

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202291512 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2022.09.20

(22) Дата подачи заявки
2020.12.30

(51) Int. Cl. *B01D 1/00* (2006.01)
B01D 5/00 (2006.01)
B01D 53/58 (2006.01)
B01D 53/73 (2006.01)
C07C 273/04 (2006.01)
C07C 273/14 (2006.01)
C07C 273/16 (2006.01)
B01D 47/06 (2006.01)

(54) ПРОИЗВОДСТВО КАРБАМИДА С ПРИМЕНЕНИЕМ МНОЖЕСТВА ИСПАРИТЕЛЕЙ

(31) 19220084.8

(32) 2019.12.30

(33) EP

(86) PCT/NL2020/050826

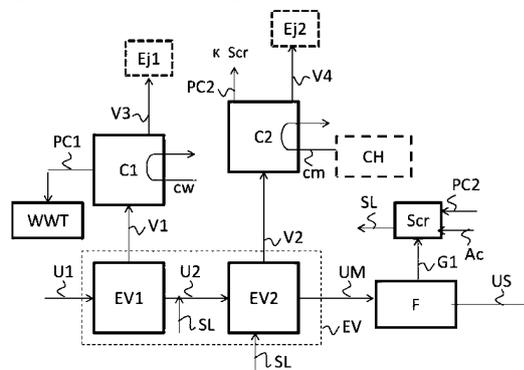
(87) WO 2021/137701 2021.07.08

(71) Заявитель:
СТАМИКАРБОН Б.В. (NL)

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

(74) Представитель:
Нилова М.И. (RU)

(57) Настоящее изобретение относится к процессу производства карбамида с использованием первого испарителя и расположенного ниже по потоку второго испарителя в секции испарения, доводочной секции и скруббера для обработки отходящего газа из доводочной секции. Конденсат из конденсатора второго испарителя подают в скруббер.



202291512
A1

202291512
A1

Название: ПРОИЗВОДСТВО КАРБАМИДА С ПРИМЕНЕНИЕМ МНОЖЕСТВА
ИСПАРИТЕЛЕЙ

Область техники

Настоящее изобретение относится к производству карбамида. В частности, настоящее изобретение относится к производству плава карбамида в сочетании с доводкой карбамида с
5 получением твердых карбамидных продуктов.

Введение

Настоящее изобретение относится к процессу производства карбамида и к установке по
производству карбамида, включающей в себя секцию синтеза, секцию регенерации, секцию
10 испарения и доводочную секцию. Секция синтеза в соответствии с процессом и установкой
согласно настоящему изобретению представляет собой секцию синтеза высокого давления для
обеспечения реагирования NH_3 и CO_2 в условиях образования карбамида с получением раствора
синтеза карбамида, содержащего карбамид, воду, аммиак и карбамат аммония. В реакции
образования карбамида на каждую молекулу карбамида образуется одна молекула воды. Для
15 получения твердого карбамида эту воду необходимо удалить. Секция регенерации имеет входной
канал для раствора синтеза карбамида и выходной канал для раствора карбамида. В секции
регенерации аммиак и карбамат аммония по меньшей мере частично удаляют из раствора
карбамида. Раствор карбамата возвращают из секции регенерации в секцию синтеза для
рециркуляции сырья NH_3 и CO_2 . Рециркуляционный раствор предпочтительно имеет низкое
20 относительное содержание воды, поскольку вода негативно влияет на выход карбамида.

Секция испарения имеет входной канал для раствора карбамида и выходной канал для
плава карбамида.

Доводочная секция имеет входной канал для плава карбамида и выходной канал для
твердого карбамидного продукта и отходящего газа. Доводочная секция выполнена с
25 возможностью обеспечения затвердевания карбамида. Твердый карбамидный продукт содержит
карбамид и необязательно другие твердые компоненты, такие как соли аммония. В настоящем
изобретении доводочная секция представляет собой, например, башню приллирования,
гранулятор или грануляционный блок. Гранулятор представляет собой, например, гранулятор с
псевдооживленным слоем или с фонтанирующим слоем. Башня приллирования, необязательно
30 используемая в настоящем изобретении, содержит, например, распылительные насадки для плава
карбамида, расположенные в верхней части башни приллирования. В ходе работы распыленные
капли карбамида затвердевают во время их падения. Башня приллирования является, например,
башней приллирования с принудительной тягой, форсированной тягой или естественной тягой.
Грануляционный блок, необязательно используемый в настоящем изобретении, представляет
35 собой, например, устройство Sandvik® Rotoform®. Необязательный грануляционный блок
содержит, например, устройство для осаждения капель плава карбамида, расположенное над
охладителем стальной ленты.

Отходящий газ из доводочной секции в соответствии с настоящим изобретением содержит воздух, пыль карбамида и NH_3 . Отходящий газ направляют в скруббер, где его обрабатывают с помощью очищающей жидкости с получением очищенного отходящего газа и использованной очищающей жидкости.

5 Секция испарения, используемая в настоящем изобретении, содержит первый испаритель и расположенный ниже по потоку (для раствора карбамида) второй испаритель. Второй испаритель предпочтительно работает при более низком давлении, чем первый испаритель, например предпочтительно по меньшей мере на 10 кПа ниже. Каждый из первого и второго испарителя представляют собой теплообменник, предпочтительно кожухотрубный теплообменник
10 с использованием, например, пара в качестве текучей среды теплоносителя. Предпочтительно раствор карбамида подают в трубы, а текучую среду теплоносителя — в кожух. Первый и второй испарители работают при абсолютном давлении менее 100 кПа (1,0 бар) или менее 50 кПа (0,5 бар) в технологическом пространстве.

В некоторых вариантах осуществления первый испаритель в соответствии с настоящим изобретением работает при абсолютном давлении от 10 до 80 кПа (0,1–0,8 бар) в технологическом пространстве (для раствора карбамида), например от 15 до 50 кПа. В некоторых вариантах осуществления второй расположенный ниже по потоку испаритель работает при абсолютном давлении от 1,0 до 20 кПа, например от 1,0 до 10 кПа (для раствора карбамида). Предпочтительно при указанных низких давлениях плав карбамида из второго испарителя содержит менее 2,0 мас. %
20 влаги, например менее 0,1 мас. % влаги. Такие плавы карбамида с низким содержанием влаги, например, используют в настоящем изобретении для предпочтительных вариантов осуществления, в которых доводочная секция представляет собой башню приллирования или гранулятор.

Предпочтительно абсолютное давление в первом испарителе по меньшей мере в 2 раза превышает абсолютное давление во втором испарителе в соответствии с настоящим изобретением.

25 Водяные пары, полученные в результате испарения, неизбежно будут содержать остаточные аммиак и диоксид углерода, а также, возможно, захваченный карбамид. Желательно, чтобы такие остаточные реагенты и захваченный карбамид не попали в отходы. Кроме того, желательно иметь возможность использования очищенной воды в качестве вспомогательного средства в паровом контуре установки по производству карбамида и/или в качестве очищающей
30 жидкости для скруббера доводочной секции установки по производству карбамида. Таким образом, конденсат пара, полученный в результате испарения, направляют (в качестве технологического конденсата) в секцию очистки сточной воды (также известную как секция очистки воды). При этом аммиак и диоксид углерода удаляют и рециркулируют для синтеза карбамида. Они включают в себя аммиак и диоксид углерода, полученные из захваченного
35 карбамида, который эффективно гидролизован в секции очистки сточной воды.

