

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **044789**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2023.09.29**

(21) Номер заявки  
**202291535**

(22) Дата подачи заявки  
**2020.12.30**

(51) Int. Cl. **C07C 273/04** (2006.01)  
**C07C 273/16** (2006.01)  
**B01D 5/00** (2006.01)

---

(54) **УСТАНОВКА ПО ПРОИЗВОДСТВУ КАРБАМИДА С ОХЛАЖДАЕМОЙ СЕКЦИЕЙ  
КОНДЕНСАЦИИ**

---

(31) **19220074.9**

(32) **2019.12.30**

(33) **EP**

(43) **2022.10.17**

(86) **PCT/NL2020/050824**

(87) **WO 2021/137699 2021.07.08**

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

(72) Изобретатель:  
**Патил Рахуль (NL)**

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

(56) **WO-A1-2013165245**  
**US-A-4821524**

(57) В изобретении предложен процесс производства карбамида, включающий концентрирование первого раствора карбамида в первом вакуумном испарителе в секции испарения с получением плава карбамида и первого пара и конденсирование указанного первого пара в первой секции конденсации, причем первая секция конденсации представляет собой охлаждаемую секцию конденсации.

**В1**

**044789**

**044789**

**В1**

### Область техники

Настоящее изобретение относится к производству карбамида, в частности к секции испарения установки по производству карбамида.

### Уровень техники

В одном варианте осуществления настоящее изобретение относится к процессу производства карбамида, включающему концентрирование раствора карбамида в первом вакуумном испарителе, содержащемся в секции испарения, с получением плава карбамида и пара и конденсирование указанного пара в конденсаторе. Например, плав карбамида подают в доводочную секцию, такую как гранулятор или башня приллирования. Чтобы достичь низкого содержания воды в плаве, например менее 1,0 мас.% или менее 0,50 мас.% (такие значения содержания воды, в частности, используют в случае приллирования), первый испаритель работает при пониженном давлении (давлении менее 100 кПа), например менее 20 кПа или менее 10 кПа. Первый испаритель представляет собой, например, расположенный ниже по потоку испаритель многоступенчатой секции испарения, включая по меньшей мере второй вакуумный испаритель в качестве расположенного выше по потоку испарителя в секции испарения. В настоящем документе термин "расположенный выше по потоку" и "расположенный ниже по потоку" относится к потоку раствора карбамида. В настоящем изобретении расположенный выше по потоку второй испаритель является необязательным.

Пар из испарителя(ей) конденсируют и конденсат подвергают очистке, поскольку конденсат, как правило, содержит некоторое количество мочевины,  $\text{NH}_3$  и, возможно,  $\text{CO}_2$ . Например, в публикации Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, глава Urea (2010) упоминается, что технологический конденсат из секции испарения установки по производству карбамида содержит, как правило, 3-8 мас.% аммиака и 0,2-2 мас.% карбамида. Конденсат обрабатывают в секции очистки сточной воды (WWT) (которую также называют секцией очистки технологического конденсата), например, с использованием гидролизера и десорбера. В одном примере секции WWT гидролизер используют для гидролиза карбамида с использованием пара при температурах от 170 до 230°C, при таких же температурах осуществляют отгонку водяным паром в десорбере при давлениях от 1 до 5 бар. Различные типы секций WWT описаны в публикации Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, глава Urea (2010). Работа секции WWT является очень энергозатратной. Очищенный конденсат из секции WWT во многих случаях должен быть очень чистым для его использования, например, в качестве питательной воды бойлера для установки по производству карбамида, где генерируется пар, используемый в качестве теплообменной текучей среды в установке по производству карбамида.

На фиг. 1 представлен базовый процесс производства карбамида, реализованный не в соответствии с настоящим изобретением. Секция (EV) испарения установки по производству карбамида включает в себя по меньшей мере первый испаритель (EV1), который имеет входной канал для первого раствора (U1) карбамида, выходной канал для высококонцентрированного раствора карбамида, в частности плава (UM) карбамида, и первый выходной канал (V1) для пара. Например, плав (UM) карбамида подают в башню приллирования. Выходной канал для пара соединен с первой секцией (C1) конденсации, в которой используется охлаждающая вода (cw). Первый пар транспортируют в первую секцию конденсации с помощью бустерного эжектора (BEj), где используют пар (S1), который смешивается с паром, направляемым в конденсатор (C1), что приводит к повышению давления пара. Следовательно, пар используют в качестве "острого пара". Первая секция (C1) конденсации имеет выходной канал для конденсата (PC1), соединенный с секцией очистки сточной воды (WWT), и выходной канал для второго пара (V2), обычно соединенный с эжектором (Ej1) для поддержания пониженного давления. В случае использования многоступенчатой секции (EV) испарения (как показано) секция испарения дополнительно содержит необязательный расположенный выше по потоку второй испаритель (EV2). Второй испаритель имеет выходной канал для раствора (U1) карбамида, соединенный с входным каналом для раствора карбамида первого испарителя (EV1), входной канал для второго раствора (U2) карбамида и выходной канал (V3) для пара (для третьего пара), соединенный со вторым конденсатором (C2). Во втором конденсаторе (C2) используют охлаждающую воду. Второй конденсатор имеет выходной канал для (четвертого) пара (V4), соединенный со вторым эжектором (Ej2), для поддержания пониженного давления (оба эжектора могут быть объединены). Второй конденсатор (C2) дополнительно содержит выходной канал для конденсата (PC2), соединенный с секцией очистки сточной воды (WWT). За исключением применения охлаждающей воды в первой секции конденсации и бустерном эжектора эти признаки в равной степени применимы к вариантам осуществления процесса и установки настоящего изобретения.

В документе US 2015/0133690 описано, что для очистки технологического конденсата установки по производству карбамида требуется дорогостоящий пар, т.е. этот процесс является энергозатратным, и что желательно свести количество пара, используемого в этой секции, к минимуму.

В документе US 2014/0206902 описан процесс производства карбамида со стадией приллирования, в котором используют два концентратора, причем расположенный ниже по потоку концентратор работает под давлением 1-10 кПа с получением плава карбамида, содержащего 99,2-99,9 мас.% карбамида и биурета. Расположенный ниже по потоку концентратор имеет выходной канал для газа, соединенный с бустерным эжектором, в котором в качестве движущей силы используют пар. Пар высокого давления из

бустерного эжектора подают в конденсатор. В документе указано, что секция концентрирования, включая оборудование для конденсации и эжектор, занимает много места и является тяжелой. В документе показано, что благодаря использованию трех концентраторов можно использовать меньший по размеру бустерный эжектор.

В публикации CN 203578057 U описан бустерный паровой эжектор, который можно использовать в установке по производству карбамида.

В статье Urea synthesis: a status report -1, Nitrogen № 185, май-июнь 1990 г., схематически представлен процесс производства карбамида по технологии Stamicarbon со стриппинг-процессом с применением CO<sub>2</sub>, в котором испаритель второй ступени соединен с вакуумным конденсатором через бустерный эжектор. В документе указано, что во втором испарителе, работающем при глубоком вакууме 0,03 бар, требуется несколько снизить вакуум до 0,3 бар, чтобы влага могла повторно сконденсироваться до того, как пары смешаются с парами из другой стадии испарения.

Существует потребность в установке и процессах для производства карбамида с улучшенной энергетической эффективностью.

#### **Раскрытие сущности изобретения**

Настоящее изобретение в первом аспекте относится к процессу производства карбамида, включающему концентрирование первого раствора карбамида в первом вакуумном испарителе в секции испарения с получением плава карбамида и первого пара и конденсирование указанного первого пара в первой секции конденсации, причем первая секция конденсации предпочтительно представляет собой охлаждаемую секцию конденсации, предпочтительно с использованием охлаждающей текучей среды, отличной от воды.

