, чем DEF. По существу, концентрированный раствор карбамида трудно транспортировать из-за возможного осаждения твердого карбамида при низких температурах. Несмотря на то что более разбавленный раствор подходит для транспортировки, это может привести к дополнительным расходам и мерам по транспортировке воды, а также к дополнительным затратам энергии на повышение концентрации перед использованием. Таким образом, использование подходящего карбамидного порошка в качестве исходного материала может обеспечить дополнительную гибкость и экономию средств при транспортировке.

Раскрытие изобретения

Для наилучшего удовлетворения одной или большего количества вышеуказанных потребностей в одном аспекте настоящего изобретения предложен способ изготовления карбамидного продукта, пригодного для разбавления водой с образованием водного раствора, содержащего карбамид, для использования в установке для восстановления NO_x, которая может быть использована в отношении выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания, причем способ включает в себя стадии, на которых:

(a) получают водный поток карбамида из секции извлечения или после нее в процессе производства карбамида;

(b) указанный раствор подвергают кристаллизации мгновенным испарением при давлении ниже атмосферного давления для получения продукта, содержащего твердый кристаллизованный карбамид, и пара, содержащего аммиак и воду, причем продукт, содержащий твердый кристаллизованный карбамид, содержит менее 0,2 мас.%, воды;

(c) упаковывают продукт, содержащий твердый кристаллизованный карбамид, в условиях, позволяющих поддерживать содержание воды в упакованном продукте на уровне ниже 0,2 мас.%.

В другом аспекте настоящего изобретения предложен способ приготовления водного раствора, содержащего 30-70 мас.%, карбамида, путем растворения продукта, содержащего твердый кристаллизованный карбамид, получаемого указанным выше способом.

В еще одном аспекте настоящего изобретения предложен способ модификации существующей установки по производству карбамида, содержащей доводочную секцию для производства твердого карбамида, согласно которому к установке добавляют устройство, подходящее для осуществления кристаллизации мгновенным испарением карбамида из раствора, предпочтительно устройство, подходящее для сухого мгновенного испарения.

В еще одном аспекте настоящего изобретения предложен способ повышения производительности установки по производству карбамида, согласно которому производительность доводочной секции указанной установки повышают путем добавления, в качестве дополнительной доводочной секции, устройства, подходящего для кристаллизации карбамида из раствора путем мгновенного испарения, предпочтительно путем сухого мгновенного испарения.

Осуществление изобретения

В широком смысле настоящее изобретение основано на той идее, что кристаллизация мгновенным испарением карбамида и обеспечение содержания воды ниже определенного уровня, согласно вышеприведенному определению, позволяют получать неожиданно легкосыпучий порошок. Т.е. следует понимать, что вышеупомянутый продукт, содержащий твердый кристаллизованный карбамид, представляет собой порошок. Этот порошок не подвержен агломерированию и образованию комков. Этот порошок можно легко транспортировать, легко упаковывать и впоследствии легко извлекать из упаковки, а также растворять с целью получения жидкости для очистки дизельных выхлопных газов. В частности, таким образом может быть получена жидкость для очистки дизельных выхлопных газов отличного качества.

Другой аспект производимого твердого карбамида в соответствии с настоящим изобретением со-

стоит в низком содержании биурета. Биурет является продуктом полимеризации карбамида, который образуется при повышенных концентрациях карбамида, а также при повышенных температурах и длительном выдерживании. Биурет является нежелательным компонентом карбамида, используемого для систем денитрификации (DeNOx), поскольку воздействие компонента биурета на катализатор приводит к образованию изоциануровой кислоты, из-за чего снижается ресурс катализатора. Поэтому низкое содержание биурета в поставляемом твердом карбамиде, используемом для DEF-раствора, увеличивает ресурс указанного катализатора денитрификации (DeNOx).

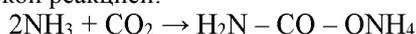
Далее в этом документе карбамидный порошок, полученный в соответствии с настоящим изобретением, иногда назван "DEF-порошком". Это не означает, что его применение ограничено DEF. По существу, этот порошок очень хорошо подходит для приготовления не только DEF-раствора, но и для получения более концентрированных растворов, как правило, для промышленного применения, например для обработки дымовых газов из промышленных печей, например установок риформинга с целью перевода компонентов NOx в азот и воду.

В соответствии с настоящим изобретением получаемый карбамидный продукт подлежит разбавлению водой таким образом, чтобы был образован водный раствор, содержащий карбамид. В частности, карбамидный продукт пригоден для разбавления водой с образованием такого водного раствора, содержащего карбамид, который удовлетворяет требованиям, предъявляемым к DEF. Эти требования стандартизованы в документе ISO 22241-1:2006 (версия от 15 октября 2006 года).

В способе по настоящему изобретению используют водный раствор карбамида, который получен из секции извлечения или после нее в процессе производства карбамида. Это по существу можно выполнить путем отделения водного потока, содержащего карбамид, в существующем способе производства карбамида. Водный поток, содержащий карбамид, может представлять собой полный поток, содержащий карбамид, получаемый в процессе получения карбамида, или он может представлять собой его часть.

Кроме того, можно разработать новый процесс получения карбамида, который, в частности, подходит для получения водного потока, содержащего карбамид, который будет использован в установке восстановления оксидов азота NOx в выхлопных газах двигателей внутреннего сгорания. Преимущество разработки нового процесса получения карбамида состоит в том, что этот новый процесс не должен содержать секцию формования.

