



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **86273** (13) **C2**
(51) **МПК (2009)**
C07C 273/04 (2006.01)
B01D 53/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

**(54) СПОСІБ І УСТАНОВКА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА КАРБАМІДУ І СПОСІБ МОДЕРНІЗАЦІЇ УСТАНОВКИ
ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА КАРБАМІДУ**

1

(21) a200706030
(22) 31.05.2007
(24) 10.04.2009
(31) 2006119603
(32) 05.06.2006
(33) RU
(46) 10.04.2009, Бюл.№ 7, 2009 р.
(72) СЕРГЄЄВ ЮРІЙ АНДРЕЄВИЧ, АНДЕРЖАНОВ
РІНАТ ВЕНЄРОВИЧ, ВОРОБЬЄВ АЛЕКСАНДР
АНДРЕЄВИЧ, АКСЬОНОВА ЄЛЕНА ЮРЬЄВНА,
СОЛДАТОВ АЛЕКСЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ, ПРО-
КОПЬЄВ АЛЕКСАНДР АЛЕКСЕЄВИЧ, КОСТИН
ОЛЕГ НИКОЛАЄВИЧ, КУЗНЕЦОВ НИКОЛАЙ МІ-
ХАЙЛОВИЧ, ЄСІН ІГОРЬ ВЕНІАМІНОВИЧ
(73) ОТКРИТОЄ АКЦІОНЕРНОЄ ОБЩЕСТВО
"НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ І ПРОЕКТНИЙ
ИНСТИТУТ КАРБАМИДА І ПРОДУКТОВ ОРГАНИЧЕ-
СКОГО СИНТЕЗА"
(56) UA, 73996, C2, 15.04.2003
RU, 2017727, C1, 15.08.1994
RU, 2181359, C2, 20.04.2002
US, 5886222, A, 23.03.1999
US, 3691729, A, 19.09.1972
EP, 0751121, A2, 02.01.1997
(57) 1. Спосіб виробництва карбаміду, що включає
взаємодію аміаку і діоксиду вуглецю в реакторі
синтезу при підвищених температурі і тиску з
утворенням реакційної суміші, яка містить карба-
мід, карбамат амонію і вільний аміак у водному
розчині, наступну подачу реакційної суміші в стрі-
пер для часткового розкладу карбамату амонію і
часткового відокремлення вільного аміаку в потоці
вихідного діоксиду вуглецю при тиску, практично
рівному тиску в реакторі синтезу, з одержанням
газового потоку, включаючого аміак і діоксид вуг-
лецю, і рідинного потоку, включаючого карбамід і
залишковий карбамат амонію у водному розчині,
подачу рідинного потоку із стріпера на стадії на-
ступного розкладу карбамату амонію, відокрем-
лення аміаку і діоксиду вуглецю і виділення кар-
баміду, подачу газового потоку із стріпера в
нижню частину вертикального конденсатора для
його змішування з вихідним рідким аміаком і част-
кової абсорбції-конденсації при тиску, практично
рівному тиску в реакторі синтезу, подачу рідинного
потоку, що утворений в вертикальному конденса-

2

торі в реактор синтезу, очистку від аміаку і діокси-
ду вуглецю газових потоків із реактора синтезу і
вертикального конденсатора, які містять, в основ-
ному, інертні гази, водяним абсорбентом при тис-
ку, практично рівному тиску в реакторі синтезу,
який **відрізняється** тим, що потік вихідного діок-
сиду вуглецю ділять на дві частини, одну із яких
направляють в стріпер, а другу частину викорис-
товують як робочий потік для інжектування газове-
го потоку із стріпера в вертикальний конденсатор.
2. Спосіб за пунктом 1, який **відрізняється** тим,
що частину газового потоку, який виходить із стрі-
пера, рециркулюють в стріпер.
3. Спосіб за пунктом 1 або 2, який **відрізняється**
тим, що газовий потік із вертикального конденса-
тора, який містить, в основному, інертні гази, на-
правляють в реактор синтезу.
4. Установа для виробництва карбаміду, яка
складається з реактора синтезу, стріпера для
часткового розкладу карбамату амонію і частково-
го відокремлення вільного аміаку в потоці вихідно-
го діоксиду вуглецю, вертикального конденсатора
для змішування газового потоку із стріпера з вихі-
дним рідким аміаком і його часткової абсорбції-
конденсації, скрубера для очистки від аміаку і діо-
ксиду вуглецю газових потоків із реактора синтезу і
вертикального конденсатора, засобів для подачі
вихідного діоксиду вуглецю і рідинного потоку із
реактора в стріпер, вихідного аміаку і газового
потоку із стріпера в нижню частину вертикального
конденсатора, рідинного потоку із вертикального
конденсатора в реактор, рідинного потоку із стрі-
пера в апарати для здійснення процесів наступно-
го розкладу карбамату амонію і виділення карба-
миду, газового потоку із реактора синтезу в
скрубера, яка **відрізняється** тим, що вона включає
засоби для інжектування газового потоку із стрі-
пера в вертикальний конденсатор частиною потоку
вихідного діоксиду вуглецю.
5. Установа за пунктом 4, яка **відрізняється** тим,
що вона додатково включає засоби для рецирку-
ляції в стріпер частини газового потоку, який ви-
ходить із стріпера.
6. Установа за пунктом 4 або 5, яка **відрізняєть-
ся** тим, що вона додатково включає засоби для

