



МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **115143** (13) **C2**  
(51) МПК  
**C07C 273/04** (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки:	<b>а 2014 12662</b>	(72) Винахідник(и):	<b>Меннен Йоханес Генрікус (NL), Міссен Джозеф Хуберт (NL)</b>
(22) Дата подання заявки:	<b>02.05.2013</b>	(73) Власник(и):	<b>СТАМІКАРБОН Б.В., Mercator 2, NL-6135 KW Sittard, The Netherlands (NL)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	<b>25.09.2017</b>	(74) Представник:	<b>Олішечвич Людмила Анатоліївна, реєстр. №194</b>
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	<b>12166575.6</b>	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	<b>Potthoff M. Jumbo single-lime urea granulation plants - ready for implementation / M.Potthoff // Nitrogen + Syngas/ Internatinal Conference and Exhibition 2011. - 21-24 February 2011. - Hilton Duseldorf, Germany. - PP. 213-218 UA 42814 C2, 15.11.2001 CA 2743488 A1, 03.06.2010</b>
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	<b>03.05.2012</b>		
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	<b>EP</b>		
(41) Публікація відомостей про заявку:	<b>12.01.2015, Бюл.№ 1</b>		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	<b>25.09.2017, Бюл.№ 18</b>		
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	<b>РСТ/NL2013/050328, 02.05.2013</b>		

## (54) УСТАНОВКА З ВИРОБЛЕННЯ СЕЧОВИНИ

### (57) Реферат:

У винаході розкрито установку для вироблення сечовини. Установка включає традиційні секції синтезу та відновлення, для випарування та конденсації, для фінішної обробки та для пилового очищення. Згідно з винаходом введено додатковий контур випарювання і конденсації від та до секції пилового очищення. Такий контур приводить до нижчого споживання електроенергії установкою.

UA 115143 C2

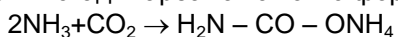


### Галузь техніки винаходу

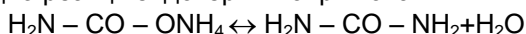
Винахід стосується галузі вироблення сечовини і, зокрема, стосується вироблення твердих часток сечовини (фінішна обробка сечовини). Винахід, зокрема, стосується зменшення витрат електроенергії у такому процесі. Винахід також стосується установки з вироблення сечовини, а також переобладнання існуючої установки з вироблення сечовини.

### Передумови винаходу

Зазвичай, сечовина виробляється з аміаку і двоокису вуглецю. Вона може бути приготована введенням надлишку аміаку разом з двоокисом вуглецю при значенні тиску в межах 12-40 МПа та температурі в межах 150°C-250°C до зони синтезу сечовини. Результуюче утворення сечовини найкраще може бути представлене у формі двох послідовних стадій реакції, на першій стадії карбамат амонію формується згідно екзотермічної реакції:



після чого утворений карбамат амонію дегідрується на другій стадії для отримання сечовини згідно реакції ендотермічної рівноваги:



Ступінь, до якого відбуваються ці реакції залежить, серед іншого, від температури і використаного аміачного надлишку. Продукт реакції, отриманий в розчині синтезу сечовини головним чином складається з сечовини, води, вільного аміаку і карбамату амонію. Карбамат амонію і аміак видаляються з розчину і зазвичай повертаються до зони синтезу сечовини.

На додачу до вищевказаного розчину у зоні синтезу сечовини, утворюється газова суміш, яка складається з неконвертованого аміаку і двоокису вуглецю разом з інертними газами, так званий відхідний газ реактора. Секція синтезу сечовини може мати окремі зони для утворення карбамату амонію і сечовини. Такі секції також можуть бути об'єднані у єдиному апараті.

Рівень техніки винаходу представляє собою установку з вироблення сечовини, яка включає наступні секції: (А) секція синтезу та рециркуляції (відновлення); де вказана секція знаходиться у рідкій взаємодії з секцією випарування (В), де вказана секція випарування знаходиться у рідкій взаємодії з секцією фінішної обробки (С); де вказана секція фінішної обробки (С) має газопровід до секції пилового очищення (D); та де секція випарування (В) додатково включає газопровід до секції конденсації (Е). Вказана секція конденсації (Е) знаходиться у рідкій взаємодії з секцією обробки технологічного конденсату (F). Традиційна схема наведена на Фігурі 1.