Настоящее изобретение также относится к установке по производству карбамида, содержащей секцию испарения, содержащую первый испаритель и первую секцию конденсации, причем первый испаритель имеет входной канал для раствора карбамида и выходной канал для плава карбамида, а также выходной канал для пара, соединенный с указанной первой секцией конденсации, при этом указанная первая секция конденсации предпочтительно представляет собой охлаждаемую секцию конденсации.

#### **Краткое описание чертежей**

На фиг. 1 схематично представлен базовый процесс.

На фиг. 2 схематично представлен пример процесса и установки в соответствии с настоящим изобретением.

На фиг. 3 схематично представлен пример процесса и установки в соответствии с настоящим изобретением.

На фиг. 4 схематично представлен пример процесса и установки в соответствии с настоящим изобретением.

На фиг. 5 схематично представлен пример процесса и установки в соответствии с настоящим изобретением.

На фиг. 6 схематично представлен пример процесса и установки в соответствии с настоящим изобретением.

На фиг. 7 схематически представлен пример конденсатора и охладителя, пригодных для процесса и установки настоящего изобретения.

На фиг. 8 схематически представлен пример конденсатора и охладителя, пригодных для процесса и установки настоящего изобретения.

Варианты осуществления, показанные на фигурах, приведены только в качестве примера и не ограничивают настоящее изобретение.

#### **Осуществление изобретения**

Настоящее изобретение в широком смысле основано на разумном представлении о применении охлаждаемой секции конденсации для испарителя в секции испарения установки по производству карбамида. Охлаждаемую секцию конденсации предпочтительно используют для расположенного ниже по потоку испарителя из многоступенчатой секции испарения или для единственного испарителя одноступенчатой секции испарения. За счет использования указанной охлаждаемой секции конденсации преимущественно можно исключить бустерный эжектор, используемый в известных в данной области установках по производству карбамида для транспортировки пара из испарителя в конденсатор. В альтернативном варианте осуществления, т.е. при использовании бустерного эжектора, можно значительно уменьшить количество острого пара, вводимого в пар для работы бустерного эжектора. За счет исключения бустерного эжектора или использования меньшего количества острого пара для работы бустерного эжектора можно значительно уменьшить объем конденсата, соответственно, уменьшается потребление энергии в секции WWT.

В настоящем документе применительно к технологическим потокам (в частности, раствора карбамида) высоким давлением (HP) считается по меньшей мере 100 бар абс, например 100-200 бар абс. или 110-160 бар абс., средним давлением (MP) считается 20-60 бар абс., низким давлением (LP) считается 4-10 бар абс. Эти диапазоны давления относятся к технологическим растворам и необязательно являются такими же для текучих сред теплоносителя, таких как пар. Сокращение "бар абс." означает бар абсолют-

ного давления.

Процесс настоящего изобретения, включающий концентрирование первого раствора карбамида в первом вакуумном испарителе в секции испарения с получением плава карбамида и первого пара и конденсирование указанного первого пара в первой секции конденсации, можно идентифицировать как процесс концентрирования раствора карбамида, процесс получения плава карбамида или, в более широком смысле, как процесс производства карбамида. Все предпочтения относительно секции испарения и конденсатора(ов) в равной степени применимы к этим типам процессов. Предпочтения в отношении секции синтеза и регенерации относятся к процессу производства карбамида.

Используемый в настоящем документе термин "технологическое пространство" относится к пространству теплообменника, принимающему технологический поток, такой как раствор карбамида, пар, полученный из раствора карбамида, или конденсат такого пара.

Первый испаритель предпочтительно работает под давлением, например, менее 20 кПа, менее 15 кПа или менее 10 кПа и, например, под давлением по меньшей мере 1,0 кПа. В существующих установках по производству карбамида, реализованных не в соответствии с настоящим изобретением, обычно используют бустерные эжекторы для подачи пара из испарителя, работающего с указанными уровнями давления, к конденсатору, использующему охлаждающую воду. Например, первый испаритель (который соединен с охлаждаемым конденсатором) работает при температуре в выходном канале для жидкости по меньшей мере 130°C, например по меньшей мере 132°C, или по меньшей мере 135°C, или по меньшей мере 138°C, например до 142°C или до 140°C. Эти температуры используют для получения высококонцентрированных плавов карбамида, имеющих, например, менее 5 мас.% или менее 1,0 мас.% влаги.

Первый испаритель предпочтительно работает под давлением ниже давления конденсации, которое можно обеспечить при температуре охлаждающей воды, доступной в установке по производству карбамида.

Конденсатор, соединенный с выходным каналом для пара первого испарителя, представляет собой охлаждаемый конденсатор, и в нем предпочтительно используют охлаждающую среду (охлаждающую текучую среду), отличную от воды. Первая секция конденсации также может быть описана как первый конденсатор. Как правило, конденсатор представляет собой теплообменник, имеющий первое пространство и второе пространство, разделенные, по меньшей мере, теплообменной стенкой. В процессе настоящего изобретения пар, подлежащий конденсированию, обеспечивается в первом пространстве, а охлажденная охлаждающая среда - во втором пространстве. Первое пространство и второе пространство, помимо того, что они разделены указанной стенкой, могут быть разделены дополнительным отделением для теплопередающей текучей среды, такой как вода.

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

Охлажденная охлаждающая среда, как правило, подается из охладителя на входной канал конденсатора в указанное второе пространство. Охлаждающая среда охлаждается в охладителе, например, по меньшей мере на 5°C или по меньшей мере на 10°C и/или до температуры менее 25°C. Охлажденная охлаждающая среда на входном канале первой секции конденсации, как правило, имеет более низкую температуру, чем охлаждающая вода, которая используется на другом участке установки по производству карбамида и процесса производства карбамида, например, по меньшей мере на 5°C ниже или по меньшей мере на 10°C ниже. Например, охлаждающую воду используют во втором конденсаторе, соединенном со вторым испарителем, расположенным выше по потоку относительно первого испарителя. Охлажденная охлаждающая среда на входном канале первой секции конденсации, как правило, имеет более низкую температуру, чем температура окружающей среды, например, по меньшей мере на 5°C ниже или по меньшей мере на 10°C ниже.

В некоторых вариантах осуществления температура охлаждающей среды, например, превышает 0°C, чтобы не допустить замерзания воды в технологическом пространстве конденсатора, а предпочтительно температура охлаждающей среды составляет по меньшей мере 5°C, например от 5 до 10°C, например примерно 5°C, причем охлаждающая среда представляет собой, например, воду или соединение, отличное от воды.

Охлаждаемая первая секция конденсации или охлаждаемый первый конденсатор могут быть описаны в терминах охлаждающей среды, отличной от воды, температуры и/или применения охладителя.

Например, охладитель представляет собой парокompрессионную холодильную систему, содержащую компрессор, конденсатор, терморегулирующий клапан и испаритель, соединенный с контуром для охлаждающей среды. В предпочтительном варианте осуществления охлаждение охлаждающей среды в охладителе включает подвергание охлаждающей среды, полученной в паровой фазе из пространства охлаждающей текучей среды первой секции конденсации, сжатию до более высокого давления, конденсированию с отводом тепла при указанном более высоком давлении и расширению до более низкого давления с получением охлажденной жидкой охлаждающей среды.

Принцип действия дополнительных возможных типов охладителей основан, например, на абсорбции и регенерации.

В некоторых вариантах осуществления охлажденная жидкая охлаждающая среда приводится в непосредственный контакт с теплообменной стенкой со стороны второго пространства, причем со стороны первого пространства стенка находится в непосредственном контакте с паром, подлежащим конденсации.

В дополнительном варианте осуществления теплопередающая текучая среда используется в первой секции конденсации для передачи тепла от охлажденной охлаждающей среды в пространстве охлаждающей текучей среды к пару, подлежащему конденсации, в технологическом пространстве. В некоторых вариантах осуществления первая секция конденсации или первая секция конденсации может содержать множество теплообменников. В этом варианте осуществления охлаждающая среда представляет собой, например,  $\text{NH}_3$ , а охладитель, например, содержится в установке по производству аммиака, используемой для получения  $\text{NH}_3$  для применения в качестве сырья при синтезе карбамида. Таким образом можно очень элегантно использовать существующий охладитель аммиака в установке по производству аммиака в качестве охладителя для первой секции конденсации.

