



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

C07C 273/04 (2023.08)

(21)(22) Заявка: 2023103809, 16.02.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
16.02.2023

Дата регистрации:
18.01.2024

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 16.02.2023

(45) Опубликовано: 18.01.2024 Бюл. № 2

Адрес для переписки:

606008, Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул.
Грибоедова, 31, АО "НИИК"

(72) Автор(ы):

Гусев Иван Владимирович (RU),
Сергеев Юрий Андреевич (RU),
Солдатов Алексей Владимирович (RU),
Прокопьев Александр Алексеевич (RU),
Суворкин Сергей Вячеславович (RU),
Есин Игорь Вениаминович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Акционерное общество
"Научно-исследовательский и проектный
институт карбамида и продуктов
органического синтеза" (АО "НИИК") (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 4314077 A, 02.02.1982. US 4314077
A, 02.02.1982. RU 2617407 C2, 25.04.2017. RU
2499791 C1, 27.11.2013. КУЧЕРЯВЫЙ В.И. и
др., Синтез и применение карбамида, Л.:
Химия, Ленинградское отделение, 1970, 447
с., с. 191-199. RU 2069657 C1, 27.11.1996.

(54) СПОСОБ И УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КАРБАМИДА

(57) Реферат:

Изобретение относится к способу получения карбамида из аммиака и диоксида углерода. Способ включает взаимодействие аммиака и диоксида углерода в зоне синтеза при повышенных температуре и давлении с образованием потока плава карбамида, дистилляцию потока плава карбамида при подводе тепла последовательно на ступени высокого давления при 14,0-16,5 МПа, на ступени среднего давления при 1,5-2,5 МПа и ступени низкого давления при 0,2-0,5 МПа, с образованием водного раствора карбамида и газов дистилляции, конденсацию-абсорбцию при охлаждении газов дистилляции с использованием водных абсорбентов и образованием водных растворов углеаммонийных солей (УАС), рециркуляцию водного раствора УАС последовательно со стадии конденсации-

абсорбции газов дистилляции ступени низкого давления на стадию конденсации-абсорбции газов дистилляции среднего давления, далее на стадию конденсации-абсорбции газов дистилляции ступени высокого давления, и затем в зону синтеза, выпаривание водного раствора карбамида в несколько ступеней. При этом дистилляцию плава карбамида на ступени высокого давления проводят последовательно в двух зонах, в первой из которых проводят адиабатическое дросселирование плава карбамида до давления, по меньшей мере на 0,01-0,4 МПа ниже, чем давление синтеза, и проводят адиабатическую сепарацию, а во второй проводят дистилляцию при подводе тепла из внешнего источника в токе диоксида углерода. Также предложена установка для реализации способа. Технический результат заключается в увеличении

удельной производительности реактора синтеза карбамида, снижении газовой и тепловой нагрузки на стриппер-дистиллятор, снижении

стоимости стриппера-дистиллятора. 10 з. и 2 н.п. ф-лы, 1 ил., 4 пр.

R U 2 8 1 1 8 6 2 C 1

R U 2 8 1 1 8 6 2 C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
C07C 273/04 (2023.08)

(21)(22) Application: **2023103809, 16.02.2023**

(24) Effective date for property rights:
16.02.2023

Registration date:
18.01.2024

Priority:

(22) Date of filing: **16.02.2023**

(45) Date of publication: **18.01.2024** Bull. № 2

Mail address:
**606008, Nizhegorodskaya obl., g. Dzerzhinsk, ul.
Griboedova, 31, AO "NIIK"**

(72) Inventor(s):

**Gusev Ivan Vladimirovich (RU),
Sergeev Yuriy Andreevich (RU),
Soldatov Aleksej Vladimirovich (RU),
Prokopen Aleksandr Alekseevich (RU),
Suvorkin Sergej Vyacheslavovich (RU),
Esin Igor Veniaminovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Aksionernoe obshchestvo
"Nauchno-issledovatel'skij i proektnyj institut
karbamida i produktov organicheskogo sinteza"
(AO "NIIK") (RU)**

(54) **METHOD AND INSTALLATION FOR PRODUCING UREA**

(57) Abstract:

FIELD: industrial chemistry.

SUBSTANCE: method for producing urea from ammonia and carbon dioxide. The method includes the interaction of ammonia and carbon dioxide in the synthesis zone at elevated temperatures and pressures with the formation of a urea melt stream, distillation of a urea melt stream with the addition of heat sequentially at a high pressure stage at 14.0-16.5 MPa, at a medium pressure stage at 1. 5-2.5 MPa and low pressure stages at 0.2-0.5 MPa, with the formation of an aqueous solution of urea and distillation gases, condensation-absorption when cooling distillation gases using aqueous absorbents and the formation of aqueous solutions of ammonium carbon salts (ACS), recirculation of the aqueous ACS solution sequentially from the condensation-absorption stage of distillation gases of the low-pressure stage to the condensation-absorption stage of medium-pressure distillation gases,

then to the condensation-absorption stage of distillation gases of the high-pressure stage, and then to the synthesis zone, evaporation of the aqueous solution of urea in several stages. In this case, the distillation of urea melt at the high-pressure stage is carried out sequentially in two zones, in the first of which adiabatic throttling of the urea melt is carried out to a pressure at least 0.01-0.4 MPa lower than the synthesis pressure, and adiabatic separation is carried out, and in the second, distillation is carried out by supplying heat from an external source in a stream of carbon dioxide. An installation for implementing the method is also proposed.