На **Фиг. 1** представлен базовый процесс производства карбамида, осуществляемый не в соответствии с настоящим изобретением. Секция испарения (EV) установки по производству карбамида содержит по меньшей мере первый испаритель (EV1), который имеет входной канал для первого раствора карбамида (U1), выходной канал для концентрированного раствора карбамида (U2) и выходной канал для первого пара (V1). Выходной канал для пара соединен с
40 первым конденсатором (C1), в котором используется охлаждающая вода (cw). Первый

конденсатор (C1) имеет выходной канал для конденсата (PC1), соединенный с секцией очистки сточной воды (WWT), и выходной канал для пара (V3), как правило, соединенный с эжектором (Ej1), для поддержания вакуума. Секция испарения дополнительно содержит расположенный ниже по потоку второй испаритель (EV2). Второй испаритель имеет выходной канал для сплава карбамида (UM), входной канал для концентрированного раствора карбамида (U2) и выходной канал для пара (V2), соединенный со вторым конденсатором (C2). Во втором конденсаторе (C2) используется охлаждающая вода. Вторым конденсатором имеет выходной канал для (четвертого) пара (V4), соединенный со вторым эжектором (Ej2), для поддержания вакуума (оба эжектора могут быть объединены друг с другом). Вторым конденсатором (C2) также имеет выходной канал для конденсата (PC2), соединенный с секцией очистки сточной воды (WWT).

Примеры установок по производству карбамида с такой секцией испарения, содержащей два последовательно расположенных испарителя, и примеры доводочных секций описаны в Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, chapter Urea (2010). В указанном документе представлен процесс самоочистки, причем первый и второй нагреватели для испарения имеют выходной канал для пара, соединенный с конденсатором. Конденсатор имеет выходной канал, соединенный с секцией очистки сточной воды.

Конденсат из секции испарения всегда содержит карбамид и аммиак. Например, технологический конденсат, полученный из секции испарения установки по производству карбамида, содержит от 3 мас.% до 8 мас.% аммиака и от 0,2 мас.% до 2 мас.% карбамида, а также, как правило, CO₂.

Как правило, конденсат из секции испарения обрабатывают в секции очистки сточной воды (WWT) (также известной как секция очистки технологического конденсата), например, с применением гидролизера и десорбера. Работа десорбера, например, основана на десорбции паром. В одном примере секции WWT гидролизер используют для гидролиза карбамида с использованием пара при температуре от 170 °C до 230 °C, а также используют десорбер, действие которого основано на десорбции паром, при давлении от 1 до 5 бар. Работа секции WWT является очень энергозатратной.

Согласно US2015/0133690 для очистки технологического конденсата установки по производству карбамида требуется дорогостоящий пар, т. е. эта очистка является энергоемкой, и желательно минимизировать количество пара, используемого в этой секции.

В Н. van der Zande, «Zero waste urea production», Fertilizer Focus Mar-Apr 2018 схематически изображена установка по производству карбамида с установкой по производству плава карбамида, имеющей выходной канал, соединенный с установкой для гранулирования, причем установка для гранулирования имеет выходной канал для газа, соединенный со скруббером, в котором используется кислый раствор. Установка по производству плава карбамида имеет выходной канал для сточной воды, соединенный с WWT. WWT содержит гидролизер и десорбер. В гидролизере используют противоточный контакт с паром, а в десорбере используют десорбцию паром. Пары из WWT конденсируются в конденсаторе карбамата, и полученный поток жидкости направляют на рециркуляцию.

Изложение сущности изобретения

Настоящее изобретение в первом аспекте относится к процессу производства карбамида, включающему: концентрирование раствора карбамида в первом испарителе секции испарения с
5 получением концентрированного раствора карбамида и первого пара; дополнительное концентрирование указанного концентрированного раствора карбамида из указанного первого испарителя во втором испарителе указанной секции испарения с получением плава карбамида и второго пара; затвердевание указанного плава карбамида в доводочной секции с получением
10 твердого карбамидного продукта и отходящего газа; очистку указанного отходящего газа в скруббере; конденсацию указанного первого пара в первом конденсаторе с получением первого конденсата; конденсацию указанного второго пара во втором конденсаторе с получением второго конденсата; подачу указанного первого конденсата в секцию очистки сточной воды (WWT); и подачу указанного второго конденсата в указанный скруббер. Первый и второй конденсат
15 транспортируют отдельно друг от друга. В частности, первый и второй конденсат не смешиваются. Первый конденсат и второй конденсат представляют собой, в частности, отдельные потоки жидкости и транспортируются через отдельные соединения для потока жидкости.

Настоящее изобретение также относится к установке по производству карбамида, содержащей секцию испарения, доводочную секцию, секцию очистки сточной воды и скруббер, причем секция испарения содержит первый испаритель и расположенный ниже него по потоку
20 второй испаритель, а также первый конденсатор и второй конденсатор, при этом указанный первый испаритель содержит входной канал для раствора карбамида, выходной канал для концентрированного раствора карбамида и выходной канал для первого пара; указанный второй испаритель содержит входной канал для указанного концентрированного раствора карбамида, выходной канал для плава карбамида и выходной канал для второго пара; указанная доводочная
25 секция содержит входной канал для указанного плава карбамида, выходной канал для твердого карбамидного продукта и выходной канал для отходящего газа и выполнена с возможностью обеспечения затвердевания указанного плава карбамида с получением указанного твердого карбамидного продукта; указанный скруббер содержит входной канал для указанного отходящего газа и выполнен с возможностью очистки указанного отходящего газа с помощью очищающей
30 жидкости; указанный первый конденсатор содержит входной канал для указанного первого пара и выходной канал для первого конденсата; указанный второй конденсатор содержит входной канал для указанного второго пара и выходной канал для второго конденсата; указанная секция очистки сточной воды содержит входной канал для указанного первого конденсата, а установка содержит
35 первое соединение для указанного первого конденсата из указанного первого конденсатора в указанную секцию очистки сточной воды и второе соединение для указанного второго конденсата из указанного выходного канала указанного второго конденсатора непосредственно во входной канал указанного скруббера; при этом, в частности, указанное первое соединение и указанное второе соединение отделены друг от друга. Первое и второе соединения, в частности, выполнены с
40 возможностью транспортирования первого конденсата и второго конденсата отдельно друг от друга.

Краткое описание графических материалов

На Фиг. 1 схематично показан базовый процесс.

5 На Фиг. 2 схематично представлен приведенный для примера процесс и установка в соответствии с настоящим изобретением.

На Фиг. 3 схематично представлен приведенный для примера процесс и установка в соответствии с настоящим изобретением.

На Фиг. 4 схематично представлен приведенный для примера процесс и установка в соответствии с настоящим изобретением.

10 Представленные фигуры являются исключительно иллюстративными и не ограничивают настоящее изобретение.

Подробное описание

15 В настоящем изобретении предложены процесс и установка по производству карбамида, которые являются энергоэффективными за счет переноса конденсата, полученного в конденсаторе расположенного ниже по потоку второго испарителя секции испарения, в скруббер, в котором осуществляется обработка отходящего газа из доводочной секции. Кроме того, конденсат, полученный в конденсаторе расположенного выше по потоку первого испарителя, подают в секцию очистки сточной воды. Таким образом, нагрузка на WWT уменьшается, что позволяет 20 достичь большей энергоэффективности. Повышенная энергоэффективность обеспечивает снижение потребления пара высокого давления и/или увеличение отвода пара низкого давления. Испарение во втором испарителе относительно меньшего количества воды обуславливает относительно меньший выход пара, так что полученный конденсат можно преимущественно обрабатывать в скруббере. Предпочтительно отходящий газ из доводочной секции является 25 относительно горячим и сухим, что способствует испарению достаточного количества воды и удалению водяного пара с очищенным отходящим газом из скруббера.