Охлажденная охлаждающая среда предпочтительно представляет собой вещество или композицию, отличную от воды. Предпочтительно охлаждающая среда представляет собой одно вещество (например, чистотой более 99 мас.%), отличное от воды. Предпочтительно охлаждающая среда содержит менее 1,0 мас.% воды. Предпочтительно охлаждающая среда содержит по меньшей мере 95 мас.% одного или более соединений, имеющих более низкую температуру кипения (в диапазоне давлений 1-10 бар), чем вода. Применение таких соединений является преимущественным с точки зрения эксплуатации охладителя.

Предпочтительно охлаждающая среда содержит  $\text{NH}_3$  или галогенированный углеводород.

В настоящем изобретении паропровод из первого испарителя к первой секции конденсации, как правило, не включает в себя бустерного эжектора.

Первый испаритель предпочтительно работает по существу при таком же давлении (например, отличающемся менее чем на 10 кПа или отличающемся менее чем на 2,0 кПа) или при таком же давлении, что и первая секция конденсации, с которой он соединен (в технологических пространствах).

Предпочтительно не добавлять воду или пар в первый пар между первым испарителем и первой секцией конденсации. Предпочтительно, чтобы содержание воды (мас.%) в первом паре на входном канале первой секции конденсации было не выше или по существу таким же (отличающимся менее чем на 10% или отличающимся менее чем на 1%), либо таким же, как содержание воды в паре на выходном канале первого вакуумного испарителя.

В предпочтительном варианте осуществления секция испарения представляет собой многоступенчатую секцию испарения, содержащую расположенный выше по потоку второй испаритель, а также первый испаритель, соединенный с охлаждаемой первой секцией конденсации. Второй испаритель имеет выходной канал для раствора карбамида, соединенный с входным каналом для раствора карбамида первого испарителя. Например, такую секцию испарения можно использовать для получения плава карбамида с содержанием влаги менее 1,0 мас.% или менее 0,50 мас.%, например, подходящего для приллирования и таблетирования. В этом варианте осуществления первый испаритель работает на стороне технологического пространства при более низком давлении, чем расположенный выше по потоку второй испаритель, предпочтительно по меньшей мере на 5 кПа ниже.

Предпочтительно секция испарения дополнительно содержит второй вакуумный испаритель, расположенный выше по потоку относительно первого вакуумного испарителя таким образом, что раствор карбамида подают из второго вакуумного испарителя в указанный первый вакуумный испаритель.

Абсолютное давление в расположенном выше по потоку втором испарителе (в технологическом пространстве), например, по меньшей мере в 1,5 раза выше давления (в технологическом пространстве) в первом испарителе (например, второй испаритель работает под давлением 15 кПа, а первый испаритель работает под давлением 10 кПа), или по меньшей мере в 2 раза выше, или по меньшей мере в 3 раза выше. Например, расположенный выше по потоку второй испаритель работает при температурах в технологическом пространстве от 120 до 130°C. Например, расположенный ниже по потоку первый испаритель (который соединен с охлаждаемой секцией конденсации или охлаждаемым конденсатором) работает при температуре по меньшей мере на 5°C выше, чем расположенный выше по потоку второй испаритель, например, при температуре по меньшей мере 135°C или по меньшей мере 138°C, например до 142°C или до 140°C.

Например, расположенный выше по потоку второй испаритель работает при абсолютном давлении по меньшей мере 10 кПа и, как правило, менее 90 кПа, например от 10 до 50 кПа или от 15 до 30 кПа (в технологическом пространстве). Например, расположенный выше по потоку второй испаритель работает по существу при таком же давлении (например, отличающемся менее чем на 10 кПа или отличающемся менее чем на 2 кПа) или при таком же давлении, что и второй конденсатор, с которым он соединен (в технологических пространствах).

Например, расположенный ниже по потоку первый испаритель работает при абсолютном давлении менее 20 кПа, менее 15 кПа или менее 10 кПа и, например, при давлении по меньшей мере 1,0 кПа (в технологических пространствах).

Как правило, испарители представляют собой теплообменники, имеющие технологическое пространство для приема раствора карбамида, и газожидкостный сепаратор. Например, теплообменник содержит пространство нагревающей текучей среды (пространство для энергоносителей), принимающее нагревающую текучую среду, такую как пар. Однако в некоторых вариантах осуществления теплообменники, например расположенный выше по потоку второй теплообменник, принимают технологический пар в пространство для энергоносителей, причем технологический пар включает в себя  $\text{CO}_2$  и  $\text{NH}_3$ , которые конденсируются с выделением тепла. Такой испаритель может быть обеспечен конденсатором-испарителем.

Как правило, конденсаторы представляют собой теплообменники, имеющие технологическое пространство для приема подлежащего конденсации пара, а также пространство охлаждающей текучей среды для приема охлаждающей текучей среды, такой как вода или охлажденная охлаждающая среда. В одном примере осуществления конденсаторы представляют собой кожухотрубные теплообменники с охлаждающей текучей средой в трубах и паром, подлежащим конденсации, в кожухе.

В дополнительных вариантах осуществления секция испарения дополнительно содержит третий испаритель, например расположенный ниже по потоку (раствора карбамида) относительно первого испарителя, например в верхней части башни приллирования. В дополнительных вариантах осуществления секция испарения содержит первый испаритель (с охлаждаемым конденсатором/охлаждаемой секцией конденсации) и расположенный ниже от него по потоку (раствора карбамида) дополнительный испаритель. Например, в дополнительных вариантах осуществления секция испарения содержит необязательный дополнительный испаритель между вторым и первым испарителями. Например, в некоторых вариантах осуществления секция испарения содержит необязательный дополнительный испаритель, расположенный выше по потоку относительно второго испарителя.

В одном предпочтительном варианте осуществления многоступенчатой секции испарения расположенный ниже по потоку первый испаритель работает при абсолютном давлении менее 10 кПа, а расположенный выше по потоку второй испаритель работает при абсолютном давлении от 10 до 30 кПа, причем к нижнему по потоку первому испарителю предпочтительно выдается плав карбамида с содержанием воды менее 1,0 мас. %, такой как плав карбамида, подходящий для приллирования.

В одном варианте осуществления с многоступенчатой секцией испарения, как описано выше, расположенный выше по потоку второй испаритель выдает концентрированный раствор карбамида, который подают в качестве первого раствора карбамида, к нижнему по потоку первому испарителю, а также второй пар. Второй пар обычно конденсируют во втором конденсаторе, который, например, представляет собой теплообменник, использующий охлаждающую воду. Охлаждающая вода обычно имеет температуру выше  $10^\circ\text{C}$  или выше  $15^\circ\text{C}$ , например выше  $25^\circ\text{C}$  или выше  $30^\circ\text{C}$ . В некоторых вариантах осуществления охлаждающая вода, принимаемая вторым конденсатором, имеет температуру выше температуры окружающей среды. Как правило, охлаждающая вода, в частности вода, принятая вторым конденсатором, имеет температуру выше  $T_1$ , причем  $T_1 = T_a - 5^\circ\text{C}$ , где  $T_a$  представляет собой температуру окружающей среды.

Предпочтительный расположенный выше по потоку второй вакуумный испаритель имеет выходной канал для пара, соединенный со вторым конденсатором, в котором предпочтительно используется вторая охлаждающая текучая среда. Предпочтительно первая секция конденсации работает при более низкой температуре в выходном канале для конденсата, чем указанный второй конденсатор, например, по меньшей мере на  $5^\circ\text{C}$  ниже или по меньшей мере на  $10^\circ\text{C}$  ниже. Предпочтительно конденсат, полученный из первой секции конденсации, имеет более низкую температуру, чем конденсат, полученный из второго конденсатора, в соответствующих выходных каналах конденсаторов, например, по меньшей мере на  $5^\circ\text{C}$  ниже или по меньшей мере на  $10^\circ\text{C}$  ниже. Предпочтительно охлаждающая среда первой охлаждаемой секции конденсации имеет более низкую температуру, чем вторая охлаждающая текучая среда второго конденсатора, например, по меньшей мере на  $5^\circ\text{C}$  ниже или по меньшей мере на  $10^\circ\text{C}$  ниже на соответствующих входных каналах конденсаторов.