EFFECT: increasing the specific productivity of the urea synthesis reactor, reducing the gas and heat load on the stripper-distiller, and reducing the cost of the stripper-distiller.

12 cl, 1 dwg, 4 ex

RU 2 811 862

C1

RU 2 811 862 C1

Изобретение относится к способам и устройствам для получения карбамида из аммиака и диоксида углерода.

Известен способ получения карбамида взаимодействием аммиака и диоксида углерода в зоне синтеза при повышенных температуре и давлении с образованием потока плава карбамида, содержащего карбамид, воду, карбамат аммония, аммиак и диоксид углерода, разложением карбамата аммония в плаве карбамида при подводе тепла на нескольких ступенях давления с образованием водного раствора карбамида и газовых потоков, конденсацией-абсорбцией газовых потоков с использованием водных абсорбентов и образованием водного раствора углеаммонийных солей (УАС), рециркулируемого в зону синтеза плава карбамида, выпариванием водного раствора карбамида и получением твердого карбамида (В.И. Кучерявый, В.В. Лебедев. Синтез и применение карбамида, Л.: Химия, 1970, с. 191-199).

Известен способ получения карбамида взаимодействием аммиака и диоксида углерода в зоне синтеза при повышенных температуре и давлении (14 МПа) с образованием потока плава карбамида, содержащего карбамид, воду, карбамат аммония, аммиак и диоксид углерода, дистилляцией потока плава карбамида при подводе тепла последовательно на ступени высокого давления при давлении равном давлению синтеза, и на ступени низкого давления при 0,4 МПа, с образованием водного раствора карбамида и газовых потоков, конденсацией-абсорбцией газовых потоков с использованием водных абсорбентов и образованием водного раствора УАС, рециркулируемого в зону синтеза плава карбамида, выпариванием водного раствора карбамида и получением твердого карбамида, при этом плавы карбамида выводят из нижней части зоны синтеза, а непрореагировавшую газовую фазу выводят из верхней части зоны синтеза и направляют на стадию конденсации-абсорбции газов дистилляции ступени высокого давления (Jozef H. Meessen. Urea. Ullmann's Encyclopedia of industrial chemistry, vol. 37, 2011, с. 670-672).

В этом способе плавы карбамида, получаемый в расположенном в зоне синтеза реакторе синтеза, выводят из нижней части реактора синтеза через размещенную внутри реактора синтеза переточную трубу, а в верхней части реактора синтеза над горловиной переточной трубы поддерживают уровень, обеспечивающий подачу плава карбамида по переточной трубе и вывод газовой фазы из верхней части реактора, реализуя таким образом процесс сепарации плава карбамида непосредственно в реакторе синтеза, что требует значительного объема пространства, заполненного газовой фазой. Таким образом, существенным недостатком данного способа является неполное использование реакционного объема реактора синтеза, а, следовательно, низкий выход готового продукта с единицы объема реактора синтеза, который по этому способу составляет 350-470 кг/(м³ ч).

Известен способ получения карбамида взаимодействием аммиака и диоксида углерода в зоне синтеза при повышенных температуре и давлении (20 МПа) с образованием потока плава карбамида, содержащего карбамид, воду, карбамат аммония, аммиак и диоксид углерода, дистилляцией потока плава карбамида при подводе тепла из внешнего источника последовательно на ступени высокого давления при 8-12 МПа, на ступени среднего давления при 1,5-2,5 МПа и ступени низкого давления при 0,2-0,5 МПа, с образованием водного раствора карбамида и газов дистилляции, конденсацией-абсорбцией газов дистилляции при охлаждении с использованием водных абсорбентов и образованием водных растворов УАС, рециркуляцией водного раствора УАС со стадии конденсации-абсорбции газов дистилляции ступени низкого давления на стадию конденсации-абсорбции газов дистилляции ступени среднего давления и со стадии

конденсации-абсорбции газов дистилляции ступени среднего давления на стадию конденсации-абсорбции газов дистилляции ступени высокого давления, и со стадии конденсации-абсорбции газов дистилляции ступени высокого давления в зону синтеза, выпариванием водного раствора карбамида и его дальнейшей переработкой известными способами, при этом дистилляцию плава карбамида на ступени высокого давления проводят последовательно в двух зонах, в первой из которых проводят адиабатическую сепарацию, а во второй дистилляцию проводят при подводе тепла из внешнего источника в токе диоксида углерода (RU 2499791, C07C 273/04, 2013).

Недостатком данного способа является большой перепад давлений между зоной синтеза и зоной дистилляции плава карбамида при подводе тепла в токе диоксида углерода на ступени высокого давления, которая проводится в пленочном теплообменнике, представляющем собой стриппер-дистиллятор, так как при снижении давления падает эффективность проведения процесса дистилляции методом стриппинга.

Наиболее близким к предложенному способу по технической сущности является известный способ получения карбамида взаимодействием аммиака и диоксида углерода в зоне синтеза при повышенных температуре и давлении с образованием потока плава карбамида, содержащего карбамид, воду, карбамат аммония, аммиак и диоксид углерода, дистилляцией потока плава карбамида при подводе тепла из внешнего источника последовательно на ступени высокого давления, равного давлению синтеза, при 15,0 МПа, на ступени среднего давления при 1,8 МПа и ступени низкого давления при 0,45 МПа, с образованием водного раствора карбамида и газов дистилляции, конденсацией-абсорбцией при охлаждении газов дистилляции с использованием водных абсорбентов и образованием водных растворов УАС, рециркуляцией водного раствора УАС со стадии конденсации-абсорбции газов дистилляции ступени низкого давления на стадию конденсации-абсорбции газов дистилляции ступени среднего давления, со стадии конденсации-абсорбции газов дистилляции ступени среднего давления на стадию конденсации-абсорбции газов дистилляции ступени высокого давления, и со стадии конденсации-абсорбции газов дистилляции ступени высокого давления в зону синтеза, выпариванием водного раствора карбамида в несколько ступеней, получением твердого карбамида (US 4314077, C07C 273/04, 1982).