В контексте настоящего документа для технологических потоков (в частности, раствора карбамида) высоким давлением (HP) считается давление по меньшей мере 100 бар абс., например от 100 до 200 бар абс. или 110–160 бар абс., средним давлением (MP) считается давление 20– 30 60 бар абс., низким давлением (LP) считается давление 4–10 бар абс. Эти диапазоны давления относятся к технологическим растворам и необязательно являются такими же для текучих сред теплоносителя, таких как пар. Для пара высоким давлением (HP) является давление 18–40 бар абс., предпочтительно 20–25 бар абс., средним давлением (MP) является давление 8–12 бар абс., предпочтительно 9–10 бар абс., а низким давлением (LP) является давление 3–6 бар абс., 35 предпочтительно 4–5 бар абс. Сокращение «бар абс.» означает бар абсолютного давления.

Процесс согласно настоящему изобретению может быть описан как процесс производства карбамида или процесс производства плава карбамида или процесс концентрирования раствора карбамида. Процесс производства карбамида предпочтительно включает начальный этап синтеза карбамида в секции синтеза карбамида высокого давления с получением раствора синтеза 40 карбамида, например, как описано выше в настоящем документе. Секция синтеза содержит

реактор высокого давления, а также предпочтительно стриппер высокого давления и конденсатор карбамата высокого давления.

Процесс производства карбамида предпочтительно включает этап удаления аммиака и карбамата аммония из раствора синтеза карбамида в секции регенерации с получением раствора карбамида. Секция регенерации содержит, например, секцию регенерации низкого давления или секцию регенерации среднего давления с расположенной ниже по потоку секцией регенерации карбамида низкого давления. Секция (-и) регенерации содержит (-ат), например, устройство для разложения (такое как теплообменник) для нагрева раствора карбамида, имеющее первый выходной канал для газа и второй выходной канал для раствора карбамида, и конденсатор карбамата для конденсации указанного газа с образованием рециркуляционного раствора карбамата, как правило, при низком или среднем давлении.

Секция испарения содержит первый испаритель и второй испаритель, как описано выше. Раствор карбамида, поступающий в первый испаритель, содержит, например, от 10 мас.% до 40 мас.% воды и, например, примерно 70 мас.% карбамида. Предпочтительно, чтобы первый испаритель уменьшал содержание воды на по меньшей мере 10 мас.% (процентных пунктов), например от 40 мас.% до 30 мас.%. Предпочтительно концентрированный раствор карбамида из первого испарителя содержит от 5 мас.% до 20 мас.% воды. Предпочтительно концентрированный раствор карбамида, поступающий во второй испаритель, содержит от 5 мас.% до 20 мас.% воды и, например, примерно 90 мас.% карбамида (включая биурет). Предпочтительно количество водяного пара, образованного в первом испарителе, по меньшей мере в 2 раза превышает количество водяного пара, образованного во втором испарителе. Первый испаритель представляет собой, например, теплообменник с использованием пара в качестве текучей среды теплоносителя для косвенного теплообмена через стенку с раствором карбамида, причем пар представляет собой, например, пар MP или пар LP.

Первый испаритель также может, например, представлять собой теплообменник, содержащий первое и второе отделения, разделенные стенкой теплообмена (такой как кожухотрубный теплообменник), причем в первом отделении раствор карбамида нагревают, а во втором отделении CO_2 и NH_3 конденсируют с получением карбамата аммония. Реакция конденсации карбамата является экзотермической. Конденсацию проводят, например, при среднем давлении, например, 1,8–3,0 МПа (от 18 до 30 бар абс.). Первый теплообменник может, например, быть оснащен конденсатором-испарителем. Поток газа, содержащий CO_2 и NH_3 , подаваемый в конденсатор-испаритель, поступает, например, из сепаратора или диссоциатора. Сепаратор или диссоциатор работает при MP. В сепаратор или диссоциатор поступает, например, раствор синтеза карбамида из реактора HP или карбамидный раствор после стриппинга из стриппера HP, предпочтительно после расширения раствора карбамида до достижения MP. Диссоциатор представляет собой, например, теплообменник с использованием пара для стимуляции диссоциации карбамата в карбамидном растворе, содержащем карбамат. Сепаратор представляет собой газожидкостный сепаратор. В предшествующем уровне техники установка по производству карбамида с таким конденсатором-испарителем MP описана в WO 2013/165246.

На выходе второго испарителя получают плав карбамида, содержащий, например, от 0,10 мас.% до 5,0 мас.% воды, например, предпочтительно 0,1–0,5 мас.%, если доводочная секция

представляет собой башню приллирования, или от 1,0 мас.% до 5,0 мас.% воды, если доводочная секция представляет собой гранулятор. Второй испаритель представляет собой, например, теплообменник с использованием пара в качестве текучей среды теплоносителя для косвенного теплообмена через стенку с раствором карбамида, причем пар представляет собой, например, пар

5 МР или пар LP.

В выходном канале первого испарителя предпочтительно получают концентрированный раствор карбамида с по меньшей мере 90 мас.% карбамида (включая биурет), более предпочтительно от 92 мас.% до 96 мас.%. Первый испаритель работает, например, при температуре по меньшей мере 120 °С и/или до 145 °С, предпочтительно от 130 °С до 140 °С в

10 выходном канале. Первый испаритель работает, например, под давлением от 20 кПа до 35 кПа в технологическом пространстве, куда поступает раствор карбамида. Тепло для первого испарителя может быть обеспечено, например, с помощью пара в качестве текучей среды теплоносителя или с использованием тепла конденсации карбамата.

В одном варианте осуществления во втором испарителе используют пар МР, например, с

15 давлением 8–9 бар абс., обеспечивая плав карбамида с по меньшей мере 98,5 мас.% карбамида, включая биурет, и, например, менее 1,5 мас.% воды. В одном варианте осуществления во втором испарителе используют пар LP, например, с давлением 4–5 бар, обеспечивая плав карбамида с содержанием воды по меньшей мере 1,5 мас.% и, как правило, менее 5 мас.% воды. Второй испаритель работает, например, при 130–140 °С, в частности, при 140 °С, и/или при давлении

20 менее 15 кПа, например, 1–5 кПа или 5–15 кПа. Давление от 1 до 5 кПа может быть использовано для получения плава карбамида, например, при 140 °С, например, с по меньшей мере 99,5 мас.% карбамида, включая биурет, и/или, например, менее 0,5 мас.% влаги, подходящего для, например, приллирования и грануляции. Давление от 10 до 15 кПа может быть использовано для получения плава карбамида, например при 140 °С, с содержанием влаги, например, от 1,0 мас.% до 3 мас.%,

25 который подходит, например, для гранулирования псевдооживленного слоя. В некоторых вариантах осуществления второй испаритель может работать при давлении 15–30 кПа, например, 20–30 кПа, например, при 135–140 °С, с получением плава карбамида, например, с от 1,0 мас.% до 5,0 мас.% влаги, который можно использовать, например, для осуществления гранулирования определенных типов. Предпочтительные и представленные для примера первый и второй

30 испарители предпочтительно используют в комбинации друг с другом.