C2
(13)

86273
(11)

UA
(19)

подачі газового потоку із вертикального конденсатора в реактор.

7. Установка за пунктом 4 або 5, яка **відрізняється** тим, що в нижній частині вертикального конденсатора вона включає засоби для інтенсифікації змішування вихідного аміаку і газового потоку із стріпера.

8. Спосіб модернізації установки для виробництва карбаміду, яка складається з реактора синтезу, стріпера для часткового розкладу карбамату амонію і часткового відокремлення вільного аміаку в потоці вихідного діоксиду вуглецю, вертикального конденсатора для змішування газового потоку із стріпера з вихідним рідким аміаком і його часткової абсорбції-конденсації, скрубера для очистки від аміаку і діоксиду вуглецю газових потоків із реактора синтезу і вертикального конденсатора, засобів для подачі вихідного діоксиду вуглецю і рідинного потоку із реактора в стріпер, вихідного аміаку і газового потоку із стріпера в нижню частину вертикального конденсатора, рідинного потоку із вертикального конденсатора в реактор, рі-

динного потоку із стріпера в апарати для здійснення процесів наступного розкладу карбамату амонію і виділення карбаміду, газового потоку із реактора синтезу в скрубер, який **відрізняється** тим, що в установку включають засоби для інжектування газового потоку із стріпера в вертикальний конденсатор частиною потоку вихідного діоксиду вуглецю.

9. Спосіб за пунктом 8, який **відрізняється** тим, що до складу установки додатково включають засоби для рециркуляції в стріпер частини газового потоку, який виходить із стріпера.

10. Спосіб за пунктом 8 або 9, який **відрізняється** тим, що до складу установки додатково включають засоби для подачі газового потоку із вертикального конденсатора в реактор.

11. Спосіб за пунктом 8 або 9, який **відрізняється** тим, що до складу установки включають засоби для інтенсифікації змішування вихідного аміаку і газового потоку із стріпера в нижній частині вертикального конденсатора.

Винахід відноситься до способів і пристроїв для виробництва карбаміду з аміаку і двооксиду вуглецю.

Відомі способи виробництва карбаміду, включаючи взаємодію аміаку і двооксиду вуглецю в реакторі синтезу при підвищених температурі і тиску з утворенням реакційної суміші, яка містить карбамід, карбамат амонію (далі - карбамат) і вільний аміак у водному розчині, наступну подачу реакційної суміші в стріпер для часткового розкладу карбамату і часткового відокремлення вільного аміаку в потоку вихідного двооксиду вуглецю при тиску, практично рівному тиску в реакторі синтезу, з одержанням газового потоку, включаючого аміак і двооксид вуглецю, і рідинного потоку, включаючого карбамід і залишковий карбамат у водному розчині, подачу рідинного потоку із стріпера на стадії наступного розкладу карбамату, відокремлення аміаку і двооксиду вуглецю і виділення карбаміду, подачу газового потоку із стріпера на стадію часткової абсорбції-конденсації при тиску, практично рівному тиску в реакторі синтезу, подачу утворюемого на цій стадії рідкого потоку в реактор синтезу [Д.М. Горловский и др. Технология карбамида, М.: Химия, 1981, с. 151-168].