Недостатками данного способа являются неполное использование реакционного объема размещенного в зоне синтеза реактора синтеза, при котором выход готового продукта с единицы объема реактора синтеза составляет 400-500 кг/(м³ ч), и большая нагрузка по газовой фазе на пленочный теплообменник, представляющий собой стриппер-дистиллятор, размещенный в зоне дистилляции потока плава карбамида при подводе тепла на ступени высокого давления. Также существенным недостатком является необходимость поддержания в данном пленочном теплообменнике относительно высокой температуры 200-210°C (с использованием греющего пара с температурой 215-225°C), при которой наблюдается недостаточная стойкость к коррозии нержавеющей сталей, что вынуждает применять дорогостоящие титан и цирконий при изготовлении теплообменных труб пленочного теплообменника, что приводит к существенному удорожанию оборудования и увеличению затрат на его обслуживание.

Известна установка для получения карбамида, включающая реактор синтеза карбамида, аппараты для дистилляции на нескольких ступенях давления плава карбамида, полученного при синтезе, аппараты для выпаривания водного раствора карбамида, полученного на последней ступени дистилляции, аппараты для конденсации-абсорбции газов дистилляции, средства для подачи аммиака и диоксида углерода в реактор синтеза карбамида, плава карбамида из реактора синтеза в аппараты для

дистилляции, водного раствора карбамида из аппарата для дистилляции последней ступени в аппараты для выпаривания, газов дистилляции из аппаратов для дистилляции в аппараты для конденсации-абсорбции, водного раствора УАС из аппарата для дистилляции более низкого давления в аппарат для дистилляции более высокого давления и из аппарата для дистилляции более высокого давления в реактор синтеза (В.И. Кучерявый, В.В. Лебедев. Синтез и применение карбамида, Л.: Химия, 1970, с. 191-199).

Известна установка для получения карбамида, включающая реактор синтеза карбамида, устройство с подводом тепла из внешнего источника для дистилляции плава карбамида, полученного в реакторе синтеза, на ступени высокого давления, устройство с подводом тепла для дистилляции плава карбамида на ступени низкого давления, устройства для конденсации-абсорбции при охлаждении газов дистилляции, полученных на ступенях высокого и низкого давления, аппараты для выпаривания при нагреве водного раствора карбамида, полученного при дистилляции на ступени низкого давления, средства для подачи аммиака и диоксида углерода в реактор синтеза карбамида, плава карбамида из реактора синтеза в устройство для дистилляции на ступени высокого давления, плава карбамида из устройства для дистилляции на ступени высокого давления в устройство для дистилляции на ступени низкого давления, водного раствора карбамида из устройства для дистилляции на ступени низкого давления в аппараты для выпаривания, газов дистилляции из устройства для дистилляции на ступени высокого давления в устройство для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени высокого давления, газов дистилляции из аппарата для дистилляции на ступени низкого давления в устройство для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени низкого давления, водного раствора УАС из устройства для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени низкого давления, в устройство для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени высокого давления, и из устройства для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени высокого давления, в реактор синтеза, при этом в нижней части реактора синтеза расположены средства для подачи плава карбамида из реактора синтеза в устройство для дистилляции на ступени высокого давления, а в верхней части реактора синтеза расположены средства для подачи непрореагировавшей газовой фазы в устройство для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени высокого давления (Jozef H. Meessen. Urea. Ullmann's Encyclopedia of industrial chemistry, vol. 37, 2011, с. 670-672).

Известна установка для получения карбамида, включающая реактор синтеза карбамида, устройство с подводом тепла из внешнего источника для дистилляции плава карбамида, полученного в реакторе синтеза, на ступени высокого давления ниже давления синтеза, устройство с подводом тепла для дистилляции плава карбамида на ступени среднего давления, устройство с подводом тепла для дистилляции плава карбамида на ступени низкого давления, аппараты для выпаривания при нагреве водного раствора карбамида, полученного при дистилляции на ступени низкого давления, устройства для конденсации-абсорбции при охлаждении газов дистилляции, полученных на ступенях высокого, среднего и низкого давления, средства для подачи аммиака и диоксида углерода в реактор синтеза карбамида, плава карбамида из реактора синтеза в устройство для дистилляции на ступени высокого давления, плава карбамида из устройства для дистилляции на ступени высокого давления в устройство для дистилляции на ступени среднего давления, плава карбамида из устройства для дистилляции на ступени среднего давления в устройство для дистилляции на ступени

низкого давления, водного раствора карбамида из устройства для дистилляции на ступени низкого давления в аппараты для выпаривания, газов дистилляции из устройства для дистилляции на ступени высокого давления в устройство для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени высокого давления, газов дистилляции из устройства для дистилляции на ступени среднего давления в устройство для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени среднего давления, газов дистилляции из устройства для дистилляции на ступени низкого давления в устройство для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени низкого давления, водного раствора УАС из устройства для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени низкого давления в устройство для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени среднего давления, водного раствора УАС из устройства для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени среднего давления в устройство для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени высокого давления и из устройства для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени высокого давления, в реактор синтеза, при этом устройство для дистилляции на ступени высокого давления состоит из сепаратора высокого давления и пленочного теплообменника, и установка содержит средства для подачи плава карбамида из сепаратора высокого давления в пленочный теплообменник, средства для подачи диоксида углерода в пленочный теплообменник (RU 2499791, C07C 273/04, 2013).