Процесс включает обеспечение затвердевания плава карбамида в доводочной секции с получением твердого карбамида и отходящего газа. Твердый карбамид может содержать карбамид и другие твердые компоненты, такие как содержащие серу компоненты. Отходящий газ, как

обсуждалось, включает в себя воздух, пыль карбамида и NH₃. Доводочная секция представляет

35 собой, например, башню приллирования, гранулятор или устройство для грануляции, как обсуждалось ранее.

Процесс включает очистку отходящего газа в скруббере. Очистка включает приведение отходящего газа в контакт с очищающей жидкостью. Скруббер содержит, например, скруббер Вентури. Очищающая жидкость содержит воду. Очищающая жидкость может быть использована

40 для удаления пыли карбамида. Очищающая жидкость необязательно содержит кислоту, такую как неорганическая кислота, например азотная кислота или серная кислота. Необязательная кислота

может быть использована для кислотной очистки с целью удаления или более полного удаления NH_3 . Очищающая жидкость, например, обеспечивает рециркулирование в скруббере до содержания карбамида, например, 10–60 мас.%, например от 20 мас.% до 50 мас.% карбамида. Предпочтительно использованную очищающую жидкость очищают после скруббера.

5 Использованная очищающая жидкость содержит карбамид. Предпочтительно использованную очищающую жидкость преимущественно подают во второй испаритель. Таким образом, карбамид, содержащийся во втором конденсате, рециркулируют в твердый карбамидный продукт, а не гидролизуют. Карбамид, содержащийся во втором конденсате, в частности, обрабатывают отдельно от первого конденсата. Это приводит к повышению общего выхода карбамида и, таким
10 образом, повышению производительности установки.

 Если очищающая жидкость содержит кислоту, использованная очищающая жидкость содержит соль аммиака из-за удаления аммиака из по меньшей мере отходящего газа. Этот раствор соли аммония может быть удален путем подачи использованной очищающей жидкости в секцию испарения. В предшествующем уровне техники подача использованной очищающей
15 жидкости, содержащей соль аммония, в секцию испарения установки по производству карбамида, описана в Potthoff, Nitrogen+Syngas 294, p.39.

 В настоящем изобретении, если использованную очищающую жидкость, необязательно содержащую соль аммония, подают в секцию испарения, ее предпочтительно подают только в расположенный ниже по потоку второй испаритель, например, путем добавления использованной
20 очищающей жидкости в концентрированный раствор карбамида, полученный из первого испарителя. Предпочтительно использованную очищающую жидкость подают в секцию испарения, расположенную ниже по потоку (для раствора карбамида) относительно первого испарителя. Таким образом, соли аммония, образованные в скруббере (например, нитрат аммония или сульфат аммония), не вводят в первый испаритель, который имеет конденсатор, соединенный
25 с секцией очистки сточной воды (WWT). Это обеспечивает преимущество, заключающееся в предотвращении загрязнения воды, полученной из WWT. Вода из WWT должна быть очень чистой, поскольку ее используют, например, частично или полностью в качестве подпиточной воды бойлера для поднятия пара. В частности, ни одну часть второго конденсата не подают в WWT.

30 Соли аммония включены в твердый карбамидный продукт, например, в количестве менее 5,0 мас.% и/или по меньшей мере 0,10 мас.%, например 1,0–3,0 мас.%. Например, твердый карбамидный продукт имеет содержание азота по меньшей мере 46 мас.%, что позволяет обеспечить минимальное содержание азота для карбамидного удобрения. Таким образом, аммиак из отходящего газа, а также из второго конденсата предпочтительно способствует выходу
35 твердого карбамидного продукта энергоэффективным способом и без дополнительной рециркуляции воды в ходе синтеза карбамида.

 В представляющем интерес варианте осуществления твердый карбамидный продукт содержит одну или более добавок, например, в количестве по меньшей мере 0,010 мас.%, 0,10 мас.%, или по меньшей мере 1,0 мас.%, или по меньшей мере 5 мас.%, или по меньшей мере
40 10 мас.%, в соответствующих случаях менее 30 мас.%, в расчете на общую массу добавок и общую массу твердого карбамидного продукта. Добавка представляет собой композицию,

отличную от карбамида и биурета. Добавка содержит, например, микроэлементы для растений или животных либо питательное вещество для растений, такое как композиция P, S или K, такая как сульфатная или фосфатная соль. Добавку, например, выбирают из группы, состоящей из нитрата аммония, сульфата аммония, нитрата кальция, ди- или моноаммонийфосфата, нитрата калия, нитрата натрия и фосфорсодержащих композиций, таких как фосфатные композиции калия, или калийсодержащих композиций, таких как хлорид калия, нитрат калия, сульфат калия и фосфатные композиции калия. Микроэлементы включают, например, сульфат железа, оксиды железа, сульфат цинка, нитрат железа, оксид цинка, хелатированный цинк, хелатированный оксид меди и железа, сульфат меди, нитрат меди, нитрат магния, сульфат магния, оксид магния, сульфат селена и оксид селена, а также композиции йода, такие как йодид калия. Отдельные добавки включены, например, в количестве по меньшей мере 10 ч/млн или по меньшей мере 100 ч/млн по массе в расчете на общую массу твердого карбамидного продукта. Предпочтительно одна или более добавок включают в себя одну или более композиций, выбранных из группы, состоящей из B, Cl, Fe, Mn, Zn, Cu, Mo и Ni. Эти композиции используют в качестве микроэлементов для растений.

Предпочтительно процесс согласно настоящему изобретению включает подачу потока жидкости, содержащего воду и добавку (-и), более предпочтительно водный раствор, содержащий добавку (-и), в секцию испарения, расположенную ниже по потоку (для раствора карбамида) относительно первого испарителя. Таким образом, композиции добавки в итоге не оказываются в WWT. Предпочтительно поток жидкости, содержащий добавку (-и), подают во второй испаритель, например смешивают с концентрированным раствором карбамида в линии транспортировки между первым и вторым испарителями или подают во входной канал второго испарителя. Существенным преимуществом является то, что это позволяет смешивать водный раствор добавки (добавок) с концентрированным раствором карбамида и впоследствии удалять воду (применяемую в качестве растворителя для добавок) из раствора карбамида во втором испарителе.

Поскольку пар из второго испарителя после конденсации направляют в скруббер, а не в WWT, риск загрязнения WWT отсутствует. В частности, второй конденсат подают в скруббер, при этом какую-либо часть указанного второго конденсата не подают в WWT. Например, второй конденсат подают непосредственно в скруббер. Смешивание водного раствора добавки с концентрированным раствором карбамида является менее сложным, чем добавление добавки в виде твердого вещества к плаву карбамида ниже по потоку относительно секции испарения. Кроме того, смешивание растворов способствуют однородному распределению добавки (добавок) в твердом карбамидном продукте. Добавка может поступать из внешнего источника, например, в случае микроэлементов.

В очень предпочтительном варианте осуществления добавки добавляют к использованной очищающей жидкости, например, в отстойнике скруббера, а использованную очищающую жидкость подают во второй испаритель, как обсуждалось выше.

В настоящем изобретении пар из расположенного ниже по потоку второго испарителя конденсируется во втором конденсаторе с образованием второго конденсата. Жидкость из второго конденсатора подают в скруббер. В частности, жидкость из второго конденсатора подают в скруббер отдельно от первого конденсата, благодаря чему первый и второй конденсат не смешиваются друг с другом. Например, жидкость из второго конденсатора подают

непосредственно в скруббер. Эта жидкость содержит воду и ее предпочтительно используют в качестве очищающей жидкости в скруббере. В частности, жидкость из второго конденсатора (второй конденсат) используют в качестве части очищающей жидкости в скруббере. Очищающая жидкость также может содержать кислоту. Из-за потери в скруббере воды на испарение в скруббер, например в кислотный скруббер, необходимо подавать подпиточную воду. Второй конденсат по меньшей мере частично может быть использован для подачи такой воды.