В предпочтительном варианте осуществления расположенный ниже по потоку первый испаритель работает при абсолютном давлении менее 10 кПа, а расположенный выше по потоку второй испаритель работает при абсолютном давлении от 10 до 30 кПа (оба значения давления указаны для технологического пространства). Это обеспечивает энергетически эффективную конфигурацию для получения плава карбамида с содержанием воды менее 1,0 мас.%, например, начиная с раствора карбамида, имеющего содержание воды от 10 до 40 мас. %.

Этот плав предпочтительно дополнительно обрабатывают в башне приллирования. Предпочтительно процесс дополнительно включает очистку отходящего газа из башни приллирования в скруббере и подачу первого конденсата в скруббер. Предпочтительно процесс дополнительно включает подачу второго конденсата из расположенного выше по потоку второго конденсатора в WWT. Предпочтительно очистка включает кислотную очистку с использованием неорганической или минеральной кислоты с получением отработавшей очищающей жидкости, содержащей неорганическую соль аммония, такую как сульфат аммония или нитрат аммония. Предпочтительно эту отработавшую очищающую жидкость до-

бавляют к первому раствору карбамида в точке, расположенной ниже по потоку относительно расположенного выше по потоку второго испарителя, например, в питающий трубопровод от второго испарителя к первому или в первый испаритель. Таким образом удается очень элегантно предотвратить загрязнение WWT неорганическими солями аммония, при этом за счет применения охлаждаемой секции конденсации вместо бустерного эжектора технологический конденсат можно подавать из расположенного ниже по потоку первого испарителя к скрубберу, не перегружая скруббер водой.

Охлаждающая вода, используемая во втором конденсаторе, представляет собой обычную охлаждающую воду, применяемую в установках по производству карбамида, охлажденную на атмосферном воздухе. Другими словами, (минимальная) температура доступной охлаждающей воды для установки или процесса для производства карбамида определяет минимальное давление в расположенном выше по потоку втором конденсаторе и во втором испарителе (в технологическом пространстве). Максимальное содержание воды, принятое доводочной секцией, определяет максимальное давление в расположенном ниже по потоку первом испарителе.

В предпочтительном варианте осуществления процесс дополнительно включает затвердевание плава в доводочной секции с получением твердого карбамида и отходящего газа. Отходящий газ содержит, например, воздух, пыль карбамида и  $\text{NH}_3$ . Процесс предпочтительно включает очистку отходящего газа из доводочной секции, например башни приллирования, в скруббере с использованием кислотной очистки для удаления  $\text{NH}_3$  из отходящего газа с получением очищенного отходящего газа и отработавшей очищающей жидкости, содержащей соли аммония. В процессе используют многоступенчатую секцию испарения, как описано, с первым испарителем и расположенным выше по потоку вторым испарителем. Кроме того, процесс включает добавление отработавшей очищающей жидкости, содержащей соли аммония, в первый испаритель или в питающий трубопровод первого испарителя в точке, расположенной ниже по потоку относительно второго испарителя и выше по потоку относительно первого испарителя или в первом испарителе. Кроме того, процесс включает подачу первого конденсата из первой секции конденсации в скруббер и подачу второго конденсата из второго конденсатора в секцию очистки сточной воды. Это элегантно обеспечивает утилизацию отработавшей очищающей жидкости с использованием относительно простого оборудования и энергетически эффективным способом. Предпочтительно расположенный ниже по потоку первый испаритель работает при абсолютном давлении менее 10 кПа. Предпочтительно расположенный выше по потоку второй испаритель работает при абсолютном давлении от 10 до 30 кПа, и/или предпочтительно получать из расположенного ниже по потоку первого испарителя плавы карбамида с содержанием воды предпочтительно менее 1,0 мас.%. Например, твердый карбамидный продукт содержит до 5,0 мас.% соли аммония, например от 0,10 до 3,0 мас.%, и предпочтительно содержит по меньшей мере 46 мас.% N.

В одном предпочтительном варианте осуществления секция испарения представляет собой многоступенчатую секцию испарения, как описано, с первым испарителем и расположенным выше по потоку вторым испарителем. Кроме того, процесс предпочтительно включает добавление потока добавки в расположенный ниже по потоку первый испаритель или в питающий трубопровод первого испарителя в точке, расположенной ниже по потоку относительно второго испарителя и выше по потоку относительно первого испарителя или в первом испарителе. Поток добавки содержит воду и соединение добавки. Соединение добавки представляет собой, например, микроэлементы или соединение, содержащее S или P, например сульфат аммония. Кроме того, процесс включает подачу первого конденсата из первой секции конденсации в блок, отличный от секции очистки сточной воды, и подачу второго конденсата из второго конденсатора в секцию очистки сточной воды. В предпочтительном варианте осуществления процесс дополнительно включает затвердевание плава в доводочной секции с получением твердого карбамида и отходящего газа. Отходящий газ содержит, например, воздух, пыль карбамида и  $\text{NH}_3$ . Процесс предпочтительно включает очистку отходящего газа из доводочной секции, например башни приллирования, в скруббере с использованием очищающей жидкости с получением очищенного отходящего газа и отработавшей очищающей жидкости. Предпочтительно первый конденсат из первой секции конденсации направляют в скруббер. Таким образом можно элегантно получать твердый карбамидный продукт с желаемой добавкой, например, в количестве по меньшей мере 0,10 мас.%, или по меньшей мере 1,0 мас.%, или по меньшей мере 5 мас.%, или по меньшей мере 10 мас.% добавки в расчете на общую массу твердого карбамидного продукта. Например, твердый карбамидный продукт представляет собой удобрение. Предпочтительно расположенный ниже по потоку первый испаритель работает при абсолютном давлении менее 10 кПа. Предпочтительно расположенный выше по потоку второй испаритель работает при абсолютном давлении от 10 до 30 кПа, и/или предпочтительно получать плавы карбамида с содержанием воды предпочтительно менее 1,0 мас.%.

Применение охлажденной охлаждающей среды также является преимущественным, если доступная охлаждающая вода является слишком горячей или подвержена риску стать слишком горячей, например, в случае установок по производству карбамида, работающей в жарких климатических условиях, например в странах Персидского залива. Соответственно изобретение также относится к варианту осуществления, в котором секция испарения представляет собой одноступенчатую секцию испарения и/или в котором первый испаритель принимает раствор карбамида с содержанием воды более 10 мас.% или более

20 мас.%, обычно менее 40 мас.%, и при этом плав карбамида в выходном канале первого испарителя содержит, например, более 2 мас.% воды или более 5 мас.% воды, обычно менее 10 мас.% воды и предпочтительно максимум 5,0 мас.% воды. В одном варианте осуществления плав из выходного канала первого испарителя используют в доводочной секции без дополнительного концентрирования или удаления воды. В таком варианте осуществления доводочная секция представляет собой, например, гранулятор. За счет использования установки по производству карбамида с охладителем для охлаждающей среды первой секции конденсации секция испарения может продолжать работать, даже если конденсатор, использующий при этом охлаждающую воду, не способен обеспечить достаточно низкое давление для работы первого испарителя.