Наиболее близкой к предложенной является установка для получения карбамида, включающая реактор синтеза карбамида, устройство с подводом тепла из внешнего источника для дистилляции плава карбамида, полученного в реакторе синтеза, на ступени высокого давления, устройство с подводом тепла для дистилляции плава карбамида на ступени среднего давления, устройство с подводом тепла для дистилляции плава карбамида на ступени низкого давления, устройство для предварительного выпаривания водного раствора карбамида, полученного при дистилляции на ступени низкого давления, устройство для последующего выпаривания водного раствора карбамида, устройства для конденсации-абсорбции при охлаждении газов дистилляции, полученных на ступенях высокого, среднего и низкого давления, средства для подачи аммиака и диоксида углерода в реактор синтеза карбамида, плава карбамида из реактора синтеза в устройство для дистилляции на ступени высокого давления, плава карбамида из устройства для дистилляции на ступени высокого давления в устройство для дистилляции на ступени среднего давления, плава карбамида из устройства для дистилляции на ступени среднего давления в устройство для дистилляции на ступени низкого давления, водного раствора карбамида из устройства для дистилляции на ступени низкого давления в устройство для предварительного выпаривания и из устройства для предварительного выпаривания в устройство для последующего выпаривания, газов дистилляции из устройства для дистилляции на ступени высокого давления в устройство для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени высокого давления, газов дистилляции из устройства для дистилляции на ступени среднего давления в устройство для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени среднего давления, газов дистилляции из аппарата для дистилляции на ступени низкого давления в устройство для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени низкого давления, водного раствора УАС из устройства для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени низкого давления в устройство для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени среднего давления, водного раствора УАС из устройства для

конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени среднего давления, в устройство для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени высокого давления, и из устройства для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени высокого давления, в реактор синтеза (US 4314077, C07C 273/04, 1982).

Задача, решаемая предлагаемым изобретением, заключается в усовершенствовании известных способа и установки для получения карбамида и повышении их энергоэффективности и экономичности.

Технический результат, полученный при осуществлении изобретения, заключается в увеличении удельной производительности реактора синтеза карбамида, снижении газовой и тепловой нагрузки на пленочный теплообменник устройства для дистилляции на ступени высокого давления, представляющий собой стриппер-дистиллятор, снижении стоимости стриппера-дистиллятора.

Для достижения этого результата предложен способ получения карбамида взаимодействием аммиака и диоксида углерода в зоне синтеза при повышенных температуре и давлении с образованием потока плава карбамида, содержащего карбамид, воду, карбамат аммония, аммиак и диоксид углерода, дистилляцией потока плава карбамида при подводе тепла из внешнего источника последовательно на ступени высокого давления при 14,0-16,5 МПа, на ступени среднего давления при 1,5-2,5 МПа и ступени низкого давления при 0,2-0,5 МПа с образованием водного раствора карбамида и газов дистилляции, конденсацией-абсорбцией при охлаждении газов дистилляции с использованием водных абсорбентов и образованием водных растворов углеаммонийных солей, рециркуляцией водного раствора углеаммонийных солей со стадии конденсации-абсорбции газов дистилляции ступени низкого давления на стадию конденсации-абсорбции газов дистилляции ступени среднего давления, со стадии конденсации-абсорбции газов дистилляции ступени среднего давления на стадию конденсации-абсорбции газов дистилляции ступени высокого давления, и со стадии конденсации-абсорбции газов дистилляции ступени высокого давления в зону синтеза, выпариванием водного раствора карбамида в несколько ступеней, отличающийся тем, что дистилляцию плава карбамида на ступени высокого давления проводят последовательно в двух зонах, в первой из которых проводят адиабатическое дросселирование плава карбамида до давления, по меньшей мере на 0,01-0,4 МПа ниже, чем давление синтеза и проводят последующую адиабатическую сепарацию, а во второй проводят дистилляцию при подводе тепла из внешнего источника в токе диоксида углерода.

Для достижения этого результата предложена также установка для получения карбамида, включающая реактор синтеза карбамида, устройство с подводом тепла из внешнего источника для дистилляции плава карбамида, полученного в реакторе синтеза, на ступени высокого давления, устройство с подводом тепла для дистилляции плава карбамида на ступени среднего давления, устройство с подводом тепла для дистилляции плава карбамида на ступени низкого давления, теплообменник-рекуператор для предварительного выпаривания водного раствора карбамида, полученного при дистилляции на ступени низкого давления, устройство для последующего выпаривания водного раствора карбамида, устройства для конденсации-абсорбции при охлаждении газов дистилляции, полученных на ступенях высокого, среднего и низкого давления, средства для подачи аммиака и диоксида углерода в реактор синтеза карбамида, плава карбамида из реактора синтеза в устройство для дистилляции на ступени высокого давления, плава карбамида из устройства для дистилляции на ступени высокого давления

в устройство для дистилляции на ступени среднего давления, плава карбамида из устройства для дистилляции на ступени среднего давления в устройство для дистилляции на ступени низкого давления, водного раствора карбамида из устройства для дистилляции на ступени низкого давления в теплообменник-рекуператор и из