Карбамид по существу производят из аммиака и диоксида углерода. Он может быть получен путем введения избытка аммиака вместе с диоксидом углерода при давлении от 12 до 40 МПа и при температуре от 150 до 250°C в зону синтеза карбамида. Получение карбамида лучше всего может быть представлено в виде двух последовательных стадий реакции, причем на первой стадии образуется карбамат аммония в соответствии с экзотермической реакцией:



после чего на второй стадии полученный карбамат аммония дегидратируют с получением карбамида в ходе эндотермической равновесной реакции:



Степень протекания этих реакций зависит в числе прочего от температуры и используемого избытка аммиака. Продукт реакции, получаемый при синтезе раствора карбамида, по существу состоит из карбамида, воды, несвязанного аммиака и карбамата аммония. Карбамат аммония и аммиак извлекают из раствора и по существу возвращают в зону синтеза карбамида. В дополнение к вышеуказанному раствору в зоне синтеза карбамида образуется газовая смесь, которая состоит из не вступивших в реакцию аммиака и диоксида углерода вместе с инертными газами, так называемыми газами, выходящими из реактора. Секция синтеза карбамида может содержать отдельные зоны для образования карбамата аммония и карбамида. Кроме того, эти зоны могут быть объединены в одном устройстве.

В установке для отгонки карбамида разложение карбамата аммония, который не был преобразован в карбамид, и удаление нормального избытка аммиака, как правило, происходит при давлении, которое по существу почти равно давлению в реакторе синтеза. Это разложение и удаление происходят в одном или нескольких отгонных устройствах, установленных ниже по ходу потока от реактора, возможно, с помощью отгонного газа, такого как, например, диоксид углерода и/или аммиак, а также с использованием нагревания. Кроме того, возможно использование термической отгонки. Термическая отгонка предполагает использование исключительно подачи тепла для разложения карбамата аммония и удаления аммиака и диоксида углерода, присутствующих в растворе карбамида. Поток газа, выходящий из отгонного устройства, содержит аммиак и диоксид углерода, которые конденсируют в конденсаторе высокого давления, а затем возвращают в зону синтеза карбамида.

В установке для отгонки карбамида зона синтеза работает при температуре 160-240°C и предпочтительно при температуре 170-220°C. Давление в реакторе синтеза составляет 12-21 МПа, предпочтительно 12,5-20 МПа. Молярное соотношение аммиака и диоксида углерода (соотношение N/C) в зоне синтеза карбамида установки для отгонки обычно составляет от 2,2 до 5 и предпочтительно от 2,5 до 4,5 моль/моль. Зона синтеза может быть создана в одном реакторе или во множестве реакторов, расположенных параллельно или последовательно. После осуществления отгонки давление раствора карбамида,

подвергнутого отгонке, снижается в секции извлечения карбамида.

В секции извлечения установки по производству карбамида, которая включает, среди прочего, установки для отгонки, непрореагировавший аммиак и диоксид углерода в растворе карбамида выделяют из раствора карбамида и воды. Секция извлечения, как правило, содержит нагреватель, секцию сепарации жидкости/газа и конденсатор. Раствор карбамида, поступающий в секцию извлечения, нагревают для испарения из него летучих компонентов аммиака и диоксида углерода. Как правило, в качестве нагревающего агента в нагревателе используют водяной пар. Образованный в указанном нагревателе пар отделяют от водного раствора карбамида, получая жидкость/газ, после чего указанный пар конденсируют в конденсаторе с образованием раствора карбамата. Выделяющееся при конденсации тепло, как правило, рассеивается в охлаждающей воде. Раствор карбамата, образованный в этой секции извлечения, работающей при более низком давлении, чем давление в секции синтеза, предпочтительно возвращают в секцию синтеза карбамида, работающую при давлении синтеза. Секция извлечения, как правило, представляет собой одну секцию или может представлять собой множество секций извлечения, расположенных последовательно.

Водный поток, содержащий карбамид, в процессе производства карбамида отделяют непосредственно в секции извлечения или после нее. Водный поток, содержащий карбамид, может поступать из одной секции извлечения, но также, если способ производства карбамида предполагает наличие большего количества секций извлечения, из нескольких секций извлечения. Водный поток, содержащий карбамид, может представлять собой один поток, который отделяют в одном месте в процессе производства карбамида, или он может состоять из нескольких потоков, которые отделяют в различных местах в процессе производства карбамида.

В секции (-ях) извлечения процесса производства карбамида уменьшают содержание карбамата аммония, свободного диоксида углерода и свободного аммиака в растворе, полученном для синтеза карбамида. Это осуществляют путем нагревания раствора и в некоторых случаях путем снижения давления. Это повышение температуры, а в некоторых случаях также и снижение давления вызывает диссоциацию присутствующего карбамата аммония на свободный аммиак и свободный диоксид углерода. Значительная часть этого свободного аммиака и свободного диоксида углерода переходит в газовую фазу, которая отделяется от остальной части водного потока, содержащего карбамид, в сепараторах жидкости/газа. В различных процессах производства карбамида в секции (-ях) извлечения используют различные уровни давления и температуры. В некоторых способах на одной или нескольких стадиях диссоциации добавляют агент для отгонки, способствующий диссоциации. Примерами подходящего агента для отгонки являются газообразный аммиак, газообразный диоксид углерода, воздух и водяной пар. Различные процессы также различаются по способу удаления газообразного аммиака и диоксида углерода. При прохождении раствором карбамида различных стадий диссоциации щелочность и содержание карбамата аммония снижаются.

Предпочтительно водный поток, содержащий карбамид, отделяют после секции (-ий) извлечения. По существу, указанный поток отделяют перед секцией доводки карбамида, хотя он также может быть отделен после первого испарителя, расположенного ниже по ходу потока от секции извлечения, причем испаритель может быть или не быть частью доводочной секции. В любом случае водный поток, содержащий карбамид, по существу имеет концентрацию карбамида ниже 99 мас. %.

В способе получения карбамида, в котором резервуар для накопления карбамида установлен после секции (-ий) извлечения и в котором присутствует секция формования (например, для гранулирования или приллирования), перед секцией формования водный раствор карбамида, а более предпочтительно водный поток, содержащий карбамид, отделяют в резервуаре для накопления карбамида. Водный поток, содержащий карбамид, который в способе производства карбамида отделяют непосредственно в секции извлечения или после нее, предпочтительно содержит 60-90 мас. % карбамида.