З секції синтезу та відновлення (А) розчин (3) утворюється, який складається в основному з сечовини та води, однак забруднений невеликими залишковими кількостями карбамату амонію і невеликим залишком надлишку аміаку. Типовий склад такого розчину (3) становить 60-85 % (ваг.) сечовини, 0,1-2,5 % (ваг.) карбамату амонію, 0,1-2,5 % (ваг.) аміаку.

У секції випарування (В) вказаний розчин (3) розділяється на (рідкий) концентрований плав сечовини (4) та газоподібний потік (11). Зазвичай, плав сечовини у цій секції концентрується до кінцевого вмісту вологи в 0,2-5,0 ваг. %. Секція випарування функціонує при умовах вакууму. Вона може включати один або більше випарювачі, з'єднаних послідовно. Невелика кількість залишку карбамату амонію наявна в сировинному потоці випарювача (3) розкладеться на  $\text{NH}_3$  та  $\text{CO}_2$  у цих випарювачах. При таких умовах вакууму, ці  $\text{NH}_3$  та  $\text{CO}_2$  потім в основному передаються до газоподібного потоку (11). Також невелика кількість надлишку аміаку, наявного у сировинному потоці випарювача (3) випарюється при таких умовах вакууму і передається до газового потоку (11).

Секція фінішної обробки (С) може являти собою грануляційну башту або грануляційну секцію. Грануляційна секція може бути грануляцією в псевдозрідженому шарі або в грануляційному барабані, або в тарільчастому грануляторі, або будь-якому іншому схожому та відомому грануляційному пристрої. Основною функцією такої секції фінішної обробки є перетворення плаву сечовини (4) на потік затверділих часток (5). Такі затверділі частки, які зазвичай називаються "крупичками" або "гранулами", є головним потоком продукту від сечовинної установки. У будь-якому разі, для перетворення сечовини з рідкої фази до твердої фази теплота кристалізації має бути усунена. Більш того, зазвичай деяке додаткове тепло видаляється з затверділих часток сечовини з метою їх охолодження до температури, що є придатною для безпечного та належного зберігання та транспортування такого кінцевого продукту. Результуюче повне видалення тепла у секції фінішної обробки зазвичай здійснюється двома способами: (i) шляхом випарування води. Така вода входить до секції фінішної обробки або як частина плаву сечовини або розпилюється як рідка вода у відповідному місці у процесі фінішної обробки; (ii) шляхом охолодження повітрям. Зазвичай більшість кристалізаційного/охолоджуючого тепла видаляється шляхом охолодження повітрям. Охолоджуюче повітря подається до секції фінішної обробки через (6); в силу специфіки

охладжуючого повітря, воно нагрівається і залишає секцію фінішної обробки через (7). Зазвичай, кількість повітря дорівнює 3 – 30 кг повітря на кг кінцевого затверділого продукту.

У секції фінішної обробки (С) повітря входить до прямого контакту з плавом сечовини і з затверділими частками сечовини. Це ненавмисно призводить до певного забруднення повітря деяким карбамідним пилом. В залежності від специфіки секції фінішної обробки (прілювання/гранулювання, тип гранулювання, умови обрані при гранулюванні) кількість пилу, наявного в повітрі може варіюватись в широкому діапазоні, були спостережені значення, що становлять в межах 0,05 % - 10 % (по відношенню до потоку кінцевого продукту). Така наявність пилу у потоці повітря (7) зазвичай потребує наявності системи пилевидалення (D) або з огляду на вимоги захисту оточуючого середовища або з економічних міркувань перед тим, як повітря може бути випущене назад до атмосфери.

У секції пилового очищення (D) очищення пилу здійснюється зазвичай з використанням циркулюючого розчину сечовини в якості промивного засобу. На горі такої секції також застосовується очищення свіжою водою. Повітря, яке входить через (7) по своїй специфіці охолоджуючого повітря для секції фінішної обробки (С) є гарячим. Тому, значна кількість води випарується у секції пилового очищення D. Така втрата води компенсується подаванням свіжої води через (10). Вода, що використовується в таких цілях (10) має бути вільною від будь-яких летких складових (як-то, наприклад,  $\text{NH}_3$  і  $\text{CO}_2$ ), оскільки будь-які леткі складові у секції пилового очищення D будуть передані до повітря і таким чином призведуть до забруднення потоку повітря (8), що повертається до атмосфери. Таке забруднення було б небажаним з точки зору захисту довкілля.