5 теплообменника-рекуператора в устройство для последующего выпаривания, газов дистилляции из устройства для дистилляции на ступени высокого давления в устройство для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени высокого давления, газов дистилляции из устройства для дистилляции на ступени среднего

10 давления в устройство для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени среднего давления, газов дистилляции из аппарата для дистилляции на ступени низкого давления в устройство для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени низкого давления, водного раствора углеаммонийных солей из устройства для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени

15 низкого давления, в устройство для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени среднего давления, водного раствора углеаммонийных солей из устройства для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени среднего давления, в устройство для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени высокого давления, и из устройства для конденсации-абсорбции

20 газов дистилляции, полученных на ступени высокого давления, в реактор синтеза, отличающаяся тем, что устройство для дистилляции на ступени высокого давления состоит из сепаратора высокого давления и пленочного теплообменника, и установка содержит дополнительно средства для подачи плава карбамида из сепаратора высокого

25 давления в пленочный теплообменник и средства для подачи свежего диоксида углерода в пленочный теплообменник, а средства для подачи плава карбамида из реактора синтеза в устройство для дистилляции на ступени высокого давления оснащены устройством для дросселирования на 0,01-0,4 МПа.

В рамках изобретения могут быть реализованы различные его модификации, являющиеся частными случаями его выполнения и позволяющие увеличить степень рекуперации тепла производственного цикла.

30 В одной из модификаций способа газы дистилляции ступени среднего давления направляют на стадию конденсации-абсорбции газов дистилляции ступени среднего давления после их теплообмена через стенку с водным раствором карбамида на стадии предварительного выпаривания. Установка в этом случае в качестве средств для подачи

35 газов дистилляции из устройства для дистилляции на ступени среднего давления в устройство для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени среднего давления, включает средства для подачи газов дистилляции из устройства для дистилляции на ступени среднего давления в теплообменник-рекуператор и из

40 теплообменника-рекуператора в устройство для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени среднего давления.

В другой модификации способа конденсацию-абсорбцию газов дистилляции ступени высокого давления проводят последовательно в двух зонах, в первой из которых проводят конденсацию, а во второй проводят адиабатическую сепарацию. Установка в этом случае включает устройство для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени высокого давления, которое состоит из конденсатора высокого

45 давления и сепаратора высокого давления, и установка содержит дополнительно средства для подачи водного раствора углеаммонийных солей из конденсатора высокого давления в сепаратор высокого давления.

В третьей модификации способа дистилляцию плава карбамида на ступени низкого

давления проводят путем теплообмена через стенку с насыщенным водяным паром, образующимся в зоне конденсации на стадии конденсации-абсорбции газов дистилляции ступени высокого давления. Установка в этом случае содержит дополнительно средства для подачи насыщенного водяного пара из конденсатора высокого давления устройства

5 для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени высокого давления, в зону нагрева устройства для дистилляции на ступени низкого давления.

В четвертой модификации способа дистилляцию плава карбамида на ступени среднего давления проводят последовательно в двух зонах, в первой из которых проводят дистилляцию путем теплообмена через стенку с паровым конденсатом, образующимся

10 в зоне дистилляции при подводе тепла ступени высокого давления, а во второй проводят дистилляцию при подводе тепла в токе инертных газов, образующихся в зоне сепарации водного раствора углеаммонийных солей на стадии конденсации-абсорбции газов дистилляции ступени высокого давления. Установка в этом случае включает устройство для дистилляции на ступени среднего давления, которое состоит из сепаратора-

15 подогревателя и дистиллятора-испарителя, и установка содержит дополнительно средства для подачи парового конденсата из пленочного теплообменника устройства для дистилляции на ступени высокого давления в зону нагрева сепаратора-подогревателя и средства для подачи инертных газов из сепаратора высокого давления устройства для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени высокого

20 давления, в зону нагрева дистиллятора-испарителя.

В пятой модификации способа в первой зоне дистилляции плава карбамида на ступени высокого давления проводят адиабатическое дросселирование плава карбамида до давления предпочтительно на 0,1-0,2 МПа ниже, чем давление синтеза. Установка в этом случае включает средства для подачи плава карбамида из реактора синтеза в

25 устройство для дистилляции на ступени высокого давления оснащенные устройством для дросселирования на 0,1-0,2 МПа.

Организация вне зоны реактора синтеза адиабатической сепарации плава карбамида, выходящего из реактора синтеза, позволяет задействовать максимально возможный объем реактора синтеза под реакционную массу за счет уменьшения свободного объема

30 в верхней части реактора синтеза, заполненного газовой фазой. При этом общий объем реактора синтеза остается неизменным. Увеличение объема ректора синтеза, заполненного реакционной массой, позволяет разместить внутри реактора синтеза большее количество массообменных тарелок и увеличить время пребывания реакционной массы в реакторе, в результате чего производительность реактора синтеза карбамида на единицу объема реактора (удельная производительность реактора синтеза)

35 повышается до 600 кг/(м³ ч), по сравнению с 370-500 кг/(м³ ч) у аналогов.

Плав карбамида на выходе из реактора синтеза представляет собой газожидкостную смесь, находящуюся в состоянии фазового равновесия. Незначительное (на 0,01-0,4 МПа) адиабатическое дросселирование плава карбамида выходящего из реактора

40 синтеза, сдвигает фазовое равновесие газожидкостной смеси и позволяет затем провести адиабатическую сепарацию плава карбамида. В результате получается эффективно отделить от плава карбамида около 10% масс, газовой фазы, что позволяет снизить нагрузку на пленочный теплообменник устройства для дистилляции на ступени высокого давления, представляющий собой стриппер-дистиллятор, и повысить эффективность

45 его работы.