В способе по настоящему изобретению водный поток, содержащий карбамид, полученный согласно вышеприведенному описанию, подвергают кристаллизации мгновенным испарением. В этом случае раствор подвергают мгновенному испарению с тем, чтобы получить продукт, содержащий твердый кристаллизованный карбамид, и пар,

содержащий аммиак и воду. Мгновенное испарение предпочтительно представляет собой сухое мгновенное испарение. Кристаллизацию мгновенным испарением проводят, подвергая раствор карбамида воздействию давления ниже атмосферного для обеспечения возможности самопроизвольного образования кристаллов карбамида. Предпочтительно перед стадией кристаллизации раствор концентрируют таким образом, чтобы достичь концентрации карбамида от 50 до 99 мас. % карбамида и биурета и предпочтительно от 60 до 98 мас. %.

Как отмечено выше, твердый кристаллизованный карбамидный продукт получают в виде порошка, содержащего менее 0,2 мас. % воды. Это может быть прямым результатом процесса мгновенного испарения, в частности, в случае сухого мгновенного испарения. В альтернативном варианте осуществления, вызывающем интерес, при мгновенном испарении получают порошок с содержанием воды более 0,2 мас. % (но достаточно низким для того, чтобы получить порошок, например, от 0,2 до 0,5 мас. %). В таком случае твердый кристаллизованный карбамидный продукт, содержащий менее 0,2 мас. % воды, получают

путем выполнения стадии высушивания указанного порошка, например, в колонне осушки, или подвергая его испарению на движущейся ленте с подогревом.

Для более эффективного предотвращения возможного слипания оптимальная входная концентрация карбамида, подвергаемого мгновенному испарению, составляет от 85 до 95 мас.%, предпочтительно от 86 до 93 мас.% и более предпочтительно от 87 до 92 мас.%. При соответствии концентрации этим диапазонам и с учетом прикладываемого давления твердые частицы (карбамид) и газ (H_2O) находятся в равновесии.

Твердый кристаллизованный карбамидный продукт по настоящему изобретению может быть получен с использованием любого способа синтеза карбамида.

Часто используемым способом получения карбамида в соответствии со способом отгонки является способ отгонки с диоксидом углерода, например описанный в Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Vol. A27, 1996, pp 333-350. В этом способе за секцией синтеза следуют одна или более секций извлечения. Секция синтеза содержит реактор, отгонное устройство, конденсатор и скруббер, в котором рабочее давление находится в диапазоне от 12 до 18 МПа и предпочтительно в диапазоне от 13 до 16 МПа. В секции синтеза раствор карбамида, выходящий из реактора карбамида, подается в отгонное устройство, в котором большое количество непрореагировавших аммиака и диоксида углерода отделяется от водного раствора карбамида. Такое отгонное устройство может представлять собой кожухотрубный теплообменник, в котором раствор карбамида подается в верхнюю часть в трубное пространство, а диоксид углерода, подаваемый для синтеза, вводится в нижнюю часть отгонного устройства. В межтрубное пространство вводят водяной пар для нагревания раствора. Раствор карбамида выходит из теплообменника в нижней части, а паровая фаза выходит из отгонного устройства в верхней части. Пар, выходящий из указанного отгонного устройства, содержит аммиак, диоксид углерода и небольшое количество воды. Указанный пар конденсируется в теплообменнике с падающей пленкой или в конденсаторе погружного типа, который может быть горизонтального или вертикального типа. Погружной теплообменник горизонтального типа описан в Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Vol. A27, 1996, pp 333-350. Тепло, высвобождаемое при экзотермической реакции конденсации карбамата в указанном конденсаторе, обычно используют для получения водяного пара, используемого в расположенной ниже по ходу потока секции обработки карбамида для нагревания и концентрирования раствора карбамида. Поскольку в конденсаторе погружного типа обеспечивается определенное время пребывания жидкости, часть реакции образования карбамида проходит уже в указанном конденсаторе. Образованный раствор, содержащий конденсированный аммиак, диоксид углерода, воду и карбамид вместе с несконденсированным аммиаком, диоксидом углерода и инертным паром, направляют в реактор. В реакторе вышеуказанная реакция превращения карбамата в карбамид приближается к равновесному состоянию. Молярное отношение аммиака к диоксиду углерода в растворе карбамида, выходящем из реактора, по существу, находится в диапазоне от 2,5 до 4 моль/моль. Также возможно комбинирование конденсатора и реактора в одном узле оборудования. Пример такого узла оборудования описан в Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Vol. A27, 1996, pp 333-350. Образованный раствор карбамида, выходящий из реактора карбамида, подается на отгонное устройство, а инертный пар, содержащий несконденсированный аммиак и диоксид углерода, направляют в секцию очистки, работающую при аналогичном с реактором давлении. В этой секции очистки инертный пар очищается от аммиака и диоксида углерода. В качестве абсорбента в этой секции очистки используют раствор карбамата из расположенной ниже по ходу потока системы извлечения. Раствор карбамида, выходящий из отгонного устройства в этой секции синтеза, подлежащий обработке в отдельной системе извлечения, расположенной ниже по ходу потока от отгонного устройства, должен иметь концентрацию карбамида по меньшей мере 45% по весу и предпочтительно по меньшей мере 50% по весу. Секция извлечения содержит нагреватель, сепаратор жидкости/газа и конденсатор. Давление в этой секции извлечения находится в диапазоне от 200 до 600 кПа. В нагревателе секции извлечения основную массу аммиака и диоксида углерода

отделяют от карбамида и водной фазы путем нагревания раствора карбамида. Как правило, в качестве нагревающего агента используют водяной пар. Карбамид и водная фаза содержат небольшое количество растворенного аммиака и диоксида углерода, который выходит из секции извлечения и направляется в расположенную ниже по ходу потока секцию обработки карбамида, в которой раствор карбамида концентрируют путем выпаривания воды из указанного раствора. Настоящее изобретение не ограничено каким-либо конкретным способом производства карбамида. Другие способы и установки включают те, которые основаны на такой технологии, как установки с общей рециркуляцией, способ НЕС, разработанный компанией Urea Casale, способ ACES, разработанный компанией Toyo Engineering Corporation, и способ, разработанный компанией Snamprogetti. Все эти способы, а также другие способы могут быть использованы перед осуществлением способа доводки карбамида по настоящему изобретению.