У секції пилового очищення D продувний потік розчину сечовини (9) отримується. Такий продувний потік (9) зазвичай має концентрацію 10-60 % (ваг.) сечовини. З метою повторної обробки сечовини, наявної у такому продувному потоці, продувний потік (9) повертаються до секції випарування (B), де він надалі концентрується і потім повторно переробляється в секції фінішної обробки (С). Очищене повітря випускається з секції пилового очищення через (8) до атмосфери.

Паровий потік (11), що походить з секції випарування (B), який зазвичай забруднений невеликими кількостями  $\text{NH}_3$  і  $\text{CO}_2$ , направляється до секції конденсації (E). В залежності від налаштування секції випарування він може бути у формі єдиного газового потоку або чисельних газових потоків. У будь-якому разі, газовий потік(потоки) 11 конденсується/ються у секції E, використовуючи відомі способи вакуумної конденсації, зазвичай, поєднанням водяного охолодженого кожуха і лампових теплообмінників, а також парових вакуумних ежекторів. Для таких вакуумних ежекторів необхідна пара (потік S1). Конденсовані газові потоки видаляються у вигляді водного розчину (12) з секції конденсації.

Водний розчин (12) направляється до секції обробки технологічного конденсату (F). Водний розчин (12) з секції конденсації містить в основному воду, однак така вода забруднена  $\text{NH}_3$  і  $\text{CO}_2$ , що походять з газового потоку (11). Також, на практиці, водний розчин (12) містить деяку кількість сечовини, як результат захвату сечовини до газової фази у секції випарування (B). Через наявність таких забруднень, вода має бути оброблена з огляду на захист довкілля і/або з економічних міркувань перед тим, як вода буде вивільнена з процесу. Зазвичай, така секція обробки технологічного конденсату F містить секцію глибокого гідролізу, де будь-яка наявна сечовина конвертується на  $\text{NH}_3$  і  $\text{CO}_2$  та секцію відгонки парою для видалення  $\text{NH}_3$  і  $\text{CO}_2$  з води. І глибокий гідроліз і відгонка парою потребують значної пари. Така пара позначена (S2) на Фігурі 1. З рівня техніки наявне постійне прагнення мінімізувати кількість пари, необхідної в таких цілях. Також, наявна постійна потреба мінімізувати кількість води, що має бути обробленою в такій секції (F), оскільки нижча кількість води, що має бути обробленою, зменшить розміри одиниць обладнання, необхідних для такої секції, а також зменшить необхідні інвестиційні витрати для такої секції обробки технічного конденсату.

$\text{NH}_3$  і  $\text{CO}_2$ , видалені зі стічної води, рециркулюються до секції А через трубопровід (13). Такий рециркуляційний потік (13) може бути або в рідкій або в газоподібній формі, але у будь-якому разі зазвичай містить також і деяку кількість води. Очищена вода виходить із секції обробки технічного конденсату через (14). Така очищена вода може бути придатним джерелом вода для використання в секції пилового очищення (D). У такому випадку, кількість води, виробленої в секції (F) зазвичай є більшою, аніж кількість води, необхідна у секції (D), так щоб деякий продувний потік (15) очищеної води залишався.

Короткий виклад сутності винаходу

З метою кращого врахування однієї або більше з вищевказаних потреб, винахід, з одного боку, надає установку для вироблення сечовини, яка включає секцію синтезу і відновлення (A); де вказана секція знаходиться в рідкій взаємодії з секцією випарування (B), де вказана секція

випарування знаходиться в рідкій взаємодії з секцією фінішної обробки (C) та має газопровід до секції конденсації (E); де вказана секція фінішної обробки (C) має газопровід до секції пилового очищення (D); де установка включає додаткову секцію випарування (G), розміщену внизу секції пилового очищення (D), та де вказана додаткова секція випарування (G) знаходиться у рідкій взаємодії з секцією фінішної обробки (C); де додаткова секція випарування (G) має газопровід до додаткової секції конденсації (H), та де додаткова секція конденсації (H) знаходиться у рідкій взаємодії з секцією пилового очищення (D).