Подача свежего диоксида углерода в пленочный теплообменник устройства для дистилляции на ступени высокого давления позволяет за счет увеличения термического потенциала газов дистилляции высокого давления провести процесс разложения

непрореагировавшего карбамата аммония при более низкой температуре 185-200°C (с использованием греющего пара с температурой 212-215°C), при которой возможно использование нержавеющей сталей при изготовлении теплообменных труб пленочного теплообменника устройства для дистилляции на ступени высокого давления вместо

5

дорогостоящих титана и циркония, что существенно снижает стоимость пленочного теплообменника.

Сущность изобретения иллюстрируется приведенными ниже примерами со ссылкой на технологическую схему, изображенную на прилагаемой фигуре, которые являются одними из возможных вариантов реализации предложенных способа и установки.

10

Пример 1. В реактор 1 синтеза карбамида подаются поток газообразного диоксида углерода 2 и поток жидкого аммиака 3, который поступает из сети аммиака через эжектор высокого давления 4 (молярное соотношение $\text{NO}_3:\text{CO}_2$ в реакторе 1 составляет 3,1:1) совместно с потоком 5 водного раствора УАС из сепаратора высокого давления 6. В реакторе 1 при давлении 14,0-15,5 МПа и температуре 170-190°C протекает реакция

15

синтеза карбамида с образованием плава карбамида, содержащего карбамид, воду, карбамат аммония, не превращенный в карбамид, избыточный аммиак и инертные газы. Поток 7 плава карбамида выводится из верхней части реактора 1, дросселирующим клапаном 8 давление потока 7 снижается на 0,2 МПа и далее поток 7 направляется в сепаратор высокого давления 9, где при температуре синтеза происходит разделение

20

газовой и жидкой фаз потока 7. В результате из плава карбамида выделяются газовый поток 10 (10% масс., от массы потока 7 плава карбамида), содержащий преимущественно непрореагировавшие аммиак и диоксид углерода, и жидкий поток 11 освобожденного от непрореагировавшей газовой фазы плава карбамида. Поток 11 плава карбамида из сепаратора высокого давления 9 без изменения давления поступает в стриппер-

25

дистиллятор 12, представляющий собой пленочный теплообменник, где при нагреве паром высокого давления (избыточное давление 2,1 МПа, температура 215°C) в токе выделяющихся из плава карбамида газов и в токе потока 13 диоксида углерода, которые выполняют функцию стриппингующего агента, при 190°C происходит разложение большей части карбамата аммония и отгонка избыточного аммиака. Поток 14 плава карбамида с концентрацией 40-45% и температурой 195-200°C, выводимый из стриппера-

30

дистиллятора 12, дросселируется до давления 1,6-1,8 МПа. Далее поток 14 плава карбамида вводится в нижнюю часть предразлагателя 15, где при температуре 125-135°C проводится отгонка из плава аммиака, диоксида углерода и воды. В верхней части предразлагателя 15 расположена сепарационная зона. Нижняя часть

35

предразлагателя 15 представляет собой вертикальный кожухотрубчатый теплообменник, работающий в затопленном режиме, в межтрубное пространство которого потоком 16 поступает паровой конденсат из стриппера-дистиллятора 12. Предразлагатель 15 обеспечивает предварительный нагрев и отгонку непрореагировавших компонентов из плава карбамида, тем самым уменьшая газовую и тепловую нагрузку на дистиллятор

40

среднего давления 17. Из предразлагателя 15 плав карбамида потоком 18 направляется в верхнюю часть дистиллятора среднего давления 17, где проводится отгонка из плава аммиака, диоксида углерода и воды при температуре 154°C. Верхняя часть дистиллятора среднего давления 17 совмещает массообменную тарельчатую и сепарационную зоны. Нижняя часть дистиллятора среднего давления 17 представляет собой вертикальный

45

кожухотрубчатый испаритель пленочного типа, куда в качестве стриппингующего агента потоком 19 подаются несконденсированные инертные газы из сепаратора высокого давления 6. Газы дистилляции среднего давления выводятся потоком 20 из предразлагателя 15 и потоком 21 из дистиллятора среднего давления 17 и объединенным

потоком 22 с температурой 135-152°C направляются в межтрубное пространство теплообменника-рекуператора 23. Поток 24 плава карбамида выводится из дистиллятора среднего давления 17 с концентрацией 59-63% и температурой 155-165°C, дросселируется до давления 0,3 МПа и поступает дистиллятор низкого давления 25, где проводится

5 отгонка из плава аммиака, диоксида углерода и воды при температуре 130-140°C. Верхняя часть дистиллятора низкого давления 25 совмещает массообменную тарельчатую и сепарационную зоны. Нижняя часть дистиллятора низкого давления 25 представляет собой вертикальный кожухотрубчатый испаритель пленочного типа. Поток 26 водного раствора карбамида с концентрацией 66-72% выводится из

10 дистиллятора низкого давления 25 и направляется в теплообменник-рекуператор 23, где при остаточном давлении 40-60 кПа происходит окончательная отгонка аммиака и диоксида углерода, а также упаривание раствора карбамида за счет использования тепла конденсации газов дистилляции среднего давления, поступающих потоком 22. Соковый пар из теплообменника-рекуператора 23 потоком 27 поступает в узел