Конденсат, образованный во втором конденсаторе, содержит NH_3 . Таким образом, предпочтительно скруббер представляет собой кислотный скруббер, в котором для удаления NH_3 используется кислотосодержащая очищающая жидкость. В настоящем изобретении кислотный скруббер предпочтительно очень эффективно используется не только для удаления NH_3 из отходящего газа из доводочной секции, но и для обработки NH_3 в части технологического конденсата из секции испарения энергоэффективным способом.

Процесс в соответствии с настоящим изобретением включает подачу указанного первого конденсата в секцию очистки сточной воды (WWT), предпочтительно через поглотители. Секция WWT также может быть описана как секция очистки технологического конденсата. Например, первый конденсат, который содержит воду, используют в качестве абсорбирующей жидкости в поглотителе, содержащемся в установке по производству карбамида, для поглощения NH_3 из потока газов, поступающего в поглотитель. Было обнаружено, что преимущественно первый конденсат обеспечивает достаточное количество воды для работы таких поглотителей.

Предпочтительно WWT содержит гидролизер и десорбер. Предпочтительно гидролизер выполнен с возможностью осуществления гидролиза карбамида до карбамата аммония и воды. В гидролизере используют, например, пар HP.

Предпочтительно десорбер выполнен с возможностью десорбции NH_3 и CO_2 . С помощью десорбера выполняют, например, десорбцию паром с паром LP.

Предпочтительно WWT имеет выходной канал для очищенной воды (очищенного технологического конденсата) и выходной канал для рециркуляционного потока, содержащего, например, водяной пар и аммиак, а также, например, CO_2 . Рециркуляционный поток является, например, газообразным. Рециркуляционный раствор карбамата, например, подают в конденсатор секции регенерации, например, в конденсатор карбамата низкого давления, а затем — в секцию синтеза. Более низкая загрузка WWT в процессе согласно настоящему изобретению (в частности, в WWT поступает меньше NH_3) также обуславливает более слабый рециркуляционный поток из WWT, благодаря чему преимущественно уменьшается соотношение Н/С в секции синтеза (соотношение Н/С представляет собой молярное соотношение воды к CO_2 в исходной смеси, как описано в Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, chapter Urea (2010)).

Очищенную воду, например, используют в качестве подпиточной воды бойлера для поднятия пара. Пар, например, используют в качестве теплопередающей текучей среды в установке по производству карбамида.

Настоящее изобретение относится к процессу производства карбамида с использованием первого испарителя и расположенного ниже по потоку второго испарителя в секции испарения, доводочной секции и скруббера для обработки отходящего газа из доводочной секции. Конденсат из конденсатора второго испарителя подают в скруббер, как описано в настоящем документе.

Настоящее изобретение также относится к установке по производству карбамида, предпочтительно пригодной для осуществления процесса производства карбамида согласно настоящему изобретению и содержащей секцию испарения, доводочную секцию, секцию очистки сточной воды и скруббер. Секция испарения содержит первый испаритель и расположенный ниже него по потоку второй испаритель, а также первый конденсатор и второй конденсатор. Первый испаритель содержит входной канал для раствора карбамида, выходной канал для концентрированного раствора карбамида и выходной канал для первого пара. Второй испаритель содержит входной канал для указанного концентрированного раствора карбамида, выходной канал для плава карбамида и выходной канал для второго пара. Доводочная секция содержит входной канал для указанного плава карбамида, выходной канал для твердого карбамидного продукта и выходной канал для отходящего газа, и выполнена с возможностью обеспечения затвердевания указанного плава карбамида с получением указанного твердого карбамидного продукта. Скруббер содержит входной канал для указанного отходящего газа и выполнен с возможностью очистки указанного отходящего газа с помощью очищающей жидкости. Первый конденсатор содержит входной канал для указанного первого пара и выходной канал для первого конденсата. Второй конденсатор содержит входной канал для указанного второго пара и выходной канал для второго конденсата. Секция очистки сточной воды содержит входной канал для указанного первого конденсата, а также предпочтительно гидролизер и десорбер. Таким образом, установка содержит (первое) соединение для указанного первого конденсата из указанного первого конденсатора в указанную секцию очистки сточной воды. Десорбер представляет собой, например, паровой стриппер, в котором в качестве отпарного газа используют пар.

Установка содержит (второе) соединение для второго конденсата из выходного канала указанного конденсатора во входной канал скруббера. В частности, указанное второе соединение предназначено для подачи указанного второго конденсата в указанный скруббер отдельно от первого конденсата.

Предпочтительно скруббер содержит входной канал для кислоты, соединенный с внешним источником кислоты. Скруббер содержит выходной канал для очищенного отходящего газа и выходной канал для использованной очищающей жидкости. Этот выходной канал предпочтительно соединен с входным каналом секции испарения, расположенной ниже по потоку (для раствора карбамида) относительно первого испарителя. Выходной канал для использованной очищающей жидкости, например, соединен с входным каналом второго испарителя или, например, с питающим трубопроводом из первого испарителя во второй испаритель. Выходной канал для использованной очищающей жидкости предпочтительно соединен с входным каналом технологического пространства второго испарителя, так что использованная очищающая жидкость смешивается с раствором карбамида. Предпочтительно секция испарения содержит входной канал для раствора добавки ниже по потоку (для раствора карбамида) относительно первого испарителя, например, в виде входного канала второго испарителя или в виде питающего трубопровода, соединенного с питающим трубопроводом для концентрированного раствора карбамида из первого во второй испаритель.

Установка по производству карбамида и секция испарения могут необязательно содержать дополнительные испарители выше по потоку относительно первого испарителя, между первым и вторым испарителями и ниже по потоку относительно второго испарителя.

5 Предпочтения для установки согласно настоящему изобретению в равной степени применимы к процессу согласно настоящему изобретению. Данная установка предпочтительно пригодна для осуществления процесса согласно настоящему изобретению. Процесс согласно настоящему изобретению предпочтительно осуществляют в установке согласно настоящему изобретению.

10 В предпочтительном варианте осуществления второй конденсатор представляет собой охлаждаемый конденсатор. В охлаждаемом конденсаторе предпочтительно используют охлаждающую среду, которая предпочтительно представляет собой композицию, отличную от воды, или, например, в качестве охлаждающей среды используют охлажденную воду. Как правило, охлаждаемый конденсатор содержит теплообменник, имеющий первую сторону и вторую сторону, разделенные по меньшей мере стенкой теплообмена. В предпочтительном

15 варианте осуществления пар, подлежащий конденсированию, обеспечивают на первой стороне, а охлажденную охлаждающую среду — на второй стороне. В дополнение к разделению указанной стенкой первая сторона и вторая сторона могут быть разделены дополнительным отделением для теплопередающей текучей среды, такой как вода. Охлажденную охлаждающую среду, как правило, подают во входной канал конденсатора на указанной второй стороне из охладителя.