Процесс производства карбамида предпочтительно включает стадию обеспечения водного раствора карбамида. В одном варианте осуществления процесс включает проведение реакции  $\text{NH}_3$  с  $\text{CO}_2$  в условиях образования карбамида в секции синтеза карбамида высокого давления с получением раствора синтеза карбамида, содержащего карбамид, воду и карбамат аммония, и удаление аммиака и карбамата аммония из указанного раствора синтеза карбамида с получением указанного раствора карбамида. Удаление предпочтительно включает подвергание раствора синтеза карбамида одной или более стадиям разложения в одном или более устройствах для осуществления разложения для разложения карбамата аммония на  $\text{NH}_3$  и  $\text{CO}_2$  с получением водного раствора карбамида. Например, стадии разложения проводят при высоком давлении (например, когда в установке по производству карбамида используется стриппинг-процесс), среднем давлении и/или низком давлении. Стадии разложения включают нагревание и необязательно применение отпарного газа. Разложение с использованием стриппинга включает приведение в контакт движущихся противотоком раствора карбамида и потока отпарного газа. Высвобожденные  $\text{NH}_3$  и  $\text{CO}_2$  конденсируют, как правило, в конденсаторе, работающем при таком же давлении, что и устройство для осуществления разложения, с получением карбамата аммония, который рециркулируют в процесс синтеза карбамида. Разложение при среднем и низком давлении осуществляют в так называемой секции регенерации установки по производству карбамида. Секция регенерации включает в себя, например, устройство для осуществления разложения низкого давления низкого давления или устройство для осуществления разложения среднего давления с расположенным ниже него по потоку (раствора карбамида) устройством для осуществления разложения низкого давления. Каждое устройство для осуществления разложения имеет, например, выходной канал для газа, соединенный с конденсатором карбамата. Секция испарения расположена ниже по потоку относительно секции регенерации, при этом между секцией регенерации и секцией испарения располагается, например, испарительный резервуар и/или бак для хранения. Водный раствор карбамида, принятый секцией испарения, обычно содержит от 60 до 90 мас.% карбамида, например от 65 до 85 мас.% карбамида. Водный раствор карбамида, как правило, содержит по меньшей мере 5 мас.% воды, предпочтительно по меньшей мере 10 мас.% воды. Раствор может содержать дополнительные вещества, такие как аммиак.

Раствор, принятый секцией испарения, находится, например, при атмосферном давлении.

Процесс производства карбамида (например, конфигурация секции синтеза и секции регенерации) не имеет конкретных ограничений, например, можно использовать процесс со стриппером высокого давления, причем в стриппере высокого давления используют, например,  $\text{CO}_2$  или  $\text{NH}_3$  в качестве отпарного газа, либо самоочистку. Кроме того, можно использовать общую конфигурацию рециркуляции или частичную конфигурацию рециркуляции без стриппера высокого давления или даже прямоточную конфигурацию. Такие конфигурации хорошо известны в данной области техники и описаны, например, в публикации Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, глава Urea (2010). В конкретном варианте осуществления водный раствор карбамида получают посредством процесса производства карбамида со стриппинг-процессом с применением  $\text{CO}_2$ , в котором используют стриппер высокого давления с применением  $\text{CO}_2$  в качестве отпарного газа, причем, например, очищенный раствор карбамида подают непосредственно в секцию регенерации LP.

В предпочтительном варианте осуществления первый испаритель или, при использовании, расположенный выше по потоку второй испаритель принимает водный раствор карбамида (содержащий, например, от 10 до 40 мас.% воды), обычно напрямую или опосредованно, из секции регенерации установки по производству карбамида. Например, раствор карбамида подают из секции регенерации низкого давления, например, через испарительный резервуар (работающий под давлением ниже атмосферного или под атмосферным давлением) и/или бак для хранения.

Плав карбамида, полученный на стадии концентрирования, например, подают на стадию доводки, где он затвердевает в твердый карбамидный продукт. Процесс производства карбамида настоящего изобретения необязательно дополнительно включает стадию доводки. Стадия доводки представляет собой, например, гранулирование в грануляторе, приллирование в башне приллирования или таблетирование. Гранулятор представляет собой, например, гранулятор с псевдооживленным слоем или гранулятор с фонтанирующим слоем. Приллирование включает создание капель плава карбамида с использованием устройства, расположенного в верхней части башни приллирования, капли карбамида затвердевают во время их падения. Устройство представляет собой, например, стакан для приллирования. При гранулировании и приллировании используется охлаждающий воздух, и в дополнение к твердым карбамидным про-

дуктам образуется поток отработанного воздуха. Отработанный воздух также образуется при таблетировании. Поток отработанного воздуха содержит пыль карбамида и  $\text{NH}_3$ . Например, поток отработанного воздуха подвергается очистке предпочтительно с использованием кислотосодержащей очищающей жидкости для удаления  $\text{NH}_3$ , и/или улавливанию пыли с использованием циркулирующего карбамидсодержащего раствора для удаления пыли карбамида. В результате очистки можно получить отработавшую очищающую жидкость, которая может содержать карбамид и соли аммония. Например, эту отработавшую очищающую жидкость направляют в выделенный испаритель, как описано в US 2015/0133690. Отработавшую очищающую жидкость, содержащую соли аммония, также можно утилизировать другими способами.

Для работы гранулятора, как правило, требуется, чтобы в плаве карбамида содержание влаги составляло не более 5 мас.%. Например, гранулятор работает с плавом карбамида, содержащим 1,0-5,0 мас.% или 1,0-3,0 мас.% воды. Такой плав карбамида необязательно получают в настоящем изобретении с помощью одноступенчатой секции испарения, в которой испаритель работает под давлением 20-50 кПа, или с помощью многоступенчатой секции испарения, например двухступенчатой секции испарения.

В конкретном варианте осуществления доводка включает приллирование. Для приллирования обычно требуется, чтобы плав карбамида имел содержание воды менее 1,0 мас.% или менее 0,50 мас.%.

В дополнительном варианте осуществления доводка включает таблетирование. Таблетирование включает осаждение капель плава карбамида на охлаждающую ленту таким образом, чтобы капли охлаждались на ленте. Лента представляет собой, например, охлаждаемую движущуюся ленту. Пример способа описан в US 2009/0084149. Например, таблетирование осуществляют с использованием устройства Rootform®, которое можно приобрести в компании Sandvik Process Systems. Для таблетирования обычно требуется, чтобы плав карбамида имел содержание воды менее 1,0 мас.% или менее 0,30 мас.%. Такой плав карбамида представляет собой плав, например, полученный в настоящем изобретении с использованием описанной многоступенчатой секции испарения.

Настоящее изобретение также относится к установке по производству карбамида для осуществления процесса настоящего изобретения. Установка по производству карбамида содержит секцию испарения в соответствии с описанием и предпочтительно также содержит секцию синтеза и секцию регенерации в соответствии с описанием. Кроме того, установка предпочтительно содержит доводочную секцию в соответствии с описанием. Секция испарения содержит первый испаритель, имеющий входной канал для первого раствора карбамида, выходной канал для плава карбамида и выходной канал для первого пара, который соединен с входным каналом первой секции конденсации, причем первая секция конденсации предпочтительно представляет собой теплообменник, имеющий подлежащий конденсации пар в первом пространстве и охлаждающую текучую среду во втором пространстве, конденсатор, имеющий входной канал для охлаждающей текучей среды, соединенный с выходным каналом охладителя. Испарители секции испарения содержат теплообменник (например, кожухотрубный теплообменник) и газожидкостный сепаратор.

На фиг. 2 схематично представлен пример процесса и установки по производству карбамида в соответствии с настоящим изобретением. По сравнению с фиг. 1 первая секция (C1) конденсации использует охлажденную охлаждающую среду (CM), которую подают с помощью охладителя (CH). Кроме того, наиболее предпочтительным признаком настоящего изобретения является исключение бустерного эжектора (BEj) и подача первого пара (V1) напрямую из первого испарителя (EV1) в первую секцию (C1) конденсации. Например, первый конденсат (PC1) из первой секции (C1) конденсации подают в секцию очистки сточной воды (WWT). В вариантах осуществления, в которых первый конденсат (PC1) из первой секции (C1) конденсации подают в секцию очистки сточной воды (WWT), преимущество исключения бустерного эжектора (BEj) в подающем трубопроводе первого пара (V1) заключается в уменьшении нагрузки по воде на секцию очистки сточной воды (WWT).