Найбільш близьким до запропонованого способу являється спосіб виробництва карбаміду, включаючий взаємодію аміаку і двооксиду вуглецю в реакторі синтезу при підвищених температурі і тиску з утворенням реакційної суміші, яка містить карбамід, карбамат амонію і вільний аміак у водному розчині, наступну подачу реакційної суміші в стріпер для часткового розкладу карбамату амонію і часткового відокремлення вільного аміаку в потоку вихідного двооксиду вуглецю при тиску, практично рівному тиску в реакторі синтезу, з одержанням газового потоку, включаючого аміак і двооксид вуглецю, і рідинного потоку, включаючо-

го карбамід і залишковий карбамат амонію у водному розчині, подачу рідинного потоку із стріпера на стадії наступного розкладу карбамату амонію, відокремлення аміаку і двооксиду вуглецю і виділення карбаміду, подачу частини газового потоку із стріпера в нижню частину вертикального конденсатора для його змішування з вихідним рідким аміаком і часткової абсорбції-конденсації при тиску, практично рівному тиску в реакторі синтезу, подачу другої частини газового потоку із стріпера в реактор синтезу, подачу утворюемого в вертикальному конденсаторі рідинного потоку в реактор синтезу, очистку від аміаку і двооксиду вуглецю газових потоків із реактора синтезу і вертикального конденсатора, які містять, в основному, інертні гази, водяним абсорбентом при тиску, практично рівному тиску в реакторі синтезу [RU 2233836, С 07 С 273/04, 2004].

Відомі установки для виробництва карбаміду, які складаються з реактора синтезу, стріпера для часткового розкладу карбамату і часткового відокремлення вільного аміаку в потоку вихідного двооксиду вуглецю, конденсатора для часткової абсорбції-конденсації газового потоку із стріпера, засобів для подачі вихідних аміаку і двооксиду вуглецю, засобів для подачі рідинного потоку із реактора в стріпер, газового потоку із стріпера в конденсатор, рідинного потоку із конденсатора в реактор, рідинного потоку із стріпера і газових потоків із реактора синтезу і конденсатора в апарати для здійснення процесів наступного розкладу карбамату і виділення карбаміду [Д.М. Горловский и др. Технология карбамида, М.: Химия, 1981, с. 151-168].

Найбільш близькою до запропонованої установки являється установка для виробництва карбаміду, яка складається з реактора синтезу, стріпера для часткового розкладу карбамату амонію і

часткового відокремлення вільного аміаку в потоку вихідного двооксиду вуглецю, вертикального конденсатора для змішування газового потоку із стрипера з вихідним рідким аміаком і його часткової абсорбції-конденсації, скрубера для очистки від аміаку і двооксиду вуглецю газових потоків із реактора синтезу і вертикального конденсатора, засобів для подачі рідинного потоку із реактора і вихідного потоку двооксиду вуглецю в стрипер, частини газового потоку із стрипера в реактор синтезу, другої частини газового потоку із стрипера в нижню частину вертикального конденсатора, рідинного потоку із вертикального конденсатора в реактор, рідинного потоку із стрипера в апарати для здійснення процесів наступного розкладу карбамату амонію і виділення карбаміду, газових потоків із реактора синтезу і вертикального конденсатора в скрубер. Дана відома установка призначена для здійснення описаного вище відомого способу [RU 2233836, С 07 С 273/04, 2004].

Найбільш близьким до запропонованого способу являється спосіб модернізації установки для виробництва карбаміду, яка складається з реактора синтезу, стрипера для часткового розкладу карбамату амонію і часткового відокремлення вільного аміаку в потоку вихідного двооксиду вуглецю, вертикального конденсатора для змішування газового потоку із стрипера з вихідним рідким аміаком і його часткової абсорбції-конденсації, скрубера для очистки від аміаку і двооксиду вуглецю газових потоків із реактора синтезу і вертикального конденсатора, засобів для подачі вихідного двооксиду вуглецю і рідинного потоку із реактора в стрипер, рідинного потоку із вертикального конденсатора в реактор, рідинного потоку із стрипера в апарати для здійснення процесів наступного розкладу карбамату амонію і виділення карбаміду, газового потоку із реактора синтезу в скрубер, шляхом включення в установку засобів для подачі частини газового потоку із стрипера в реактор синтезу, другої частини газового потоку із стрипера в нижню частину вертикального конденсатора [RU 2233836, С 07 С 273/04, 2004].