В настоящем изобретении раствор карбамида, полученный с использованием любого из способов синтеза карбамида, подвергают стадии кристаллизации, подвергая раствор карбамида расширению, приводя его в условия давления ниже атмосферного, т.е. путем мгновенного испарения. Этот тип кристаллизации является наиболее подходящим с точки зрения промышленных масштабов переработки. Стадия кристаллизации включает мгновенное испарение раствора карбамида при давлении ниже атмосферного,

предпочтительно при давлении ниже 15 кПа, для спонтанного получения твердого карбамидного продукта. Указанное давление будет по существу выше 1 кПа и предпочтительно будет находиться в диапазоне от 1 до 10 кПа.

В одном варианте осуществления настоящего изобретения раствор карбамида, образованный в секции извлечения, из установки по производству карбамида направляют в кристаллизатор, который работает при давлении, находящемся в вышеуказанных диапазонах. Кристаллы карбамида формируются спонтанно за счет расширения с образованием пара. Образующий пар конденсируют в одном или нескольких конденсаторах. Кристаллы карбамида, включающие в себя оставшийся раствор карбамида, выходящие из кристаллизатора, подвергают разделению в сепараторе жидкой и твердой фаз, где основную часть раствора карбамида отделяют от сформированных кристаллов карбамида. Указанные кристаллы карбамида, выходящие из сепаратора жидкой и твердой фаз, очищают на центрифуге, в которой оставшийся раствор карбамида дополнительно отделяется от указанных кристаллов. Маточный раствор, содержащий водный раствор карбамида, который содержит биурет, может быть добавлен в центрифугу для промывания указанных кристаллов с целью получения очищенных кристаллов карбамида, содержащих биурет в пределах от 0,1 до 0,6 мас.%. Таким образом, производимые из них DEF-растворы с концентрацией карбамида 30-35 мас.%, будут удовлетворять требованию максимального содержания биурета, равного 0,3 мас.%.

Кристаллы карбамида, выходящие из центрифуги, дополнительно высушивают, например, в колонне осушки для получения твердого кристаллизованного карбамидного продукта, содержащего менее 0,2 мас.% воды.

После расширения раствора карбамида давление высвобождаемого пара повышают, а затем пар направляют в конденсатор. Для повышения давления предпочтительно используют паровой эжектор или вакуумный насос. В конденсаторе пар, содержащий воду и небольшое количество примесных компонентов, например аммиак, диоксид углерода и инертные вещества, конденсируют. Предпочтительно для конденсации указанных паров используют охлаждающую воду. Давление несконденсированных паров, выходящих из конденсатора, повышают в паровом эжекторе или вакуумном насосе, причем затем происходит дополнительная очистка этих паров. Это могут выполнять путем повторной конденсации этих паров при более высоком давлении, причем впоследствии оставшийся инертный пар выпускают в атмосферу или вновь очищают в устройстве очистки инертных веществ, например в абсорбере. Образованный в конденсаторах технологический конденсат собирают, а затем указанный технологический конденсат очищают в установке по производству карбамида.

Мгновенное испарение раствора карбамида, т.е. удаление жидкости путем испарения при пониженном (ниже атмосферного) давлении, приводит к спонтанному образованию твердого карбамидного продукта и пара, содержащего аммиак и воду. Согласно настоящему изобретению мгновенное испарение предпочтительно осуществляют при давлении ниже 15 кПа, более предпочтительно от 1 до 10 кПа.

Мгновенное испарение можно выполнять в устройстве мгновенного испарения, например, в сухом мгновенном испарителе. Сухой мгновенный испаритель характеризуется тем, что поток жидкости за счет кристаллизации и испарения преобразуется в по существу твердое вещество и пар. В сухом мгновенном испарителе технологические условия выбирают таким образом, что количество остающейся жидкости равно по существу нулю. Это позволяет обеспечить полное разделение газа и твердых частиц без существенного слипания и засорения. Еще одно преимущество сухого мгновенного испарения состоит в том, что из-за отсутствия суспензии нет необходимости в разделении на твердые частицы и жидкость, например, в центрифуге и в устройстве для переплавки. Это позволяет существенно упростить схему способа. Такой сухой мгновенный испаритель представляет собой сосуд, который функционирует предпочтительно при давлении в диапазоне от 1 до 15 кПа, а более предпочтительно при давлении от 2 до 10 кПа. В указанном сухом мгновенном испарителе раствор карбамида распределяют с помощью распределителя жидкости. При расширении карбамид и биурет спонтанно кристаллизуются в твердые частицы, а оставшиеся компоненты, содержащие воду, аммиак и небольшое количество диоксида углерода, испаряются.

Размер частиц твердого карбамидного продукта, полученного путем адиабатического мгновенного испарения, т.е. карбамидного порошка, находится в диапазоне от 0,1 до 1000 мкм, предпочтительно от 1 до 800 мкм.

Способ по настоящему изобретению позволяет производить легкосыпучий порошок, который может быть упакован в мешки (20 кг) или большие мешки (т.е. мешки на 500 или 1000 кг), которые могут быть легко опорожнены в месте применения для получения DEF-раствора.

Карбамидный порошок, произведенный с использованием данного способа, содержит очень малое количество биурета, как правило, менее 0,5%, предпочтительно менее 0,4%, что обуславливает его содержание менее 0,20% или менее 0,15 мас.%, в конечном DEF-растворе. Это означает, что количество активного карбамида в растворе будет, следовательно, выше при том же содержании твердых веществ. Спецификация по биурету для конечного DEF-раствора составляет не более 0,3 мас.%. Если для приготовления раствора используют приллы, содержание биурета в растворе составляет, как правило, от 0,25 до 0,3 мас.%.