На фиг. 3 показан альтернативный пример осуществления. В этом примере секция испарения представляет собой многоступенчатую секцию испарения, дополнительно содержащую расположенный выше по потоку второй испаритель (EV2), соединенный со вторым конденсатором (C2). Расположенный выше по потоку второй испаритель имеет выходной канал для раствора (U1) карбамида, соединенный с входным каналом для раствора карбамида первого испарителя (EV1), и входной канал для расположенного выше по потоку второго раствора (U2) карбамида, причем второй раствор (U2) карбамида, например, подают из секции регенерации. Второй конденсатор (C2) имеет выходной канал для второго конденсата (PC2), соединенный с секцией очистки сточной воды (WWT). Например, в этом варианте осуществления жидкость (в частности, первый конденсат (PC1)) из первой секции (C1) конденсации подают в блок, отличный от секции очистки сточной воды (WWT), например в скруббер (Scr), который используют для очистки отходящего газа (G1) (отработанного воздуха) из доводочной секции (F), такой как, например, башня приллирования, в которую подают плав карбамида. Плав карбамида затвердевает в башне приллирования с образованием твердого карбамида (US).

В скруббере (Scr) обычно осуществляют очистку горячего и сухого отходящего газа (G1) с помощью очищающей жидкости, в том числе в данном варианте осуществления первого конденсата (PC1) из первой секции (C1) конденсации. Воду выпаривают по большей части в скруббере (Scr) и высвобождают

в атмосферу вместе с очищенным отходящим газом. Скруббер представляет собой, например, скруббер улавливания пыли, кислотный скруббер или объединенную систему, состоящую из скруббера улавливания пыли и кислотного скруббера. В кислотном скруббере для удаления  $\text{NH}_3$  из отходящего газа используют внешний источник кислоты (такой как серная кислота или азотная кислота). В скрубберах улавливания пыли внешний источник кислоты отсутствует. Отработавшая очищающая жидкость из скруббера улавливания пыли, как правило, не содержит солей аммония, таких как нитрат аммония и сульфат аммония. Преимущество использования охлажденной охлаждающей среды в этом варианте осуществления заключается в том, что можно исключить бустерный эжектор и что из первой секции конденсации отводится относительно меньшее количество жидкости настолько, что эту жидкость можно обрабатывать в скруббере. Применение бустерного эжектора с острым паром увеличивает количество жидкости, полученной из первой секции конденсации, таким образом, что оно может оказаться слишком большим для обработки в скруббере, поэтому жидкость приходится по меньшей мере частично направлять в секцию очистки сточной воды.

На фиг. 4 схематически показан пример процесса, который аналогичен процессу, представленному на фиг. 3. В доводочной секции используют плав карбамида с содержанием воды менее 5,0 мас.%, в частности менее 1,0 мас.%, а также, например, башню приллирования или устройство таблетирования, такое как Rootformer™. Скруббер (Scr) используют для кислотной очистки с подачей кислоты (Ac) для удаления  $\text{NH}_3$  из отходящего газа (G1). Отработавшую очищающую жидкость (SL) отводят из скруббера (Scr), и она содержит соль аммония, например сульфат аммония или нитрат аммония, а также, как правило, растворенный карбамид (например, от 10 до 60 мас.% карбамида). В наиболее предпочтительном варианте осуществления отработавшую очищающую жидкость (SL) подают в точку установки, расположенную ниже по потоку относительно второго испарителя и выше по потоку относительно первого испарителя, таким образом, что она принимается первым испарителем, а не вторым испарителем. Соли аммония, содержащиеся в отработавшей очищающей жидкости, вбираются в плав карбамида и в твердый карбамидный продукт, например, в количестве менее 1,0 мас.% соли аммония в расчете на общее количество твердого карбамидного продукта. В качестве справочного материала, в котором описана подача отработавшей очищающей жидкости, содержащей соль аммония, в секцию испарения установки по производству карбамида, используется публикация Potthoff, Nitrogen+Syngas 294, с. 39. Например, отработавшую очищающую жидкость (SL) добавляют к первому раствору карбамида, например, в трубопроводную линию от второго испарителя к первому испарителю или, например, к входному каналу расположенного ниже по потоку первого испарителя.

Жидкость из первой секции конденсации (которая может содержать неорганические соли аммония) предпочтительно направляют в скруббер и предпочтительно не в секцию WWT, поэтому секция WWT не загрязняется этими солями. Второй конденсат из второго конденсатора предпочтительно направляют в секцию WWT. Например, количество второго конденсата слишком велико для добавления в скруббер. Применение охлаждаемой первой секции конденсации преимущественно обеспечивает подачу в скруббер всей жидкости из первой секции конденсации без накопления в скруббере избыточного количества жидкости. При применении бустерного эжектора при подаче первого пара в первую секцию конденсации количество пара, добавляемого посредством бустерного эжектора и попадающего в жидкость из первой секции конденсации, было бы относительно большим для обработки в скруббере или, в альтернативном варианте осуществления, потребовало бы применения очень большого избыточного количества охлаждающего воздуха в доводочной секции. Водяной пар высвобождают вместе с очищенным отходящим газом скруббера.

На фиг. 5 схематически проиллюстрирован пример процесса в соответствии с настоящим изобретением, в котором в первый раствор карбамида и/или в первый испаритель добавляют раствор (AD) добавки. Например, этот раствор (AD) добавки добавляют в питающий трубопровод, идущий от расположенного выше по потоку второго испарителя к первому испарителю. Раствор добавки или жидкостный поток добавки содержит воду и по меньшей мере одно соединение добавки, отличное от карбамида. Соединение добавки не является летучим в первом испарителе и вбирается в плав карбамида и в твердый карбамидный продукт после доводки. Соединение добавки представляет собой, например, микроэлементы или соединение, например соль, содержащее S или P, например сульфат аммония или фосфат аммония. Раствор добавки может содержать множество соединений добавки. Например, добавление соединения добавки в виде водного раствора является предпочтительным по сравнению с добавлением твердого соединения добавки к плаву карбамида или к твердым карбамидным продуктам, например, для обеспечения однородного включения. Преимущество добавления соединения добавки к первому расположенному ниже по потоку испарителю, имеющему конденсатор с выходным каналом для жидкости, соединенным с входным каналом скруббера для очистки отходящего газа из доводочной секции, заключается в том, что конденсат, который может содержать следы добавки, не загрязняет WWT. Добавление раствора добавки ниже по потоку относительно второго испарителя обеспечивает условия, при которых большая часть воды из раствора карбамида, полученная из секции регенерации установки по производству карбамида, удаляется еще во втором расположенном выше по потоку испарителе, поэтому оставшееся меньшее количество воды можно обработать и удалить в скруббере.

В скруббере необязательно используют кислотосодержащую очищающую жидкость (в случае кислотного скруббера) или необязательно не используют кислотосодержащую очищающую жидкость (в случае только улавливания пыли). Многоступенчатая секция испарения предпочтительно имеет описанный выше тип, предпочтительно выдавая плав карбамида с содержанием воды менее 1,0 мас.%. В этом варианте осуществления использование охлаждаемой первой секции конденсации для первого испарителя является более предпочтительным, чем использование конденсатора, работающего с охлаждающей водой, поскольку так можно поддерживать низкое давление в первом испарителе предпочтительно без использования бустерного эжектора и не подавать из первой секции конденсации в скруббер чрезмерное количество жидкости.

На фиг. 6 схематически проиллюстрирован пример процесса в соответствии с настоящим изобретением, в котором секция испарения представляет собой одноступенчатую секцию испарения. Например, плав карбамида используют для гранулирования, и он содержит, например, 1-5 мас.% воды, например 3-5 мас.% воды. Первый испаритель (EV) соединен с первой секцией (C1) конденсации через дополнительный конденсатор (C3) таким образом, что первый пар (V1) частично конденсируется в первой секции (C1) конденсации, а частично в дополнительном конденсаторе (C3). Например, в дополнительном конденсаторе (C3) используется охлаждающая вода (cw). Первая секция (C1) конденсации и дополнительный конденсатор (C3) расположены последовательно по отношению к потоку пара и работают по существу под одинаковым давлением в технологическом пространстве. Первая секция (C1) конденсации расположена ниже по потоку (по отношению к потоку пара) относительно дополнительного конденсатора (C3).