При здійсненні відомого способу на відомій установці подача частини газів із стрипера в реактор зменшує кількість тепла, яке можна було б утилізувати в вертикальному конденсаторі, а також зміщує гідродинамічний режим в реакторі в сторону режиму ідеального змішування, зменшуючи тим самим ефективний час перебування реагуючих речовин в реакторі. Велика кількість потоків високого тиску, що необхідно розподілити, утворює істотні труднощі в управлінні процесом, які в значній степені зв'язані з тим, що вузол синтезу (реактор, стрипер, конденсатор і скрубер) являє собою систему апаратів, які знаходяться практично під єдиним тиском, і рух потоків в цій системі підпорядкований законам гідравліки.

Технічна задача, на вирішення якої направлено винахід, полягає в такому перерозподілі потоків у вузлі синтезу, який дозволив би збільшити ступінь конверсії вихідних реагентів в карбамід і, відповідно, скоротити масштаб рециркуляції не конвертованих реагентів.

Для вирішення цієї задачі запропоновано спосіб виробництва карбаміду, включаючий взаємодію аміаку і двооксиду вуглецю в реакторі синтезу при підвищених температурі і тиску з утворенням реакційної суміші, яка містить карбамід, карбамат амонію і вільний аміак у водному розчині, наступну подачу реакційної суміші в стрипер для часткового розкладу карбамату амонію і часткового відокремлення вільного аміаку в потоку вихідного двооксиду вуглецю при тиску, практично рівному тиску в реакторі синтезу, з одержанням газового потоку, включаючого аміак і двооксид вуглецю, і рідинного потоку, включаючого карбамід і залишковий карбамат амонію у водному розчині, подачу рідинного потоку із стрипера на стадії наступного розкладу карбамату амонію, відокремлення аміаку і двооксиду вуглецю і виділення карбаміду, подачу газового потоку із стрипера в нижню частину вертикального конденсатора для його змішування з вихідним рідким аміаком і часткової абсорбції-конденсації при тиску, практично рівному тиску в реакторі синтезу, подачу утворюємого в вертикальному конденсаторі рідинного потоку в реактор синтезу, очистку від аміаку і двооксиду вуглецю газових потоків із реактора синтезу і вертикального конденсатора, які містять, в основному, інертні гази, водяним абсорбентом при тиску, практично рівному тиску в реакторі синтезу, який відрізняється тим, що потік вихідного двооксиду вуглецю ділять на дві частини, одну із яких направляють в стрипер, а другу частину використовують як робочий потік для інжектування газового потоку із стрипера в вертикальний конденсатор. При здійсненні способу частину газового потоку, який виходить із стрипера, можна рециркулювати в стрипер, наприклад, змішуючи його з частиною потоку вихідного двооксиду вуглецю, який подається в стрипер, для інжектування потоку, що рециркулюється. Газовий потік із вертикального конденсатора, який містить, в основному, інертні гази, може бути спрямований в реактор синтезу.

Для вирішення зазначеної технічної задачі запропонована також установка для виробництва карбаміду, яка складається з реактора синтезу, стрипера для часткового розкладу карбамату амонію і часткового відокремлення вільного аміаку в потоку вихідного двооксиду вуглецю, вертикального конденсатора для змішування газового потоку із стрипера з вихідним рідким аміаком і його часткової абсорбції-конденсації, скрубера для очистки від аміаку і двооксиду вуглецю газових потоків із реактора синтезу і вертикального конденсатора, засобів для подачі вихідного двооксиду вуглецю і рідинного потоку із реактора в стрипер, вихідного аміаку і газового потоку із стрипера в нижню частину вертикального конденсатора, рідинного потоку із вертикального конденсатора в реактор, рідинного потоку із стрипера в апарати для здійснення процесів наступного розкладу карбамату амонію і виділення карбаміду, газового потоку із реактора синтезу в скрубер, яка відрізняється тим, що вона містить засоби для інжектування газового потоку із стрипера в вертикальний конденсатор частиною потоку вихідного двооксиду вуглецю. Установка може мати засоби для рецир-

куляції в стрипер частини газового потоку, який виходить із стрипера, наприклад, у вигляді інжектора, робочим потоком в якому являється частина потоку вихідного двооксиду вуглецю, який направлений в стрипер. Установка може мати також засоби для подачі в реактор синтезу газового потоку, який виходить із вертикального конденсатора і містить, в основному, інертні гази, і/або засоби для інтенсифікації змішування вихідного аміаку і газового потоку із стрипера в нижній частині вертикального конденсатора.