В способе по настоящему изобретению полученный твердый кристаллизованный карбамидный

продукт упаковывают в условиях, позволяющих поддерживать содержание воды в упакованном продукте на уровне ниже 0,2 мас.%. Такое низкое содержание влаги необходимо для того, чтобы твердый карбамид, который является гигроскопичным по своей природе, оставался порошком, легко высвобождаемым из упаковки и восстанавливаемым в раствор. В соответствии с настоящим изобретением содержание воды в упакованном продукте поддерживают ниже вышеупомянутого уровня до тех пор, пока продукт не будет применен для приготовления раствора. Следует понимать, что способ по настоящему изобретению подразумевает, что после получения кристаллизованного карбамидного порошка, который содержит менее 0,2 мас.% воды, содержание воды ниже 0,2% следует поддерживать не только в упакованном продукте, но и в ходе дополнительных стадий способа перед упаковыванием.

На практике это означает, что полученный порошок, который имеет требуемое низкое содержание влаги, упаковывают в водонепроницаемую упаковку (например, контейнер или мешок). Подходящие упаковочные материалы включают в себя полиэтилен высокой плотности. Другие пластмассы, пригодные для изготовления гигроскопичных упаковочных материалов, известны в данной области техники. Упаковочный материал может быть непористым и герметичным. Кроме того, упаковка может состоять из многослойного материала.

В варианте осуществления, вызывающем интерес, настоящее изобретение также может быть использовано для модификации существующих установок по производству карбамида. Такие существующие установки по производству карбамида, которые, как правило, имеют доводочную секцию, работающую на принципе приллирования или гранулирования, могут быть модифицированы путем добавления оборудования, используемого для проведения стадии кристаллизации мгновенным испарением в соответствии с вышеописанным способом. Таким образом, при добавлении к обычной доводочной секции кристаллизации мгновенным испарением установка будет способна производить как обычный твердый карбамид, а именно гранулы или приллы, так и DEF-порошок, как описано выше.

В частности, настоящее изобретение может, таким образом, быть использовано для повышения производительности существующей установки по производству карбамида. Доводочная секция иногда может быть узким местом при оптимизации производительности установки. Поскольку традиционные доводочные секции, особенно башни приллирования, являются относительно большими, не всегда возможно расширение доводочной секции существующей установки. В соответствии с настоящим изобретением производительность существующей установки по производству карбамида можно повысить путем повышения производительности доводочной секции этой установки. Это относится к любой ситуации, в которой для повышения производительности существующей установки необходимо расширить доводочную секцию этой установки. Это может относиться к установке с производительностью синтеза и извлечения, которую не используют на полную мощность из-за доводочной секции, которая является узким местом. Это также может относиться к способу повышения производительности существующей установки по производству карбамида, в которой производительность секции синтеза карбамида (и/или секции извлечения карбамида) повышают, например, путем расширения секции синтеза, но в которой существующая доводочная секция не может быть легко расширена. Кроме того, настоящее изобретение позволяет согласовать расширение секции или секций, расположенных выше по ходу потока от доводочной секции, предпочтительно с помощью простого способа для расширения также и производительности доводочной секции. Это может быть достигнуто путем добавления, параллельно с существующей доводочной секцией, доводочной секции, соответствующей настоящему изобретению, т. е. устройства, подходящего для кристаллизации карбамида из раствора карбамида. Настоящее изобретение позволяет решить проблемы, связанные с повышением производительности доводочной секции, поскольку выбросы газообразного аммиака и карбамидной пыли в параллельной альтернативной доводочной секции будут меньшими или даже будут совсем отсутствовать. Таким образом, при повышении производительности установки выбросы по отношению к количеству произведенного карбамида фактически будут снижены.

Хотя изобретение было подробно проиллюстрировано и описано на чертежах и в вышеприведенном описании, такие иллюстрации и описание следует рассматривать лишь как иллюстративные или приведенные в качестве примера и не предполагающие ограничения; причем настоящее изобретение не ограничивается раскрытыми вариантами осуществления.

Например, можно использовать настоящее изобретение в одном из вариантов осуществления, в котором более чем один водный поток отделяют в различных местах в секции извлечения или после нее для получения водного раствора карбамида, подлежащего кристаллизации мгновенным испарением.

Другие варианты раскрытых вариантов осуществления могут быть предложены и воплощены специалистами в данной области техники при осуществлении заявленного изобретения на практике после изучения чертежей, описания и прилагаемой формулы изобретения. В формуле изобретения слово "содержащий" не исключает других элементов или стадий, а использование единственного числа не исключает множество. Сам по себе тот факт, что определенные признаки изобретения перечислены во взаимно различных зависимых пунктах формулы изобретения, не указывает на то, что сочетание этих признаков не может быть использовано с выгодой.

Таким образом, настоящее изобретение включает в себя способ получения карбамидного продукта, пригодного для разбавления водой с образованием водного раствора, содержащего карбамид, для ис-

пользования в устройстве для восстановления NOx в выхлопных газах двигателей внутреннего сгорания, также известного как жидкость для очистки дизельных выхлопных газов (DEF), и в устройстве для восстановления NOx в дымовых газах промышленных печей. Способ включает получение водного раствора, содержащего карбамид, из секции извлечения или после нее в процессе производства карбамида. Этот раствор, имеющий низкое содержание примесей, подвергают кристаллизации мгновенным испарением при низком давлении для получения продукта, содержащего твердый кристаллизованный карбамид, который представляет собой легкосыпучий порошок, содержащий менее 0,2 мас.% воды. Этот продукт упаковывают в условиях, позволяющих поддерживать содержание воды в упакованном продукте на уровне ниже 0,2 мас.%. Настоящее изобретение также может быть использовано в способе повышения производительности существующей установки по производству карбамида.