Винахід, з іншого боку, представляє спосіб покращення існуючої речовинної установки вищевказаного типу за допомогою додавання до установки додаткової секції випарування (G), розміщеної внизу секції пилового очищення (D), де вказана додаткова секція випарування (G) розміщена таким чином, щоб знаходитись у рідкій взаємодії з секцією фінішної обробки (C); де додаткова секція випарування (G) має газопровід до додаткової секції конденсації (H), та де додаткова секція конденсації (H) знаходиться у рідкій взаємодії з секцією пилового очищення (D).

Ще з одного боку, винахід представляє спосіб отримання сечовини, який включає стадії (a) одну або більше стадії синтезу та відновлення, де аміак та двоокис вуглецю реагують для утворення сечовини та де формується водний розчин, який містить сечовину; (b) стадія випарування, де вода випаровується з водного розчину, утвореного на (a) щоб утворити концентровану рідину, що містить сечовину, та водну парову фазу; (c) піддавання концентрованої рідини, що містить сечовину, фінішній обробці, що призводить до твердої сечовини, де тепло видаляється за допомогою охолоджуючого газу, як-то повітря; (d) піддавання охолоджуючого газу пиловому очищенню, де сечовина відновлюється у водному потоці; (e) піддавання вказаного водного потоку випаруванню, щоб утворилася додаткова концентрована рідина, що містить сечовину, та паровий потік, де випарування здійснюється на стадії випарування, відмінній від стадії випарування (b), де додаткова концентрована рідина, що містить сечовину, надалі піддається стадії фінішної обробки (c), та де випари, що походять з окремої стадії випарування, піддаються окремій стадії конденсації (f), та де конденсат з вказаної окремої стадії конденсації (f) використовується на стадії пилового очищення (d).

Короткий опис креслень

Фіг.1 є схематичним представленням традиційної установки з вироблення сечовини;

Фіг.2 є схематичним представленням установки з вироблення сечовини згідно з варіантом виконання винаходу.

Детальний опис винаходу

В загальному розумінні винахід базується на доцільній здогадці щодо включення додаткового контуру випарювання до способу. Додатковий контур випарювання, як визначено, неочікувано зменшує споживання енергії в низхідному напрямку секції конденсації (E). Зазвичай, внизу секції конденсації (E) можна побачити секцію обробки технічного конденсату (F).

Додатковий контур випарювання надано шляхом додавання другої секції випарування (G) та другої секції конденсації (H) до установки. Зокрема, рідини, отримані у другій секції конденсації, використовуються у секції пилового очищення (D).

У випадку, якщо в описі йде мова про "рідинну взаємодію" це стосується будь-якого зв'язку між першою частиною або секцією установки та другою частиною або секцією установки через який текучі речовини, зокрема рідини, можуть текти з першої частини установки до другої частини установки. Така рідка взаємодія зазвичай надана системою трубопроводів, рукавів або інших пристроїв, добре відомих фахівцям в галузі для передавання текучих речовин.

У випадку, якщо в описі йде мова про "газопроводи", це стосується будь-якого зв'язку між першою частиною або секцією установки і другою частиною або секцією установки, через який газ або випари, зокрема водяні пари, можуть переходити з першої частини установки до другої частини установки. Такі газопроводи зазвичай включають системи трубопроводів або інші пристрої, добре відомі фахівцям в галузі для транспортування газів, в разі необхідності при значеннях тиску вище або нижче (вакуум) атмосферного.

Винахід стосується і конструкції нових сечовинних установок ("новостворених" установок) і реконструкції існуючих сечовинних установок.

У разі новоствореної сечовинної установки, необхідні витрати на секцію обробки технічного конденсату (F) значно зменшуються за допомогою винаходу, зокрема монтуванням додаткової секції випарування (G) і додаткової секції випарування (H) так, щоб створити контур випарювання і конденсації від та до секції пилового очищення.