Для вирішення зазначеної технічної задачі запропоновано також спосіб модернізації установки для виробництва карбаміду, яка складається з реактора синтезу, стрипера для часткового розкладу карбамату амонію і часткового відокремлення вільного аміаку в потоку вихідного двооксиду вуглецю, вертикального конденсатора для змішування газового потоку із стрипера з вихідним рідким аміаком і його часткової абсорбції-конденсації, скрубера для очистки від аміаку і двооксиду вуглецю газових потоків із реактора синтезу і вертикального конденсатора, засобів для подачі вихідного двооксиду вуглецю і рідинного потоку із реактора в стрипер, вихідного аміаку і газового потоку із стрипера в нижню частину вертикального конденсатора, рідинного потоку із вертикального конденсатора в реактор, рідинного потоку із стрипера в апарати для здійснення процесів наступного розкладу карбамату амонію і виділення карбаміду, газового потоку із реактора синтезу в скруббер, який відрізняється тим, що до складу установки включають засоби для інжектування газового потоку із стрипера в вертикальний конденсатор частиною потоку вихідного двооксиду вуглецю. До складу установки можуть також бути включені засоби для подачі газового потоку із вертикального конденсатора в реактор, і/або засоби для рециркуляції в стрипер частини газового потоку, який виходить із стрипера, і/або засоби для інтенсифікації змішування вихідного аміаку і газового потоку із стрипера в нижній частині вертикального конденсатора.

Технічний результат, виникаючий при використанні запропонованого способу і запропонованої установки, полягає в наступному. Завдяки розподілу потоку вихідного двооксиду вуглецю на дві частини і подачі всього потоку газів із стрипера в вертикальний конденсатор, співвідношення між кількостями компонентів, що відганяються в стрипері, змінюється таким чином, що в рідинному потоку, який надходить із вертикального конденсатора в реактор, збільшується кількість аміаку і зменшується кількість води. Внаслідок цього зростає ступінь перетворення вихідних реагентів в карбамід, зменшуються навантаження на послідовні стадії розділення реакційної суміші і рециркуляції речовин, які не прореагували, і, відповідно, енергетичні витрати на здійснення цих процесів. Одночасно покращується керування системою синтезу.

Для застосування способу виробництва карбаміду можуть бути використані як нові установки, так і існуючі, модифіковані запропонованим способом.

Суть винаходу ілюструється доданими Фіг.1, 2. На Фіг.1 відображено принципову технологічну схему конкретного втілення запропонованої установки, яка реалізує запропонований спосіб. На Фіг.2 відображено принципову технологічну схему варіанту конкретного втілення запропонованої установки, який включає засоби для рециркуляції в стрипер частини газового потоку, який надходить із стрипера.

Установка, яка відображена на Фіг.1, включає реактор синтезу карбаміду 1, стрипер 2, вертикальний конденсатор 3, скруббер 4, компресор 5 для подачі двооксиду вуглецю в установку по трубопроводу 6, насос 7 для подачі аміаку в вертикальний конденсатор по трубопроводу 8 через ежектор 9 і далі по трубопроводу 10, трубопровід 11 для подачі рідинного потоку із реактора в стрипер, ежектор 12 для подачі газового потоку із стрипера в нижню частину вертикального конденсатора по трубопроводу 13 за допомогою частини потоку вихідного двооксиду вуглецю, який відбирають з трубопроводу 6 по трубопроводу 14, трубопровід 15 для подачі газорідинного потоку із вертикального конденсатора в реактор, трубопровід 16 для подачі рідинного потоку із стрипера в апарати для здійснення процесів наступного розкладу карбамату і виділення карбаміду, трубопровід 17 для подачі газового потоку із реактора в скруббер, трубопровід 18 для подачі рідинного потоку із скрубера в ежектор 9, трубопровід 19 для подачі невеликої частини рідинного потоку із реактора в ежектор 9, трубопровід 20 для передачі газів, не абсорбованих в скруббері, в апарати для абсорбції газів, виділених в апаратах для наступного розкладу карбамату амонію, насос 21 для подачі в скруббер по трубопроводу 22 рециркулюючого розчину вуглеамонійних солей (ВАС) із апаратів для абсорбції газів, виділених в апаратах для наступного розкладу карбамату амонію, трубопровід 23 для подачі двооксиду вуглецю в стрипер із трубопроводу 6.

Установка, яка відображена на Фіг.2, на відміну від установки, відображеної на Фіг.1, містить ежектор 24 для рециркуляції частини газового потоку із стрипера в нижню його частину по трубопроводу 25. Робочим потоком в ежекторі являється потік вихідного двооксиду вуглецю, що надходить по трубопроводам 6 і 23; змішаний потік надходить в нижню частину стрипера по трубопроводу 26.