15 конденсации паров стадии выпаривания (на фигуре не показан). Далее раствор карбамида с концентрацией 75% выводится из теплообменника-рекуператора 23 и потоком 28 направляется на дальнейшее выпаривание и гранулирование известными способами (на фигуре не показаны). Газы дистилляции низкого давления выводятся потоком 29 из верхней части дистиллятора низкого давления 25 и с температурой 122-

20 135°C направляются в конденсатор низкого давления 30, где происходит абсорбция и конденсация газов дистилляции низкого давления при охлаждении водой с образованием разбавленного водного раствора УАС. Полученный в конденсаторе низкого давления 30 водный раствор УАС потоком 31 подается в смеситель 32, где смешивается с потоком 33 газов дистилляции среднего давления, выходящим из межтрубного пространства

25 теплообменника-рекуператора 23, после этого полученный смешанный поток 34 с температурой 95-110°C поступает в конденсатор среднего давления 35, а затем потоком 36 с температурой 90-100°C поступает в промывную колонну 37 для разделения фаз и отмывки газовой фазы от диоксида углерода. Газообразный аммиак из промывной колонны 37 направляется потоком 38 на конденсацию в аммиачный конденсатор 39,

30 полученный жидкий аммиак потоком 40 частично рециркулируется в виде флегмы в промывную колонну 37, а остальная часть поступает в сеть аммиака. Несконденсировавшийся аммиак и инертные газы из аммиачного конденсатора 39 направляются потоком 41 в скруббер 42, оборудованный теплообменником и абсорбционной колонной. Получаемая в скруббере 42 аммиачная вода потоком 43

35 подается на орошение промывной колонны 37. Инертные газы из скруббера 42 потоком 44 сбрасываются в атмосферу. Водный раствор УАС с температурой 75-105°C из кубовой части промывной колонны 37 потоком 45 подается в смеситель 46, куда также подают газовый поток 10 из сепаратора высокого давления 9 вместе с газовым потоком 47 из стриппера-дистиллятора 12. Из смесителя 46 газожидкостный поток 48 поступает в

40 конденсатор высокого давления 49, где происходит конденсация газов с образованием раствора карбамата аммония. Газожидкостная смесь из конденсатора высокого давления 49 потоком 50 поступает в сепаратор высокого давления 6. В межтрубном пространстве конденсатора высокого давления 49 при испарении парового конденсата, поступающего потоком 51 из дистиллятора среднего давления 17, за счет тепла

45 образования карбамата аммония и растворения аммиака при 180°C образуется насыщенный водяной пар с избыточным давлением 0,45 МПа, который потоком 52 направляется в межтрубное пространство дистиллятора низкого давления 25. В сепараторе высокого давления 6 происходит разделение газожидкостной смеси с

образованием рециркулируемого в реактор 1 потока 5 водного раствора УАС и потока 19 несконденсированных газов, который направляется в нижнюю часть дистиллятора среднего давления 17.

Пример 2. Процесс проводят аналогично примеру 1 с тем отличием, что дросселирующим клапаном 8 давление потока 7 плава карбамида снижается на 0,1 МПа и далее поток 7 направляется в сепаратор высокого давления 9, где при температуре синтеза выделяется газовый поток 10, содержащий 7% масс. от массы потока 7 плава карбамида.

Пример 3. Процесс проводят аналогично примеру 1 с тем отличием, что дросселирующим клапаном 8 давление потока 7 плава карбамида снижается на 0,01 МПа и далее поток 7 направляется в сепаратор высокого давления 9, где при температуре синтеза выделяется газовый поток 10, содержащий 1,5% масс, от массы потока 7 плава карбамида.

Пример 4. Процесс проводят аналогично примеру 1 с тем отличием, что дросселирующим клапаном 8 давление потока 7 плава карбамида снижается на 0,4 МПа и далее поток 7 направляется в сепаратор высокого давления 9, где при температуре синтеза выделяется газовый поток 10, содержащий 11% масс, от массы потока 7 плава карбамида.

(57) Формула изобретения

1. Способ получения карбамида взаимодействием аммиака и диоксида углерода в зоне синтеза при повышенных температуре и давлении с образованием потока плава карбамида, содержащего карбамид, воду, карбамат аммония, аммиак и диоксид углерода, дистилляцией потока плава карбамида при подводе тепла из внешнего источника последовательно на ступени высокого давления при 14,0-16,5 МПа, на ступени среднего давления при 1,5-2,5 МПа и ступени низкого давления при 0,2-0,5 МПа с образованием водного раствора карбамида и газов дистилляции, конденсацией-абсорбцией при охлаждении газов дистилляции с использованием водных абсорбентов и образованием водных растворов углеаммонийных солей, рециркуляцией водного раствора углеаммонийных солей со стадии конденсации-абсорбции газов дистилляции ступени низкого давления на стадию конденсации-абсорбции газов дистилляции ступени среднего давления, со стадии конденсации-абсорбции газов дистилляции ступени высокого давления на стадию конденсации-абсорбции газов дистилляции ступени высокого давления в зону синтеза, выпариванием водного раствора карбамида в несколько ступеней, отличающийся тем, что дистилляцию плава карбамида на ступени высокого давления проводят последовательно в двух зонах, в первой из которых проводят адиабатическое дросселирование плава карбамида до давления, по меньшей мере на 0,01-0,4 МПа ниже, чем давление синтеза и проводят последующую адиабатическую сепарацию, а во второй проводят дистилляцию при подводе тепла из внешнего источника в токе диоксида углерода.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что газы дистилляции ступени среднего давления направляют на стадию конденсации-абсорбции газов дистилляции ступени среднего давления после их теплообмена через стенку с водным раствором карбамида на стадии предварительного выпаривания.