Друга секція випарування (G) живиться розчином сечовини (9), що випускається з секції пилового очищення (D). Така друга секція випарування, як і головна секція випарування B, може

включати один або більше випарювачі. Там розчин сечовини (9) концентрується, зазвичай під вакуумом, до концентрації, що дозволяє подання концентрованого розчину (16) в якості ще одного притоку до секції фінішної обробки С. Відхідний газ або відхідні гази (17) з другої секції випарування конденсуються у другій секції конденсації (Н). Як і перша секція конденсації (Е) ця друга секція конденсації (Н) зазвичай включає один або більше кожухотрубчасті теплообмінники, де охолодження надається за допомогою охолоджуючої рідини, зазвичай води, з паровими ежекторами для підтримання бажаного вакууму. Пара, необхідна для таких вакуумних ежекторів, позначена як потік (S3) на фігурі 2. Однак, також будь-який інший спосіб конденсації відхідних газів (17) може бути використаний в даному випадку. Утворений конденсат (18) є по суті вільним від аміаку, так щоб цей потік води був прекрасним джерелом води для використання в якості водного притоку до секції очищення (D). У випадку, якщо кількість води (18) не є достатньою для забезпечення належної кількості води у такому пилоочиснику, тоді додаткова вода (10) може бути додана. Така додаткова вода (10) може походити з секції обробки технічного конденсату (F), однак також будь-який інший водний потік може бути використаний за умови, що він не містить будь-яких летких компонентів, що є шкідливими для довкілля.

Наразі було виявлено, що водний потік (18), отриманий у такий спосіб, взагалі не містить аміаку, або в будь-якому разі вкрай низьку концентрацію, яка не обмежує використання водного потоку як джерела води для секції пилового очищення, а також не містить жодних летких компонентів, що є шкідливими для довкілля. В результаті, такий потік може бути направлений напряму до секції пилового очищення, таким чином обходячи секцію обробки технічного конденсату (F). Деяка кількість захопленої сечовини може бути наявна у водному потоці (18), однак це не шкодить процесу пилового очищення (D), а також така сечовина (наявна у рідкій формі) не призводить до будь-якого забруднення відхідного газу (8). В результаті, потік (12) що подається до секції обробки технічного конденсату, зменшується. Як наслідок, кількість пари, необхідної в такій секції обробки технічного конденсату, також знижується. Для "новостворених" сечовинних установок також можуть бути зменшені розміри обладнання, необхідного у секції обробки технічного конденсату.

Винахід також можна застосувати у плані "реконструкції" або "модернізації" існуючої установки. Способи реконструкції або модернізації сечовинних установок є єдиними в галузі. Головною метою такої "реконструкції" або "модернізації" існуючої установки зазвичай є збільшення продуктивності такої існуючої установки. У випадках, коли секція обробки технічного конденсату існуючої установки є обмежуючим фактором при отриманні максимального виробництва, тоді застосування винаходу безперечно призведе до наявності більшого простору у такій секції обробки технічного конденсату, таким чином уможливаючи збільшення продуктивності вироблення сечовини без застосування вартісних модифікацій обладнання у секції обробки технічного конденсату. В установках, де максимально досяжна продуктивність обмежена іншими перешкодами, в такому разі застосування винаходу все ще може бути застосоване для додаткового збільшення продуктивності установки на додачу до будь-яких інших заходів по збільшенню продуктивності установки шляхом усунення або зменшення вказаних перешкод.

Таким чином, винахід також надає спосіб модифікації існуючої сечовинної установки, де вказана установка включає секцію синтезу та відновлення (A), яка знаходиться в рідкій взаємодії з секцією випарування (B), де вказана секція випарування знаходиться у рідкій взаємодії з секцією фінішної обробки (C) та має газопровід до секції конденсації (E); де вказана секція фінішної обробки (C) має газопровід до секції пилового очищення (D); спосіб включає стадію додавання до установки додаткової секції випарування (G), розміщеної внизу секції пилового очищення (D), де вказана додаткова секція випарування (G) розміщена так, щоб бути у рідкій взаємодії з секцією фінішної обробки (C); де додаткова секція випарування (G) має газопровід до додаткової секції конденсації (H), та де додаткова секція конденсації (H) знаходиться у рідкій взаємодії з секцією пилового очищення (D).