Настоящее изобретение далее будет дополнительно проиллюстрировано со ссылками на нижеследующие примеры, не предполагающие ограничения. Существующий уровень техники показан на фиг. 1, а варианты осуществления настоящего изобретения показаны на фиг. 2

На фиг. 1 показана типовая последовательность концентрирования раствора карбамида в расплав карбамида, причем затем расплав карбамида подвергают обработке в типовом устройстве для гранулирования в качестве секции доводки карбамида, как известно из предшествующего уровня техники. Раствор карбамида из секции рециркуляции установки по производству карбамида с типовой концентрацией в пределах от 50 до 80 мас.% и типовой температурой от 60 до 90°C подают в концентратор (CONC1) по трубопроводу (a). Концентратор (CONC1) представляет собой кожухотрубный теплообменник, причем раствор карбамида направляют в трубное пространство указанного концентратора. В межтрубное пространство указанного концентратора подают водяной пар для нагревания раствора и для выпаривания летучей фракции воды. Раствор карбамида, выходящий из концентратора (CONC1) по трубопроводу (b), как правило, имеет температуру от 125 до 135 °C, и его концентрация составляет, как правило, от 93 до 96% по массе карбамида. В указанном концентраторе поддерживают давление ниже атмосферного давления, и, как правило, оно находится в диапазоне от 20 до 50 кПа. Образованный пар, содержащий воду и небольшие количества аммиака и диоксида углерода, выпускают из указанного концентратора по трубопроводу (c). Указанный пар конденсируют в конденсаторе (CONDI) и выпускают из указанного конденсатора как технологический конденсат по трубопроводу (d). Несконденсированный пар выходит из указанного конденсатора по трубопроводу (e) и поступает в эжектор (EJEC1) для повышения давления до атмосферного давления. Движущую силу для указанного эжектора, как правило, создает водяной пар, подаваемый по трубопроводу (f). Водяной пар вместе с несконденсированным паром выходит из эжектора по трубопроводу (g) и может быть выпущен в атмосферу, но предпочтительно его очищают в этой же установке по производству карбамида.

Раствор карбамида, выходящий из концентратора (CONC1) по трубопроводу (b), подают во второй концентратор (CONC2). Этот концентратор (CONC2) также, как правило, представляет собой кожухотрубный теплообменник, в котором раствор карбамида направляют в трубное пространство указанного теплообменника, а водяной пар подают в межтрубное пространство для нагревания и выпаривания летучей фракции воды при давлении ниже атмосферного давления, которое, как правило, находится в диапазоне от 1 до 30 кПа и предпочтительно в диапазоне от 5 до 20 кПа. Температура расплава карбамида, выходящего из указанного концентратора по трубопроводу (h), как правило, составляет от 136 до 145°C, а его концентрация, как правило, составляет от 97,5 до 99% по массе карбамида и биурета. Пар, образованный при концентрировании указанного раствора до указанного расплава, содержащий воду, аммиак и некоторое количество захваченного карбамида, подают в конденсатор (COND2) по трубопроводу (i). В указанном конденсаторе (COND2) основная часть пара конденсируется с образованием технологического конденсата с помощью охлаждающей воды. Образующийся технологический конденсат выходит из указанного конденсатора по трубопроводу (j). Несконденсированный пар, содержащий инертные вещества, воду и небольшие количества аммиака, выходящий из указанного конденсатора (COND2) по трубопроводу (k), подают в паровой эжектор (EJEC2). Указанный эжектор приводят в действие с помощью водяного пара по трубопроводу (l) и повышают давление указанного инертного пара, который выходит из указанного эжектора по трубопроводу (m) в конденсатор (COND1).

Раствор карбамида, выходящий из указанного концентратора (CONC2) по трубопроводу (h), направляют с помощью насоса (PUMP) в гранулятор с псевдооживленным слоем (GRAN1), выполняющий функцию секции доводки карбамида. В указанный раствор карбамида могут добавлять добавки, например формальдегид или карбамидно-формальдегидный раствор. Обычные способы гранулирования в псевдооживленном слое предполагают использование гранулятора (GRAN1), в котором расплав карбамида подают в псевдооживленный слой зародышей кристаллизации твердого карбамида, в результате чего эти зародыши растут за счет отверждения с образованием гранул карбамида. На выходе из указанного гранулятора получаемые гранулы имеют определенное распределение по размерам. Эти гранулы, как правило, охлаждают, причем затем эти полученные гранулы направляют в устройство сортировки по размерам по трубопроводу (n), и в большинстве случаев это устройство сортировки по размерам содержит набор грохотов (SCREEN). С помощью этого устройства для сортировки мелкие фракции и крупно-

зернистый материал отделяют от оставшихся гранул, которые после прохождения через устройство вторичного охлаждения направляют в качестве готового продукта в секцию хранения или транспортировки по трубопроводу (o).

Крупнозернистую фракцию материала измельчают до гранул определенного размера и рециркулируют вместе с мелкой фракцией, подавая по трубопроводу (p) в гранулятор (GRAN1), где они выступают в качестве зародышей кристаллизации.

Воздух подают в гранулятор с псевдооживленным слоем по трубопроводу (q) для поддержания твердых зародышей кристаллизации в указанном грануляторе в псевдооживленном состоянии. Воздух, выпускаемый из указанного гранулятора по трубопроводу (r), содержит аммиак и пыль карбамида и должен быть обработан в пылеуловителе пыли карбамида (CATCH) перед тем, как этот воздух будет выпущен в атмосферу по трубопроводу (s). В зависимости от количества воздуха, подаваемого в качестве воздуха, требуемого для псевдооживления в грануляторе с псевдооживленным слоем (GRAN1), по трубопроводу (q), выбросы аммиака и пыли в воздухе, выпускаемом в атмосферу по трубопроводу (s), как правило, составляют от 50 до 200 мг на норм, м³, соответственно от 20 до 50 мг на норм. м³. Это соответствует выбросу аммиака в пределах от 0,5 до 1,5 кг на тонну произведенного конечного карбамидного продукта и выбросу пыли карбамида в пределах от 0,2 до 1 кг на тонну произведенного конечного карбамидного продукта.

На фиг. 2 показан пример варианта осуществления в соответствии с настоящим изобретением.