На фиг. 7 схематически представлен пример осуществления первой секции конденсации и охладителя. Первая секция (C1) конденсации представляет собой теплообменник, в котором происходит испарение охлаждающей текучей среды (CM) в пространстве охлаждающей текучей среды таким образом, что пространство охлаждающей текучей среды (например, межтрубное пространство кожухотрубного теплообменника, когда подлежащий конденсированию пар находится в трубном пространстве) функционирует в качестве испарителя (EV<sub>cm</sub>). Охладитель содержит конденсатор (C<sub>cm</sub>) для конденсации охлаждающей среды, компрессор (Cp1) и терморегулирующий клапан (X1). Испаренная охлаждающая среда сжимается в компрессоре (Cp1) и конденсируется в конденсаторе (C<sub>cm</sub>), в котором, например, используется охлаждающая вода (cw). Сконденсированную охлаждающую среду расширяют до более низкого давления в терморегулирующем клапане (X1) и возвращают в пространство охлаждающей текучей среды первой секции конденсации. Технологическое пространство (PS) первой секции конденсации и пространство охлаждающей текучей среды находятся в теплообменном контакте, например, через стенку (w1).

На фиг. 8 схематически представлен пример осуществления первой секции конденсации или первой секции конденсации и охладителя. Первая секция (C1) конденсации содержит один или более теплообменников и содержит первое отделение (HX1), второе отделение (HX2) и третье отделение (HX3). Охладитель содержит конденсатор (C<sub>cm</sub>) для конденсации охлаждающей среды, компрессор (Cp1) и терморегулирующий клапан (X1).

Первое и второе отделения находятся в теплообменном контакте через первую стенку (w1). Второе и третье отделения находятся в теплообменном контакте через вторую стенку (w2). Второе отделение может обеспечивать пространственное разделение первого и третьего отделений, например если первое и третье отделения обеспечены в разных блоках, например в первом и втором теплообменниках соответственно. Второе отделение может содержать трубы, например, соединяющие указанные первый и второй теплообменники. Первое отделение имеет выходной канал для первого пара (V1) и выходной канал для первого конденсата (PC1). Третье отделение имеет входной канал для охлаждающей среды (CM), соединенный с терморегулирующим клапаном (X1), и выходной канал для охлаждающей среды, соединенный с компрессором (Cp1). Компрессор имеет выходной канал для охлаждающей среды, соединенный с конденсатором (C<sub>cm</sub>), в котором, например, используют охлаждающую воду (cw). Второе отделение в процессе эксплуатации содержит теплопередающую текучую среду, такую как охлаждающая вода. Таким образом, в первой секции (C1) конденсации используют охлаждающую среду (CM), которая предпочтительно представляет собой соединение, отличное от воды, даже если первая стенка не находится в контакте с охлаждающей средой. В некоторых вариантах осуществления первая секция (C1) конденсации содержит первый и второй кожухотрубные теплообменники, причем первый кожухотрубный теплообменник принимает первый пар (в первом отделении) и охлаждающую воду (во втором отделении), а второй кожухотрубный теплообменник принимает охлаждающую среду (в третьем отделении) и охлаждающую воду (во втором отделении). Первая секция (C1) конденсации необязательно содержит первый теплообменник и второй теплообменник, которые пространственно отделены друг от друга, причем первый теплообменник содержит первое отделение и первую часть второго отделения, и при этом второй теплообменник содержит вторую часть второго отделения и третье отделение.

Таким образом, настоящее изобретение относится к процессу производства карбамида, включающему концентрирование первого раствора карбамида в первом вакуумном испарителе в секции испарения с получением плава карбамида и первого пара и конденсирование указанного первого пара в первой секции конденсации, причем первая секция конденсации представляет собой охлаждаемую секцию конденсации.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Процесс производства карбамида, включающий концентрирование первого раствора (U1) карбамида в первом вакуумном испарителе (EV1) в секции (EV) испарения с получением плава (UM) карбамида и первого пара (V1) и конденсирование указанного первого пара (V1) в первой секции (C1) конденсации, причем первая секция (C1) конденсации представляет собой охлаждаемую секцию конденсации, использующую охлаждающую текучую среду (CM), отличную от воды, при этом первая секция (C1) конденсации представляет собой теплообменник, имеющий первое пространство и второе пространство, разделенные, по меньшей мере, теплообменной стенкой, причем охлажденную охлаждающую текучую среду подают из охладителя на входной канал в указанном втором пространстве конденсатора, при этом охлаждающую текучую среду охлаждают в охладителе по меньшей мере на 5°C и/или до температуры менее 25°C.

2. Процесс производства карбамида по п.1, в котором указанная секция (EV) испарения дополнительно содержит второй вакуумный испаритель (EV2), расположенный выше по потоку относительно указанного первого вакуумного испарителя (EV1) таким образом, что раствор карбамида подается из указанного второго вакуумного испарителя (EV2) в указанный первый вакуумный испаритель (EV1).

3. Процесс производства карбамида по п.1 или 2, в котором указанная первая секция (C1) конденсации работает при таком же давлении, что и указанный первый вакуумный испаритель (EV1).

4. Процесс производства карбамида по любому из пп.1-3, в котором содержание воды в первом паре на входном канале первой секции (C1) конденсации такое же, как содержание воды в паре на выходном канале первого вакуумного испарителя (EV1).

5. Процесс производства карбамида по любому из пп.1-4, дополнительно включающий обеспечение раствора карбамида посредством

А) проведения реакции  $\text{NH}_3$  с  $\text{CO}_2$  в условиях образования карбамида с получением раствора синтеза карбамида, содержащего карбамид, воду, аммиак и карбамат аммония;

В) удаления аммиака и карбамата аммония из указанного раствора синтеза карбамида с получением указанного раствора карбамида.

6. Процесс производства карбамида по любому из пп.1-5, в котором охлаждающая текучая среда содержит  $\text{NH}_3$  или галогенированный углеводород.

7. Процесс производства карбамида по п.2, в котором расположенный выше по потоку второй вакуумный испаритель (EV2) имеет выходной канал для пара, соединенный со вторым конденсатором (C2), при этом первая секция (C1) конденсации работает при более низкой температуре в выходном канале для конденсата, чем указанный второй конденсатор (C2).

8. Процесс производства карбамида по п.2, в котором указанный расположенный ниже по потоку первый испаритель работает при абсолютном давлении менее 10 кПа, при этом указанный расположенный выше по потоку второй испаритель работает при абсолютном давлении от 10 до 30 кПа с получением плава карбамида с содержанием воды менее 1,0 мас.%, причем процесс дополнительно включает затвердевание плава карбамида в доводочной секции с образованием твердого карбамида.

9. Процесс производства карбамида по п.8, в котором доводочная секция представляет собой башню приллирования.

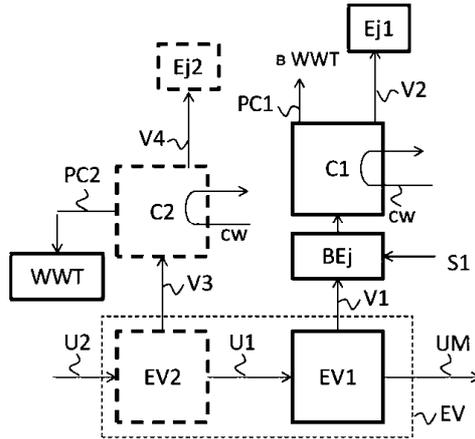
10. Процесс производства карбамида по п.8 или 9, дополнительно включающий очистку отходящего газа из башни приллирования в скруббере с использованием кислотной очистки и добавление отработанной очищающей жидкости, содержащей соли аммония, в первый испаритель или в питающий трубопровод первого испарителя в точке, расположенной ниже по потоку относительно второго испарителя и выше по потоку относительно первого испарителя или в первом испарителе, а также подачу первого конденсата из первой секции конденсации в скруббер и подачу второго конденсата из второго конденсатора в секцию очистки сточной воды.