В ще одному цікавому варіанті виконання винахід може бути використаний з метою підвищення продуктивності існуючої сечовинної установки. Таке застосування включає запровадження, як описано вище, додаткового контуру випарування та конденсації від та до секції пилового очищення (D).

Установки, що розроблені або модифіковані згідно з винаходом, слугують для вироблення сечовини. Без обов'язкової зміни загального процесу синтезу сечовини винахід також стосується нового способу вироблення сечовини, де наявні енергетичні переваги, пов'язані із застосуванням установки за винаходом.

Таким чином, винахід також стосується способу вироблення сечовини, який включає стадії (а) одну або більше стадії синтезу та відновлення, де аміак та двоокис вуглецю реагують для утворення сечовини та де водний розчин, що містить сечовину, утворюється; (b) стадія випарування, де вона випаровується з водного розчину, утвореного на (a), щоб утворилась концентрована рідина, яка містить сечовину, та водна парова фаза; (c) піддавання концентрованої рідини, що містить сечовину, фінішній обробці, щоб утворилась тверда сечовина, де тепло видаляється за допомогою охолоджуючого газу, як-то повітря; (d) піддавання охолоджуючого газу пиловому очищенню, де сечовина відновлюється у водному потоці; (e) піддавання вказаного водного потоку випаруванню, щоб утворилась додаткова концентрована рідина, яка містить сечовину, та паровий потік, де випарування проводиться на стадії випарування, відмінної від стадії випарування (b), де додаткова концентрована рідина, яка містить сечовину, надалі піддається стадії фінішної обробки (c), та де випари, що походять із окремої стадії випарування піддаються окремій стадії конденсації (f), та де конденсат з вказаної окремої стадії конденсації (f) використовується у стадії пилового очищення (d).

Винахід не обмежується будь-яким конкретним способом вироблення сечовини.

Часто використовуваним способом вироблення сечовини згідно зі способом десорбції, є спосіб десорбції двоокису вуглецю як, наприклад, описано в Енциклопедії промислової хімії Ульмана, том A27, 1996, ст. 333-350 (Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Vol. A27, 1996, pp 333-350). У такому способі за секцією синтезу слідує одна або більше секції відновлення. Секція синтезу включає реактор, десорбер, конденсатор та скруббер, де робочий тиск становить в межах 12-18 МПа та бажано в межах 13-16 МПа. У секції синтезу розчин сечовини, що виходить з сечовинного реактора, подається до десорбера, де велика кількість неконвертованого аміаку та двоокису вуглецю відокремлюється від водного розчину сечовини. Такий десорбер може бути кожухотрубчастим теплообмінником, в якому розчин сечовини подається до верхньої частини у трубному просторі і притік двоокису вуглецю для синтезу додається у нижню частину десорбера. З кожухової частини додається пара для нагріву розчину. Розчин сечовини виходить з теплообмінника у нижній частині, тоді як парова фаза виходить з десорбера у верхній частині. Пара, що виходить із вказаного десорбера, містить аміак, двоокис вуглецю та невелику кількість води. Вказана пара конденсується у теплообміннику типу спадаючої плівки або конденсаторі зануреного типу, який може бути горизонтальним або вертикальним. Занурений теплообмінник горизонтального типу описаний в Енциклопедії промислової хімії Ульмана, том A27, 1996, ст. 333-350 (Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Vol. A27, 1996, pp 333-350). Тепло, вивільнене екзотермічною реакцією конденсації карбамату у вказаному конденсаторі, зазвичай використовується для вироблення пари, що використовується в нижній частині секції обробки сечовини для нагрівання та концентрації розчину сечовини. Оскільки створюється певний час перебування рідини у конденсаторі зануреного типу, частина сечовинної реакції відбувається вже у вказаному конденсаторі. Утворений розчин, який містить конденсований аміак, двоокис вуглецю, воду і сечовину разом з неконденсованим аміаком, двоокисом вуглецю та інерною парою надходить до реактора. У реакторі вищевказана реакція з карбамату на сечовину досягає рівноваги. Молярне співвідношення аміаку до двоокису вуглецю у розчині сечовини, що виходить з реактора, зазвичай становить в межах 2,5-4 моль/моль. Також є можливим, щоб конденсатор і реактор були поєднані в одній одиниці обладнання. Приклад такої одиниці обладнання описаний в Енциклопедії промислової хімії Ульмана, том A27, 1996, ст. 333-350 (Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Vol. A27, 1996, pp 333-350). Утворений розчин сечовини, який виходить з сечовинного реактора, подається до десорбера, а інертна пара, яка містить неконденсований аміак і двоокис вуглецю, надходить до скрубера, що функціонує при тиску, аналогічному до тиску реактора. У такому скрубєрі аміак і двоокис вуглецю відділяються від інертної пари. Утворений карбаматний розчин з нижньої системи відновлення використовується як абсорбент у такому скрубєрі. Розчин сечовини, який виходить з десорбера у такій секції синтезу потребує концентрації сечовини щонайменше 45 ваг. % і бажано щонайменше 50 ваг. % для обробки в одній єдиній системі відновлення внизу десорбера. Секція відновлення включає нагрівач, сепаратор рідина/газ та конденсатор. Тиск у такій секції відновлення становить в межах 200-600 кПа. У нагрівачі секції відновлення маса аміаку і двоокису вуглецю відокремлюється від фази сечовини і води шляхом нагрівання розчину сечовини. Зазвичай, пара використовується в якості теплоносія. Фаза сечовини і води містить невелику кількість розчиненого аміаку і двоокису вуглецю, що виходить з секції відновлення та надходить до нижньої частини секції обробки сечовини, де розчин сечовини концентрується шляхом випарування води із вказаного розчину.