Раствор карбамида с концентрацией, как правило, от 50 до 80% по массе и температурой, как правило, от 60 до 90°C подают в концентратор (CONC) по трубопроводу (a). Концентратор (CONC) представляет собой кожухотрубный теплообменник, причем раствор карбамида направляют в трубное пространство указанного концентратора. В межтрубное пространство указанного концентратора подают водяной пар для нагревания раствора и для выпаривания летучей фракции воды. Раствор карбамида, выходящий из концентратора (CONC) по трубопроводу (b), имеет, как правило, температуру от 110 до 130°C и концентрацию от 80 до 97% по массе карбамида и предпочтительно концентрацию карбамида 85 до 95% по массе. В указанном концентраторе поддерживают давление ниже атмосферного давления, и, как правило, оно находится в диапазоне от 15 до 70 кПа и предпочтительно в диапазоне от 20 до 50 кПа. Образованный пар, содержащий воду и некоторые количества аммиака и диоксида углерода, выпускают из указанного концентратора по трубопроводу (c). Указанный пар конденсируют в конденсаторе (CONDI) и выпускают из указанного конденсатора как технологический конденсат по трубопроводу (d). Несконденсированный пар, содержащий инертные вещества, воду, аммиак и диоксид углерода, выходит из указанного конденсатора по трубопроводу (e) и поступает в эжектор (EJEC1) для повышения давления до атмосферного давления. Движущую силу для указанного эжектора, как правило, создает водяной пар, подаваемый по трубопроводу (f). Водяной пар вместе с несконденсированным паром выходит из эжектора по трубопроводу (g) и может быть выпущен в атмосферу, но предпочтительно, перед тем как выпустить в атмосферу, его очищают в этой же установке по производству карбамида.

Раствор карбамида, выходящий из концентратора (CONC) по трубопроводу (b), подают в сухой мгновенный испаритель (FLASH). Указанный сухой мгновенный испаритель представляет собой сосуд, который функционирует при давлении в диапазоне от 1 до 20 кПа и предпочтительно при давлении от 2 до 15 кПа. В указанном сухом мгновенном испарителе раствор карбамида распределяют с помощью распределителя жидкости (SPRAY). При расширении карбамид и биурет спонтанно кристаллизуются в твердые частицы, а оставшиеся компоненты, содержащие воду, аммиак и небольшое количество диоксида углерода, испаряются.

Образуемые в сухом мгновенном испарителе частицы твердого карбамида (т. е. вышеупомянутый карбамидный порошок) имеют размер от 0,1 до 1000 мкм, причем их извлекают из указанного сухого мгновенного испарителя (FLASH) по трубопроводу (s). Известные экстракторы для извлечения твердого продукта из вакуумных систем представляют собой, например, среди прочего, вращающиеся питатели с воздушным затвором, герметичный сосуд с двойными клапанами и эжекторами Вентури. Извлеченные частицы твердого карбамида по трубопроводу (s) транспортируют для их упаковывания (PACK), где указанные частицы твердого карбамида упаковывают в мешки для транспортировки.

Образуемый пар выходит из сухого мгновенного испарителя мгновенного действия (FLASH) по трубопроводу (h) в конденсатор (BAR COND). Он может представлять собой конденсатор любого типа, но предпочтительно он является смешивающим конденсатором. В смешивающем конденсаторе пар вступает в непосредственный контакт с холодной средой. Эта среда может представлять собой текучую среду, содержащую аммиак и воду. Предполагают, что часть образованных в сухом мгновенном испарителе (FLASH) мелких частиц карбамида выходит из указанного сухого мгновенного испарителя вместе с образованным паром. Следовательно, эти частицы карбамида растворяются в среде, благодаря чему предотвращают чрезмерное загрязнение конденсатора (BAR COND). Жидкость, выходящую из конденсатора (BAR COND) по трубопроводу (и), содержащую воду, небольшие количества аммиака и растворенного карбамида, частично возвращают для рециркуляции по трубопроводу (v) и охлаждают в охладителе (COOL). Другая часть указанной жидкости выходит из системы по трубопроводу (w). Эту жидкость

можно рециркулировать и повторно обрабатывать в установке по производству карбамида или использовать для других целей.

Требуемое давление в высушивающем испарителе мгновенного действия (FLASH) и конденсаторе (BAR COND), которое ниже атмосферного давления, поддерживают с помощью эжектора повышения давления (BOOS). Движущую силу для указанного эжектора повышения давления создает водяной пар, подаваемый по трубопроводу (ii). Пар с повышенным давлением, выходящий из указанного эжектора повышения давления по трубопроводу (j), направляют в конденсатор (COND2). Образующий технологический конденсат выходит из указанного конденсатора по трубопроводу (k), а несконденсированный пар, выходящий из указанного конденсатора по трубопроводу (l), направляют в эжектор (EJEC2). Кроме того, указанный эжектор приводят в действие с помощью водяного пара по трубопроводу (m) и повышают давление пара, выходящего из указанного эжектора по трубопроводу (n), до атмосферного давления, а также выпускают инертный пар в атмосферу или предпочтительно очищают от аммиака в другом месте установки по производству карбамида перед его выпуском в атмосферу. Технологический конденсат, который выходит из указанных конденсаторов, накапливают и обрабатывают в установке по производству карбамида для получения очищенного технологического конденсата. В другом варианте осуществления инертный пар, выходящий из эжектора (BOOS) по трубопроводу (j), направляют в другой конденсатор, работающий при давлении ниже атмосферного, причем затем повышают давление инертного пара, выходящего из конденсатора, до атмосферного давления с помощью вакуумного насоса или парового эжектора.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ производства упакованного карбамидного продукта, подлежащего разбавлению водой с образованием водного раствора, содержащего карбамид, включающий в себя стадии, на которых:

(a) получают водный поток карбамида из секции извлечения или после нее в процессе производства карбамида;

(b) подвергают указанный водный поток карбамида кристаллизации мгновенным испарением при давлении ниже 15 кПа для получения кристаллизованного карбамидного порошка и пара, содержащего аммиак и воду, причем указанный кристаллизованный карбамидный порошок содержит менее 0,2 мас.% воды и указанное мгновенное испарение осуществляют как сухое мгновенное испарение;

(c) упаковывают указанный кристаллизованный карбамидный порошок, полученный на стадии (b), в условиях, позволяющих поддерживать содержание воды в упакованном продукте на уровне ниже 0,2 мас.%, для получения указанного упакованного карбамидного продукта.