Суть винаходу ілюструється також приведеними нижче прикладами здійснення запропонованого способу виробництва карбаміду з використанням запропонованої установки, а також запропонованого способу модернізації установки карбаміду.

Приклад 1. Відповідно з Фіг.1 потік вихідного двооксиду вуглецю в кількості 47214кг/год. (з домішкою інертів) з температурою 100°C компресором 5 по трубопроводу 6 подають у вузол синтезу. Частину двооксиду вуглецю в кількості 30840кг/год. направляють в нижню частину стрипера 2 по трубопроводу 23 як стрипінг-агент. В верхню частину стрипера по трубопроводу 11 подають 182770кг/год. рідинного потоку із реактора

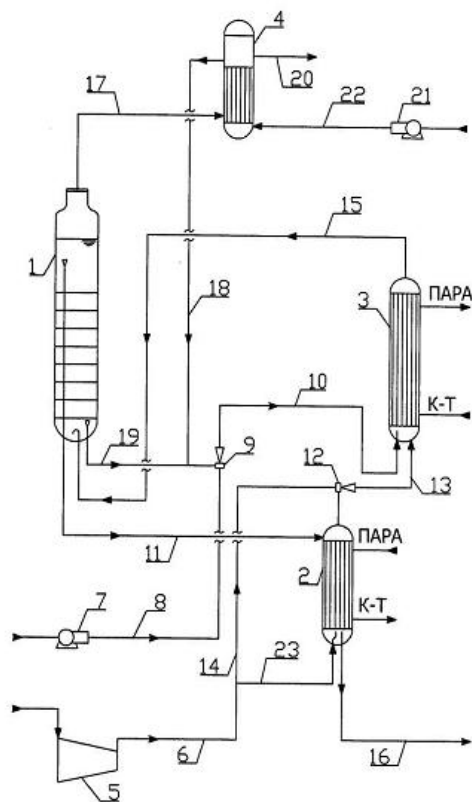
синтезу карбаміду 1 з температурою 185°C (NH_3 56355кг/год., CO_2 28050кг/год., карбамід 63940кг/год., H_2O 34425кг/год.). Під впливом пари з температурою 195°C і тиском 20кгс/см², яку подають в міктрубний простір стрипера 2 в кількості 48,5т/год., в трубах стрипера чиниться відгін компонентів в потоку газів. 115724кг/год. розчину після відгону з температурою 168°C (NH_3 9862кг/год., CO_2 10940кг/год., карбамід 63940кг/год., H_2O 30983кг/год.) по трубопроводу 16 направляють на стадію наступної дистиляції. Газовий потік із стрипера 2 з температурою 187°C і тиском 140кгс/см² (NH_3 46493кг/год., CO_2 47716кг/год., H_2O 3443кг/год.) в кількості 97886кг/год. надходить в ежектор 12 як інжектований потік. Робочим потоком в ежекторі 12 являється вихідний двооксид вуглецю (з домішкою інертів) з температурою 100°C і тиском 145кгс/см², який надходить по трубопроводу 14 в кількості 16374кг/ч. Змішаний потік (114260кг/год.; NH_3 46493кг/год., CO_2 63966кг/год., H_2O 3443кг/год.) з температурою 182°C по трубопроводу 13 надходить в спеціальний змішуючий пристрій в нижній камері вертикального конденсатора 3. В цю же камеру по трубопроводу 10 надходить рідинний потік із ежектора 9. В ежекторі 9 робочим потоком являється рідкий аміак з температурою 22°C (36447кг/год.), який подається насосом 7 по трубопроводу 8, а інжектіваним - розчин ВАС із скрубера 4 з температурою 165°C (48878кг/год.; NH_3 18714кг/год., CO_2 17413кг/год., H_2O 12561кг/год.), який надходить по трубопроводу 18. При необхідності для покращення умов проведення процесу в вертикальному конденсаторі 3 в ежектор 9 по трубопроводу 19 може підсмоктуватися невелика кількість рідинного потоку із реактора синтезу карбаміду 1. В вертикальному конденсаторі 3 відбувається утворення карбамату; при цьому в міктрубному просторі генерується пара низьких параметрів (50,6т/год.). Вертикальний конденсатор 3 працює в затопленому режимі. Газова і рідка фази рухаються в трубах прямотоком знизу вгору. В конденсаторі частково відбувається утворення карбаміду (ступінь конверсії CO_2 в карбамід до 20%). Утворена в конденсаторі 3 газорідинна суміш з температурою 171°C по трубопроводу 15 надходить в реактор синтезу карбаміду 1 (199584кг/год.; NH_3 91073кг/год., CO_2 67867кг/год., карбамід 18862кг/год., H_2O 21604кг/год.). В реакторі синтезу карбаміду, де підтримують температуру 185°C, відбувається подальше утворення карбаміду. При цьому не прореагувані і залишкові гази відводяться в верхній частині реактора, а одержаний плав карбаміду направляється в стрипер 2 через переливну трубу. Гази з температурою 183°C (16814кг/год.; NH_3 9174кг/год., CO_2 6580кг/год., H_2O 703кг/год., інерти 358кг/год.) по трубопроводу 17 надходять в скрубер 4. В скрубер насосом 21 по трубопроводу 22 подають рециркулюючий розчин ВАС з температурою 80°C (34425кг/год.; NH_3 11207кг/год., CO_2 11121кг/год., H_2O 11907кг/год.). В скрубери відбувається конденсація газів, які виходять із реактора. Не сконденсовані гази з температурою 165°C (2362кг/год.; NH_3 1667кг/год., CO_2 287кг/год., H_2O 49кг/год., інерти 358кг/год.) направляють по трубо-