Інші способи та установки включають ті, що базуються на технології, як-то НЕС (високоєфективного поєднаного) способу, розробленого компанією Urea Casale, способу ACES (покращеного способу економії витрат та енергії), що розроблений корпорацією Toyo Engineering, а також спосіб, який розроблений компанією Snamprogetti. Всі ці способи, а також

Способи фінішної обробки сечовини, як-то зернування та грануляція, відомі фахівцям в галузі. Посилання робиться на, наприклад, Енциклопедію промислової хімії Ульмана, 2010, розділ 4.5 (Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2010, chapter 4.5) про сечовину.

Надалі винахід буде проілюстровано посилаючись на наступні, необмежуючі приклади та фігури. Фігури є схематичними зображеннями, що позначають секції способу (літери A-G) та потоки (пронумеровані). Склад потоків роз'яснено у таблицях нижче. Ключ до секцій способу є наступний: А. Секція(ї) синтезу та рециркуляції сечовини; В. Головна секція випарування; С. Секція фінішної обробки; D. Пилове очищення; Е. Секція конденсації; F. Секція обробки технічного конденсату; G. Друга секція випарування; H. Друга секція конденсації.

Приклад 1:

Новостворена установка для вироблення 100 тон/год. твердої сечовини була споруджена згідно зі схемою на фігурі 1. Потоки на цій установці є такими, як позначено у таблиці 1. Притік (12) до секції обробки технічного конденсату складає 43130 кг/год. З метою обробки такого технічного конденсату у секції обробки технічного конденсату F загальне значення в 11708 кг/год. (S2) пари необхідне.

Таблиця 1

Потік:	фаза	Сечовина	NH <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	Всього	Темп.
		кг/год.	кг/год.	кг/год.	кг/год.	кг/год.	кг/год.	кг/год.	С
1	газова			73134				73134	40
2	рідинна		56603					56603	25
3	рідинна	100211	2893	1377	33262			137743	80
4	рідинна	104800			4367			109167	140
5	тверда	99800			200			100000	50
6	газова					651950	198050	850000	30
7	газова	5000			4167	651950	198050	859167	95
8	газова				37265	651950	198050	887265	45
9	рідинна	5000			7500			12500	45
10	рідинна				40598			40598	40
11	газова	411	2893	1377	36396			41077	135
12	рідинна	411	2893	1377	38450			43130	40
13	рідинна		3126	1678	3203			8007	60
14	рідинна				46832			46832	40
15	рідинна				6233			6233	40
S1	газ(пара)				2054			2054	150
S2	газ(пара)				11708			11708	150

Новостворена сечовинна установка для такого ж випуску 100 тон/год. була споруджена, використовуючи схему за винаходом (фігура 2). Потоки в цьому способі є такими, як позначено у таблиці 2. Як можна побачити з цієї таблиці, наразі лише 9153 кг/год. (S2) пари необхідно у секції обробки технічного конденсату (F).