3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что конденсацию-абсорбцию газов дистилляции ступени высокого давления проводят последовательно в двух зонах, в первой из которых проводят конденсацию, а во второй проводят адиабатическую сепарацию.

4. Способ по п. 3, отличающийся тем, что дистилляцию плава карбамида на ступени низкого давления проводят путем теплообмена через стенку с насыщенным водяным паром, образующимся в зоне конденсации на стадии конденсации-абсорбции газов дистилляции ступени высокого давления.

5 5. Способ по п. 3, отличающийся тем, что дистилляцию плава карбамида на ступени среднего давления проводят последовательно в двух зонах, в первой из которых проводят дистилляцию путем теплообмена через стенку с паровым конденсатом, образующимся в зоне дистилляции при подводе тепла ступени высокого давления, а во второй проводят дистилляцию при подводе тепла в токе инертных газов, образующихся в зоне сепарации водного раствора углеаммонийных солей на стадии конденсации-абсорбции газов дистилляции ступени высокого давления.

6. Способ по п. 1, отличающийся тем, что в первой зоне дистилляции плава карбамида на ступени высокого давления проводят адиабатическое дросселирование плава карбамида до давления на 0,1-0,2 МПа ниже, чем давление синтеза.

15 7. Установка для получения карбамида, включающая реактор синтеза карбамида, устройство с подводом тепла из внешнего источника для дистилляции плава карбамида, полученного в реакторе синтеза, на ступени высокого давления, устройство с подводом тепла для дистилляции плава карбамида на ступени среднего давления, устройство с подводом тепла для дистилляции плава карбамида на ступени низкого давления, теплообменник-рекуператор для предварительного выпаривания водного раствора карбамида, полученного при дистилляции на ступени низкого давления, устройства для последующего выпаривания водного раствора карбамида, устройства для конденсации-абсорбции при охлаждении газов дистилляции, полученных на ступенях высокого, среднего и низкого давления, средства для подачи аммиака и диоксида углерода в реактор синтеза карбамида, плава карбамида из реактора синтеза в устройство для дистилляции на ступени высокого давления, плава карбамида из устройства для дистилляции на ступени высокого давления в устройство для дистилляции на ступени среднего давления, плава карбамида из устройства для дистилляции на ступени среднего давления в устройство для дистилляции на ступени низкого давления, водного раствора карбамида из устройства для дистилляции на ступени низкого давления в теплообменник-рекуператор и из теплообменника-рекуператора в устройство для последующего выпаривания, газов дистилляции из устройства для дистилляции на ступени высокого давления в устройство для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени высокого давления, газов дистилляции из устройства для дистилляции на ступени среднего давления в устройство для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени среднего давления, газов дистилляции из аппарата для дистилляции на ступени низкого давления в устройство для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени низкого давления, водного раствора углеаммонийных солей из устройства для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени низкого давления, в устройство для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени среднего давления, водного раствора углеаммонийных солей из устройства для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени среднего давления, в устройство для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени высокого давления, и из устройства для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени высокого давления, в реактор синтеза, отличающаяся тем, что устройство для дистилляции на ступени высокого давления состоит из сепаратора высокого давления и пленочного теплообменника, и установка содержит дополнительно средства для

подачи плава карбамида из сепаратора высокого давления в пленочный теплообменник и средства для подачи свежего диоксида углерода в пленочный теплообменник, а средства для подачи плава карбамида из реактора синтеза в устройство для дистилляции на ступени высокого давления оснащены устройством для дросселирования на 0,01-0,4 МПа.

8. Установка по п. 7, отличающаяся тем, что средства для подачи газов дистилляции из устройства для дистилляции на ступени среднего давления в устройство для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени среднего давления, включают средства для подачи газов дистилляции из устройства для дистилляции на ступени среднего давления в теплообменник-рекуператор и из теплообменника-рекуператора в устройство для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени среднего давления.

9. Установка по п. 7, отличающаяся тем, что устройство для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени высокого давления, состоит из конденсатора высокого давления и сепаратора высокого давления, и установка содержит дополнительно средства для подачи водного раствора углеаммонийных солей из конденсатора высокого давления в сепаратор высокого давления.

10. Установка по п. 9, отличающаяся тем, что установка содержит дополнительно средства для подачи насыщенного водяного пара из конденсатора высокого давления устройства для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени высокого давления, в зону нагрева устройства для дистилляции на ступени низкого давления.

11. Установка по п. 9, отличающаяся тем, что устройство для дистилляции на ступени среднего давления состоит из сепаратора-подогревателя и дистиллятора-испарителя, и установка содержит дополнительно средства для подачи парового конденсата из пленочного теплообменника устройства для дистилляции на ступени высокого давления в зону нагрева сепаратора-подогревателя и средства для подачи инертных газов из сепаратора высокого давления устройства для конденсации-абсорбции газов дистилляции, полученных на ступени высокого давления, в зону нагрева дистиллятора-испарителя.

12. Установка по п. 7, отличающаяся тем, что средства для подачи плава карбамида из реактора синтеза в устройство для дистилляции на ступени высокого давления оснащены устройством для дросселирования на 0,1-0,2 МПа.