2. Способ по п.1, в котором кристаллизацию мгновенным испарением проводят при давлении от 1 до 10 кПа.

3. Способ по п.1 или 2, в котором водный поток карбамида, подвергаемый мгновенному испарению, имеет концентрацию карбамида в диапазоне от 85 до 95 мас.%.

4. Способ по п.3, в котором водный поток карбамида, подвергаемый мгновенному испарению, имеет концентрацию карбамида от 87 до 92 мас.%.

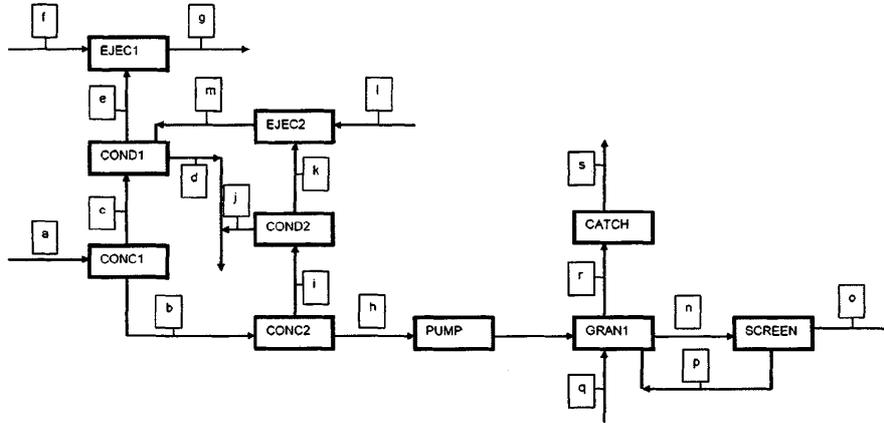
5. Способ по любому из п.1-4, в котором содержание биурета в кристаллизованном карбамидном порошке, полученном мгновенным испарением, составляет не более 0,5 мас.%.

6. Способ по любому из п.1-5, в котором размер частиц кристаллизованного карбамидного порошка, полученного мгновенным испарением, составляет от 1 до 800 мкм.

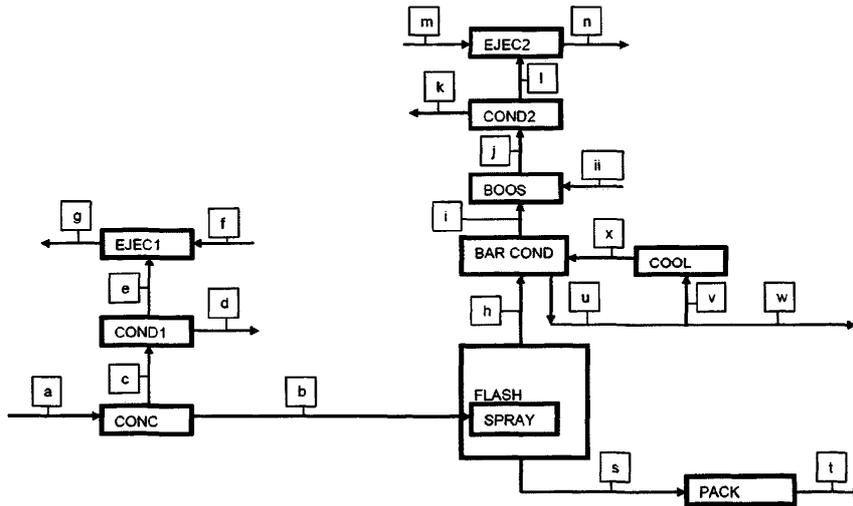
7. Способ модификации существующей установки по производству карбамида, содержащей доводочную секцию для производства твердого карбамида, согласно которому к установке добавляют устройство для осуществления кристаллизации мгновенным испарением карбамида из раствора и добавляют упаковочное устройство и линию транспортирования кристаллизованного карбамидного порошка из указанного устройства для осуществления кристаллизации мгновенным испарением карбамида из раствора в указанное упаковочное устройство, причем указанное устройство для осуществления кристаллизации мгновенным испарением карбамида из раствора представляет собой устройство для сухого мгновенного испарения, выполненное с возможностью функционирования при давлении ниже 15 кПа и получения кристаллизованного карбамидного порошка, содержащего менее 0,2 мас.% воды, причем указанное упаковочное устройство выполнено с возможностью упаковывания кристаллизованного карбамидного порошка в условиях, позволяющих поддерживать содержание воды в упакованном продукте на уровне ниже 0,2 мас.%.

8. Способ повышения производительности установки по производству карбамида, согласно которому производительность доводочной секции указанной установки повышают путем добавления в качестве дополнительной доводочной секции устройства для кристаллизации карбамида из раствора путем мгновенного испарения и добавления упаковочного устройства и линии транспортирования кристаллизованного карбамидного порошка из указанного устройства для осуществления кристаллизации мгновенным испарением карбамида из раствора в указанное упаковочное устройство, причем указанное устройство для осуществления кристаллизации мгновенным испарением карбамида из раствора представля-

ет собой устройство для осуществления кристаллизации мгновенным испарением карбамида из раствора путем сухого мгновенного испарения, выполненное с возможностью функционирования при давлении ниже 15 кПа и получения кристаллизованного карбамидного порошка, содержащего менее 0,2 мас.% воды, причем указанное упаковочное устройство выполнено с возможностью упаковывания кристаллизованного карбамидного порошка в условиях, позволяющих поддерживать содержание воды в упакованном продукте на уровне ниже 0,2 мас. %.



Фиг. 1



Фиг. 2