11. Процесс производства карбамида по любому из пп.1-10, в котором первая секция (C1) конденсации содержит первое отделение (HX1), второе отделение (HX2) и третье отделение (HX3), причем первое и второе отделения находятся в теплообменном контакте через первую стенку (w1), а второе и третье отделения находятся в теплообменном контакте через вторую стенку (w2), при этом первое отделение имеет входной канал для первого пара (V1) и выходной канал для первого конденсата (PC1), третье отделение имеет входной канал для охлаждающей текучей среды (CM) и выходной канал для охлаждающей текучей среды, при этом второе отделение содержит охлаждающую воду.

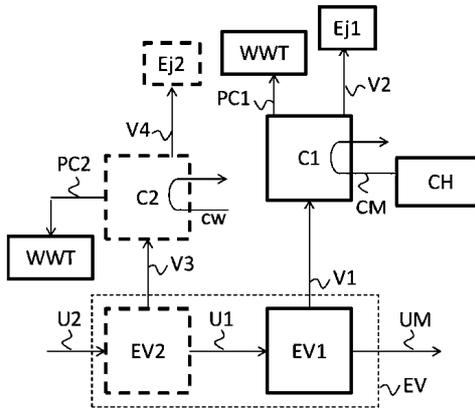
12. Процесс производства карбамида по п.11, в котором первая секция (C1) конденсации содержит первый теплообменник и второй теплообменник, которые пространственно отделены друг от друга, причем первый теплообменник содержит первое отделение и первую часть второго отделения, при этом второй теплообменник содержит вторую часть второго отделения и третье отделение.

13. Установка по производству карбамида для осуществления способа по любому из пп.1-12, содержащая секцию испарения, содержащую первый испаритель и первую секцию конденсации, причем первый испаритель имеет входной канал для раствора карбамида и выходной канал для плава карбамида, а также выходной канал для пара, соединенный с указанной первой секцией конденсации, при этом ука-

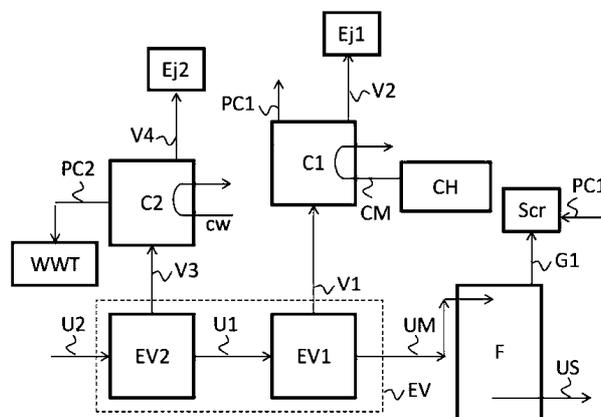
заявленная первая секция конденсации представляет собой охлаждаемую секцию конденсации, дополнительно содержащую охладитель, причем первая секция конденсации представляет собой теплообменник, имеющий первое пространство, выполненное с возможностью приема указанного пара, подлежащего конденсации, и второе пространство, имеющее входной канал для охлаждающей текучей среды, соединенный с выходным каналом указанного охладителя, и выходной канал для охлаждающей текучей среды, соединенный с входным каналом указанного охладителя, причем охладитель содержит компрессор, соединенный с указанным выходным каналом для охлаждающей текучей среды указанной первой секции конденсации, конденсатор, соединенный с выходным каналом указанного компрессора, терморегулирующий клапан, имеющий входной канал, соединенный с указанным конденсатором, и выходной канал, соединенный с указанным входным каналом для охлаждающей текучей среды указанной первой секции конденсации.



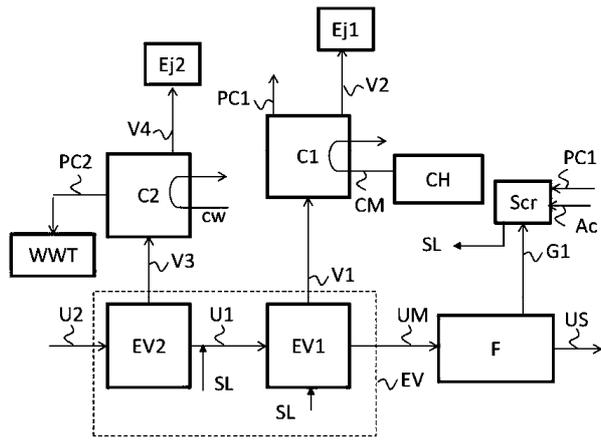
Фиг. 1



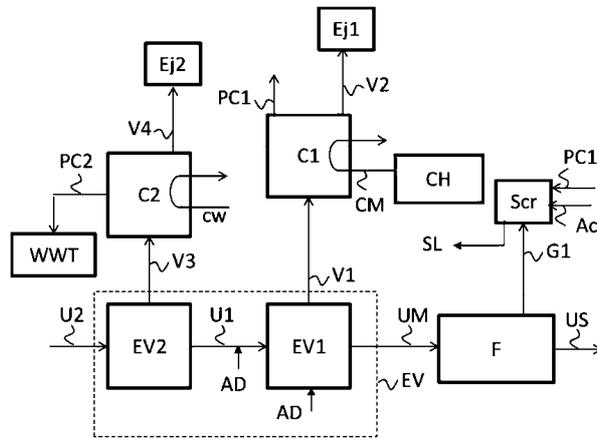
Фиг. 2



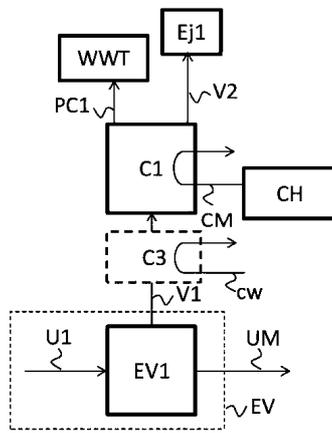
Фиг. 3



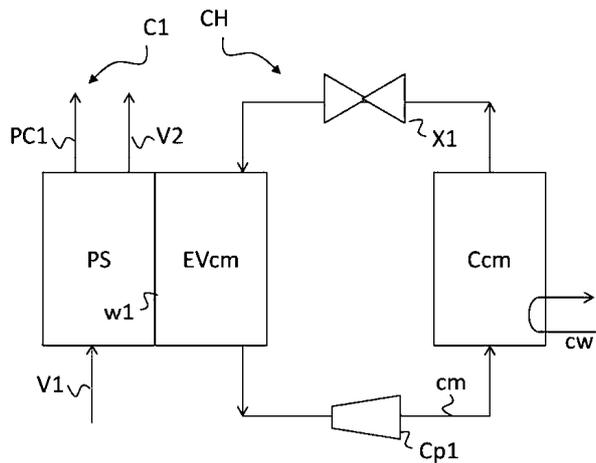
Фиг. 4



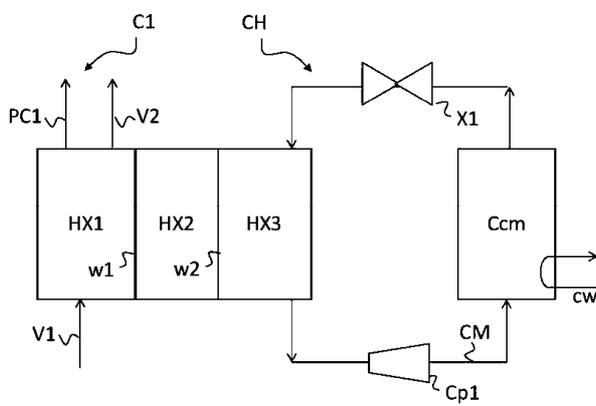
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8