20 В охладителе охлаждающая среда охлаждается, например, на по меньшей мере 5 °C или на по меньшей мере 10 °C и/или до температуры ниже 25 °C. Охлажденная охлаждающая среда во входном канале второго конденсатора, как правило, имеет более низкую температуру, чем охлаждающая вода, используемая в другом месте в установке по производству карбамида и на других этапах процесса производства карбамида, например, она на по меньшей мере 5 °C ниже

25 или на по меньшей мере 10 °C ниже. Охлаждающая вода, например, используется в первом конденсаторе, соединенном с первым испарителем, расположенным выше по потоку относительно второго испарителя. Предпочтительная охлажденная охлаждающая среда во входном канале второго конденсатора, как правило, имеет температуру, которая ниже температуры окружающей среды, например на по меньшей мере 5 °C ниже или на по меньшей мере 10 °C ниже.

30 В некоторых вариантах осуществления температура охлаждающей среды составляет, например, более 0 °C для недопущения замерзания воды в технологическом пространстве конденсатора, и предпочтительно температура охлаждающей среды составляет по меньшей мере 5 °C, например от 5 °C до 10 °C, например примерно 5 °C.

35 Охладитель представляет собой, например, парокомпрессионную холодильную систему, содержащую компрессор, конденсатор, расширительный клапан и испаритель, соединенный с контуром для охлаждающей среды. В предпочтительном варианте осуществления охлаждение охлаждающей среды в охладителе включает сжатие охлаждающей среды, поступающей в паровой фазе со стороны охлаждающей текучей среды второго конденсатора, до более высокого давления, конденсацию с отводом тепла при указанном более высоком давлении и расширение до

40 достижения более низкого давления с получением охлажденной жидкой охлаждающей среды.

Преимуществом является то, что охлаждаемый конденсатор может быть использован для эффективной транспортировки второго пара из испарителя в конденсатор без использования бустерного эжектора и без добавления пара во второй пар. Таким образом, количество жидкости, полученной из второго конденсатора, преимущественно остается небольшим, даже если второй
5 испаритель работает при низком давлении, таком как давление менее 10 кПа.

На **Фиг. 2** схематично представлен приведенный для примера процесс и установка в соответствии с настоящим изобретением. Ссылочные номера указывают те же блоки, что и на Фиг. 1, если не указано иное. Плав карбамида (UM) направляют в доводочную секцию (F), имеющую выходной канал для твердого карбамидного продукта (US) и выходной канал для
10 отходящего газа (G1). Отходящий газ обрабатывают в скруббере (Scr), в котором в качестве очищающей жидкости используют второй конденсат (PC2). Второй конденсатор (C2) имеет выходной канал для жидкости, а именно второго конденсата (PC2), причем этот выходной канал соединен с входным каналом скруббера (Scr) посредством соединения для переноса второго
15 конденсата (PC2) непосредственно в скруббер (Scr). В соответствующих случаях второй конденсатор (C2) представляет собой охлаждаемый конденсатор, в котором используется охлаждающая среда, подаваемая из охладителя (CH). В этом варианте осуществления предпочтительно не использовать бустерный эжектор для транспортировки второго пара из второго испарителя во второй конденсатор.

На **Фиг. 3** схематично представлен приведенный для примера процесс и установка в соответствии с настоящим изобретением. Ссылочные номера указывают те же блоки, что и на Фиг. 2, если не указано иное. Скруббер (Scr) представляет собой кислотный скруббер, в котором используется источник кислоты (Ac) и который имеет выходной канал для
20 использованной очищающей жидкости (SL). Исползованную очищающую жидкость (SL) подают в секцию испарения в положении, расположенном ниже по потоку относительно первого испарителя. Исползованную очищающую жидкость (SL), например, подают во второй
25 испаритель (EV2) и/или в питающий трубопровод концентрированного раствора карбамида (U2).

На **Фиг. 4** схематично представлен приведенный для примера процесс и установка в соответствии с настоящим изобретением. Ссылочные номера указывают те же блоки, что и на Фиг. 2, если не указано иное. Скруббер (Scr) имеет выходной канал для использованной
30 очищающей жидкости (SL) и необязательно представляет собой кислотный скруббер, выполненный с возможностью подачи кислоты (Ac). Поток жидкости (AD), содержащий воду и одну или более добавок, подают в секцию испарения (EV) в положении, расположенном ниже по потоку (для раствора карбамида) относительно первого испарителя (EV1). Поток жидкости (AD),
35 например, подают в линию транспортировки для концентрированного раствора карбамида (U2) или непосредственно во второй испаритель (EV2). Таким образом, следовые концентрации добавок во втором паре (V2) не загрязняют WWT. Вода, содержащаяся в потоке жидкости (AD), выходит из установки по производству карбамида посредством второго пара (V2), второго (технологического) конденсата (PC2) и через выходной канал (G2) для очищенного отходящего
40 газа из скруббера (Scr) вследствие испарения в скруббере. В предпочтительном варианте осуществления поток жидкости (AD) получают в виде использованной очищающей жидкости из

скруббера, а добавки добавляют, например в твердой форме, в скруббер, например в отстойник скруббера.

Примеры

- 5 Далее настоящее изобретение будет дополнительно проиллюстрировано на нижеследующих примерах, которые не ограничивают настоящее изобретение.

Пример 1

- 10 В качестве примера в установке по производству карбамида на основе секции синтеза с функцией десорбции CO_2 и с гранулятором в качестве доводочной секции в базовом процессе в WWT подавали $38,9 \text{ м}^3/\text{ч}$ воды, тогда как в процессе согласно настоящему изобретению в WWT подавали только $30,2 \text{ м}^3/\text{ч}$ воды. Выход был увеличен на примерно $0,4 \text{ мас.}\%$, поскольку карбамид во втором конденсате не был гидролизован, а был рециркулирован посредством использованной очищающей жидкости в твердый карбамидный продукт. Нагрузка на первом этапе испарения
- 15 составляла примерно 120 т/ч как в базовом процессе, так и в процессе согласно настоящему изобретению. Нагрузка на второй испаритель составляла 99 т/ч в процессе согласно настоящему изобретению по сравнению с 90 т/ч в базовом процессе.

Пример 2

- 20 В качестве примера установки по производству карбамида с производительностью 2000 метрических тонн в сутки (MTPD) и башни приллирования в WWT поступало общее количество воды $48 \text{ м}^3/\text{ч}$ и 1716 кг/ч NH_3 в базовом процессе и общее количество воды $30 \text{ м}^3/\text{ч}$ и 1302 кг/ч NH_3 в процессе согласно настоящему изобретению, при этом конденсат из второго испарителя был направлен в скруббер для отходящего газа из доводочной секции.
- 25 Соотношение Н/С составляло $0,518$ в базовом процессе и $0,509$ в процессе согласно настоящему изобретению. Расход потока НР составлял 79 тонн/ч в базовом процессе и 78 тонн/ч в процессе согласно настоящему изобретению. Однако отвод пара LP преимущественно составлял 25 тонн/ч в процессе согласно настоящему изобретению по сравнению с $14,5 \text{ тонн/ч}$ в базовом процессе.