проводу 20 у вузол абсорбції, одержаний розчин - по трубопроводу 18 в ежектор 9 на змішування з рідким аміаком. В порівнянні з прототипом ступінь конверсії CO_2 в карбамід збільшується с 62 до 62,5%, витрата пари в стрипері зменшується на 3,6%, навантаження на скрубер по газу скорочується в 1,35 разу.

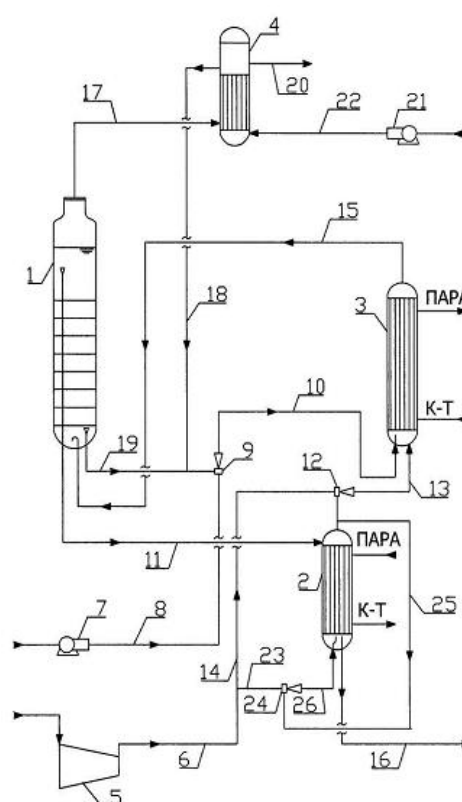
Приклад 2. Установка карбаміду відповідно Фіг.5 із [опису RU 2233836] модернізована слідуючим чином. Потік вихідного двооксиду вуглецю, який раніше було направлено безпосередньо в стрипер, поділено на дві частини. Одна із цих частин використана як робочий потік для інжектування частини газів, які виходять із стрипера, в нижню частину вертикального конденсатора, а друга частина використана як робочий потік в ежекторі для повернення другої частини газів, які виходять із стрипера, в нижню частину останнього. Газорідинний потік із верхньої частини вертикального конденсатора направлено без розділу фаз в нижню частину реактора. Схема після модернізації відповідає Фіг.2. Потік вихідного двооксиду вуглецю в кількості 47214кг/год. (з домішкою інертів) з температурою 100°C компресором 5 подають у вузол синтезу. Частину двооксиду вуглецю в кількості 11294кг/год. з температурою 100°C і тиском 145кгс/см² направляють по трубопроводу 6 і далі по трубопроводу 23 через ежектор 24 і трубопровід 26 в нижню частину стрипера 2 як стрипінг-агент. В верхню частину стрипера по трубопроводу 11 подають 182770кг/год. рідинного потоку із реактора синтезу карбаміду 1 з температурою 185°C (NH_3 56355кг/год., CO_2 28050кг/год., карбамід 63940кг/год., H_2O 34425кг/год.). Під впливом пари з температурою 195°C і тиском 20кгс/см², яку подають в міктрубний простір стрипера 2 в кількості 46,7т/год., в трубах стрипера відбувається відгін компонентів в потоку двооксиду вуглецю. 115724кг/год. розчину після відгону з температурою 168°C (NH_3 9862кг/год., CO_2 10940кг/год., карбамід 63940кг/год., H_2O 30983кг/год.) по трубопроводу 16 направляють на стадію наступної дистиляції. Газовий потік виходить із стрипера 2 з температурою 187°C і тиском 140кгс/см² (NH_3 65362кг/год., CO_2 39821кг/год., H_2O 4840кг/год.) в кількості 110134кг/год. Частина цього газового потоку (31794кг/год.; NH_3 18869кг/год., CO_2 11503кг/год., H_2O 1397кг/год.) по трубопроводу 25 надходить в ежектор 24 як інжектуємий потік. Змішаний потік (43088кг/год.; NH_3 18869кг/год., CO_2 22711кг/год., H_2O 1397кг/год.) з температурою 179°C по трубопроводу 26 надходить в нижню частину стрипера 2. Остання частина виходячих із стрипера газів з температурою 187°C (78340кг/год.; NH_3 46493кг/год., CO_2 28319кг/год., H_2O 3443кг/год.) як інжектуємий потік надходить в ежектор 12, робочим потоком в якому являється свіжий двооксид вуглецю (з домішкою інертів) з температурою 100°C і тиском 145кгс/см² (35920кг/год.), що надходить по трубопроводу 14. Змішаний потік (114260кг/год.; NH_3 46493кг/год., CO_2 63966кг/год., H_2O 3443кг/год.) з температурою 177°C надходить по трубопроводу 13 в спеціальний змішуючий пристрій в нижній камері вертикального конденсатора 3. В цю же камеру по трубо-