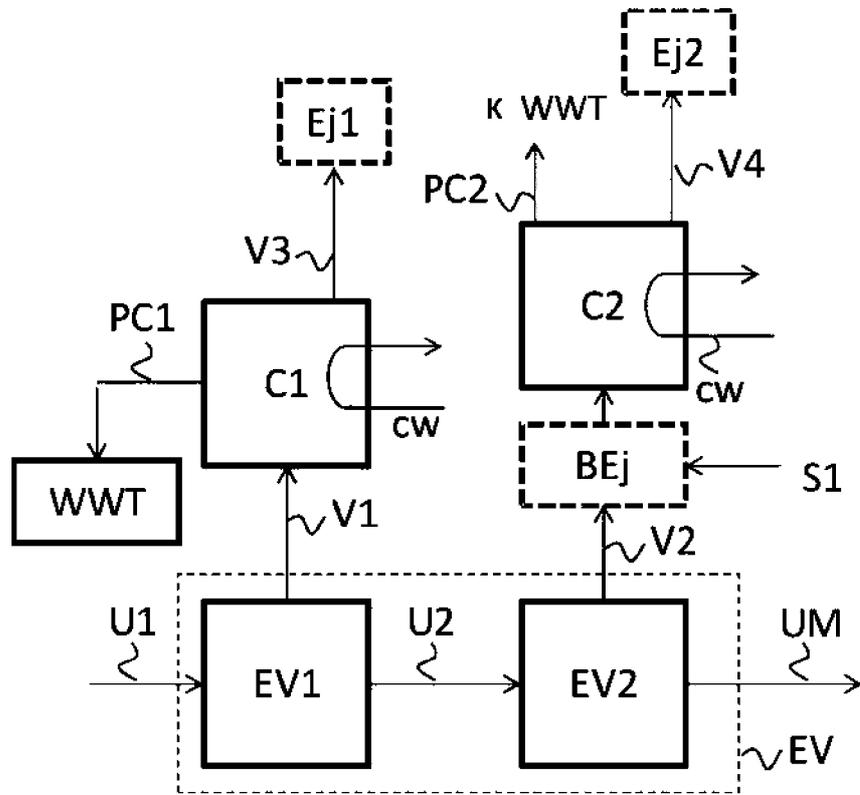
Формула изобретения

1. Процесс производства карбамида, включающий:
 - a) концентрирование раствора карбамида в первом испарителе секции испарения с получением концентрированного раствора карбамида и первого пара,
 - b) дополнительное концентрирование указанного концентрированного раствора карбамида из указанного первого испарителя во втором испарителе указанной секции испарения с получением плава карбамида и второго пара,
 - c) затвердевание указанного плава карбамида в доводочной секции с получением твердого карбамидного продукта и отходящего газа,
 - d) очистку указанного отходящего газа в скруббере,
 - e) конденсацию указанного первого пара в первом конденсаторе с получением первого конденсата,
 - f) конденсацию указанного второго пара во втором конденсаторе с получением второго конденсата,
 - g) подачу указанного первого конденсата в секцию очистки сточной воды, и
 - h) отдельную подачу указанного второго конденсата в указанный скруббер.
2. Процесс производства карбамида по п. 1, согласно которому указанный второй конденсат используют в качестве очищающей жидкости в указанном скруббере, причем в указанном скруббере дополнительно используют кислотную очищающую жидкость.
3. Процесс производства карбамида по п. 1 или 2, согласно которому указанная секция очистки сточной воды содержит гидролизер и десорбер.
4. Процесс производства карбамида по любому из пп. 1–3, согласно которому указанная доводочная секция представляет собой башню прилирования.
5. Процесс производства карбамида по любому из пп. 1–4, согласно которому указанная доводочная секция представляет собой гранулятор.
6. Процесс производства карбамида по любому из пп. 1–5, согласно которому плав карбамида из второго испарителя содержит менее 0,1 мас.% влаги.
7. Процесс производства карбамида по любому из пп. 1–6, согласно которому в ходе указанной очистки получают очищенный отходящий газ и использованную очищающую жидкость, содержащую карбамид, при этом процесс дополнительно включает подачу использованной очищающей жидкости во вторую секцию испарения.
8. Процесс производства карбамида по любому из пп. 1–7, согласно которому использованную очищающую жидкость добавляют к концентрированному раствору карбамида ниже по потоку относительно первого испарителя.

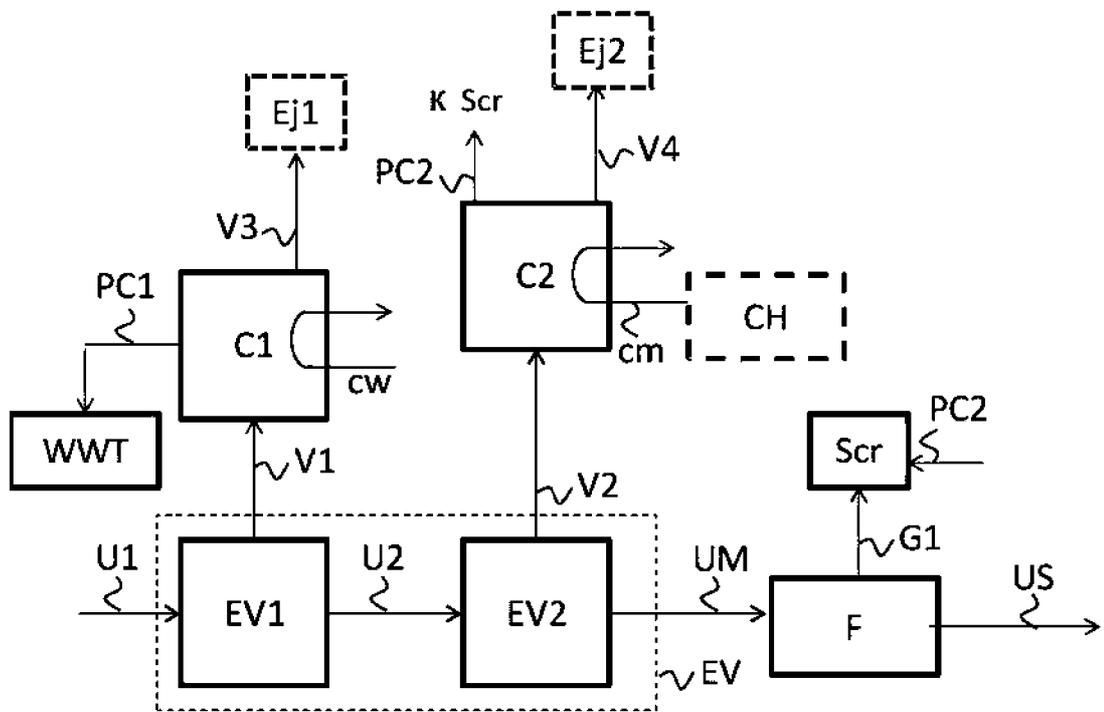
9. Процесс производства карбамида по любому из пп. 1–8, согласно которому второй испаритель работает при 130–140 °С и давлении менее 15 кПа, и при этом в выходном канале первого испарителя получают концентрированный раствор карбамида с по меньшей мере 5 90 мас.% карбамида, включая биурет, и первый испаритель работает при температуре по меньшей мере 120 °С.
10. Процесс производства карбамида по любому из пп. 1–9, согласно которому поток жидкости, содержащий воду и одну или более добавок, предпочтительно водный раствор, 10 содержащий одну или более добавок, подают в секцию испарения, расположенную ниже по потоку для раствора карбамида относительно первого испарителя.
11. Процесс производства карбамида по п. 10, согласно которому поток жидкости, содержащий одну или более добавок, смешивают с концентрированным раствором карбамида в 15 линии транспортировки между первым и вторым испарителями или подают во входной канал второго испарителя, и твердый карбамидный продукт содержит одну или более добавок в количестве по меньшей мере 0,10 мас.% в расчете на общую массу добавок и общую массу твердого карбамидного продукта.
- 20 12. Установка по производству карбамида, содержащая секцию испарения (EV), доводочную секцию (F), секцию очистки сточной воды (WWT) и скруббер (Scr), причем секция испарения содержит первый испаритель (EV1) и расположенный ниже него по потоку второй испаритель (EV2), а также первый конденсатор (C1) и второй конденсатор (C2), при этом
- 25 а) указанный первый испаритель (EV1) содержит входной канал для раствора карбамида (U1), выходной канал для концентрированного раствора карбамида (U2) и выходной канал для первого пара (V1),
- b) указанный второй испаритель (EV2) содержит входной канал для указанного концентрированного раствора карбамида (U2), выходной канал для плава карбамида (UM) и выходной канал для второго пара (V2),
- 30 c) указанная доводочная секция (F) содержит входной канал для указанного плава карбамида (UM), выходной канал для твердого карбамидного продукта (US) и выходной канал для отходящего газа (G1) и выполнена с возможностью обеспечения затвердевания указанного плава карбамида с получением указанного твердого карбамидного продукта,
- d) указанный скруббер (Scr) содержит входной канал для указанного отходящего газа (G1) и 35 выполнен с возможностью очистки указанного отходящего газа с помощью очищающей жидкости,
- e) указанный первый конденсатор (C1) содержит входной канал для указанного первого пара (V1) и выходной канал для первого конденсата (PC1),
- f) указанный второй конденсатор (C2) содержит входной канал для указанного второго 40 пара (V2) и выходной канал для второго конденсата (PC2),