проводу 10 надходить рідинний потік із ежектора 9. В ежекторі 9 робочим потоком являється рідкий аміак з температурою 22°C (36447кг/год.), який подається насосом 7 по трубопроводу 8, а інжектуючим - розчин ВАС із скрубера 4 з температурою 165°C (48878кг/год.; NH_3 18714кг/год., CO_2 17413кг/год., H_2O 12561кг/год.), що надходить по трубопроводу 18. При необхідності для покращення умов проведення процесу в вертикальному конденсаторі 3 в ежектор 9 по трубопроводу 19 може підсмоктуватися невелика кількість рідинного потоку із реактора синтезу карбаміду 1. В вертикальному конденсаторі 3 відбувається утворення карбамату амонію; при цьому в міжтрубному просторі генерується пара низьких параметрів (51,6т/год.). Вертикальний конденсатор 3 працює в затопленому режимі. Газова і рідка фази рухаються в трубках прямотоком знизу вгору. В конденсаторі частково відбувається утворення карбаміду (ступінь конверсії CO_2 в карбамід до 20%). Утворена в конденсаторі 3 газорідина суміш з температурою 171°C по трубопроводу 15 надходить в реактор синтезу карбаміду 1 (199584кг/год.; NH_3 91073кг/год., CO_2 67867кг/год., карбамід

18862кг/год., H_2O 21604кг/год.). В реакторі синтезу карбаміду, де підтримують температуру 185°C, відбувається подальше утворення карбаміду. При цьому не прореагувані і залишкові гази відводяться в верхній частині реактора, а одержаний плав карбаміду направляється в стрипер 2 через переливну трубу. Гази з температурою 183°C (16814кг/год.; NH_3 9174кг/год., CO_2 6580кг/год., H_2O 703кг/год., інерти 358кг/год.) по трубопроводу 17 надходять в скрубер 4. В скрублері насосом 21 по трубопроводу 22 подають рециркулюючий розчин ВАС з температурою 80°C (34425кг/год.; NH_3 11207кг/год., CO_2 11121кг/год., H_2O 11907кг/год.). В скрубері відбувається конденсація газів, які виходять із реактора. Не сконденсовані гази з температурою 165°C (2362кг/год.; NH_3 1667кг/год., CO_2 287кг/год., H_2O 49кг/год., інерти 358кг/год.) направляють по трубопроводу 20 у вузол абсорбції, одержаний розчин - по трубопроводу 18 в ежектор 9 на змішування з рідким аміаком. В порівнянні з прототипом ступінь конверсії CO_2 в карбамід збільшується з 62 до 62,5%, витрата пари в стрипері зменшується на 7,6%, навантаження на скрублер по газу скорочується в 1,35 разу.



Фиг. 1



Фиг. 2