- g) указанная секция очистки сточной воды (WWT) содержит входной канал для указанного первого конденсата (PC1), и
 - h) установка содержит соединение для указанного второго конденсата (PC2) из указанного выходного канала указанного второго конденсатора (C2) непосредственно во входной канал указанного скруббера (Scr).
- 5

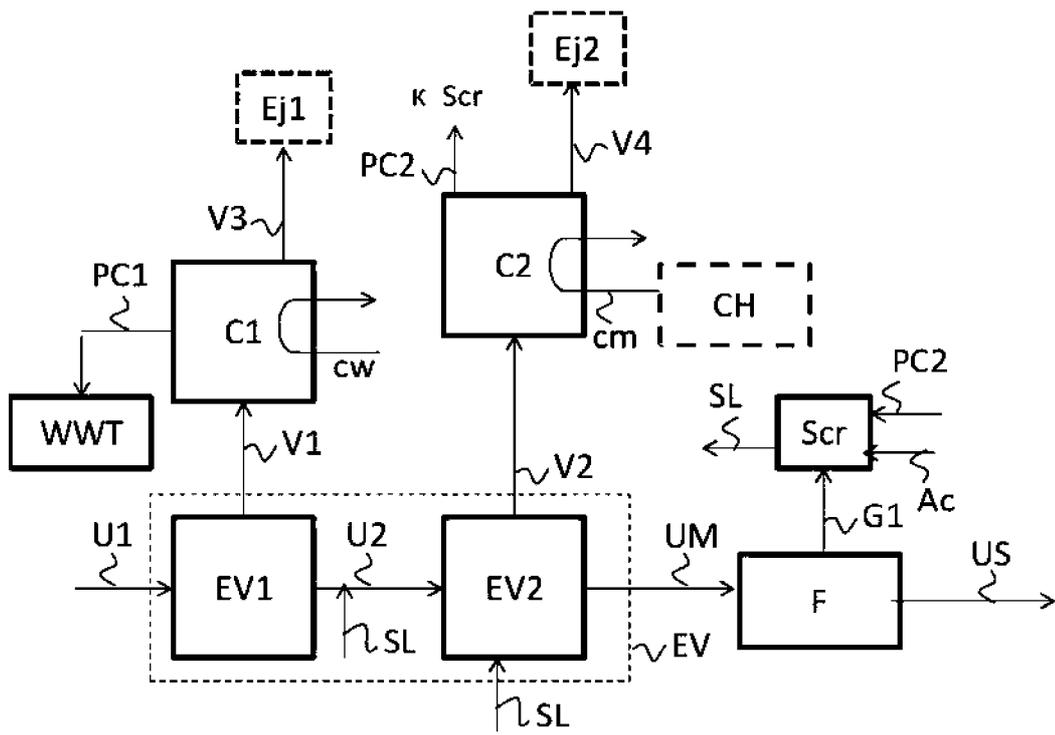
13. Установка по производству карбамида по п. 12, в которой указанная секция очистки сточной воды содержит гидролизер и десорбер.



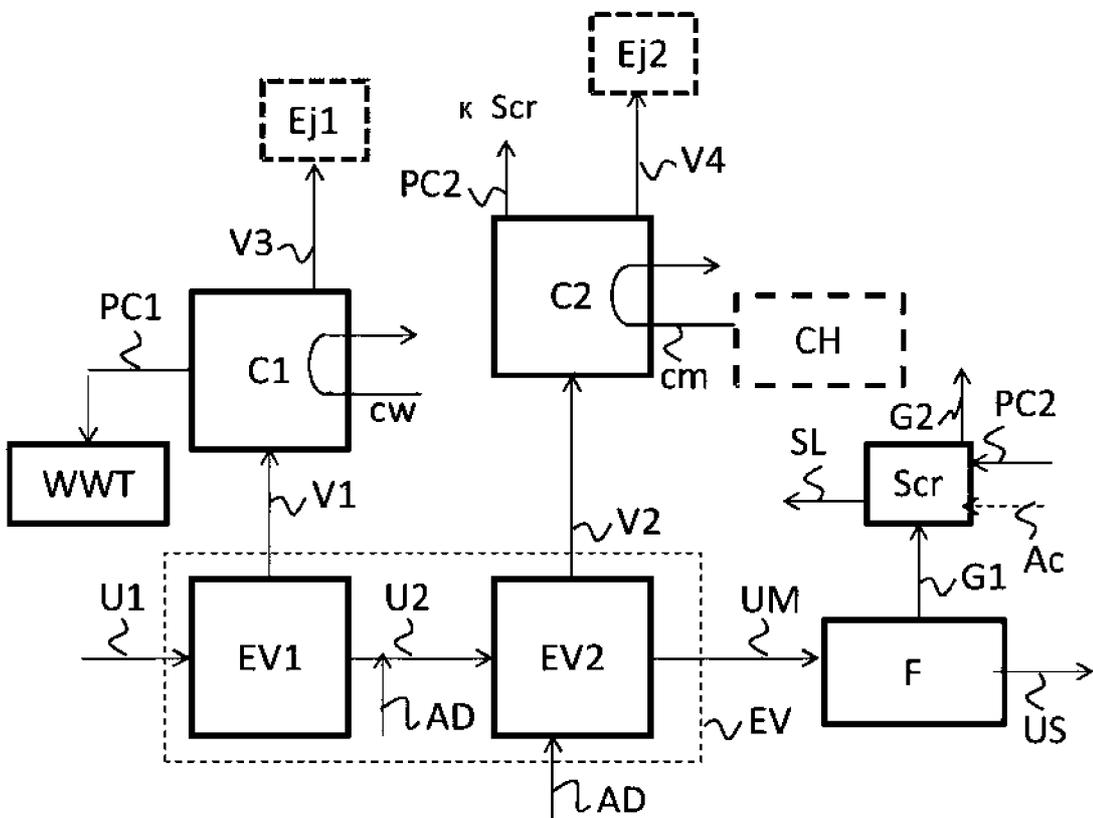
ФИГ. 1



ФИГ. 2



Фиг. 3



Фиг. 4