Таблиця 2

Потік:	фаза	Сечовина	NH <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	Всього	Темп.
кг/год.		кг/год.	кг/год.	кг/год.	кг/год.	кг/год.	кг/год.	кг/год.	С
1	газова			73134				73134	40

Продовження таблиці 2

2	Рідинна		56603					56603	25
3	рідинна	100136	2889	1376	33172			137573	80
4	рідинна	99800			4158			103958	140
5	тверда	99800			200			100000	50
6	газова					651950	198050	850000	30
7	газова	5000			4167	651950	198050	859167	95
8	газова				37265	651950	198050	887265	45
9	рідинна	5075			7612			12687	45
10	рідинна				32933			32933	40
11	газова	336	2889	1376	29013			33614	135
12	рідинна	336	2889	1376	30694			35295	40
13	рідинна		3080	1622	3134			7836	60
14	рідинна				36612			36612	40
15	рідинна				3679			3679	40
16	рідинна	5000			208			5208	140
17	газова	75			7404			7479	135
18	рідинна	75			7778			7853	40
S1	Газова (пара)				1681			1681	150
S2	Газова (пара)				9153			9153	150
S3	Газова (пара)				374			374	150

Приклад 2:

5 Існуюча сечовинна установка, зконструйована згідно зі схемою на фігурі 1 виробляє 100 тон/год. твердої сечовини. Потоки у цій установці є такими, як вказано у таблиці 1. У цій установці секція обробки технічного конденсату F є обмежуючим фактором при досягненні максимальної можливої продуктивності: у випадку, коли продуктивність перевищує 100 тон/год., тоді потік 12 перевищує 43130 кг/год., що в даній установці призводить до затоплення одного з рівнів у секції обробки технічного конденсату.

10 У цій установці (невелика) друга секція випарування (G) і (невелика) секція конденсації (F) додані згідно зі схемою за винаходом (фігура 2). Потоки у спосіб після такої реконструкції є такими, як позначено у таблиці 3. Як можна побачити з таблиці, продуктивність установки (5) може бути підвищена до 122 тон/год., з тією самою кількістю потоку технічного конденсату (12) як і раніше (43130 кг/год.), таким чином, щоб не відбувалось жодного затоплення рівня при обробці технічного конденсату при підвищеній продуктивності установки. Таким чином, установка була реконструйована до продуктивності, що дорівнює 122 % від початкової максимальної продуктивності.

Таблиця 3

Потік:	фаза	Сечовина	NH <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	Всього	Темп.
		кг/год.	кг/год.	кг/год.	кг/год.	кг/год.	кг/год.	кг/год.	С
1	газова			89368				89368	40
2	рідинна		69167					69167	25
3	рідинна	122365	3530	1681	40535			168111	80
4	рідинна	121954			5081			127035	140
5	тверда	121954			244			122198	50
6	газова					796671	242014	1038685	30

Продовження таблиці 3

7	Газова	6110			5092	796671	242014	1049886	95
8	газова				45537	796671	242014	1084222	45
9	рідинна	6201			9302			15503	45
10	рідинна				40243			40243	40
11	газова	411	3530	1681	35454			41076	135
12	рідинна	411	3530	1681	37508			43130	40
13	рідинна		3763	1982	3830			9576	60
14	рідинна				44739			44739	40
15	рідинна				4496			4496	40
16	рідинна	6110			255			6364	140
17	газова	91			9047			9139	135
18	рідинна	91			9504			9596	40
S1	Газова (пара)				2054			2054	150
S2	Газова (пара)				11185			11185	150
S3	Газова (пара)				457			457	150

Примітка до таблиць 1, 2 і 3: Як прийнято в сечовинній галузі, карбамат амонію в даних таблицях вказано у формі його складових ( $\text{NH}_3$  і  $\text{CO}_2$ ). Слід зауважити, що у рідких потоках більша частина  $\text{CO}_2$ , як зазначено в таблиці, по суті наявна як карбамат амонію.

5

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Установа з вироблення сечовини, що включає секцію синтезу та відновлення (А); де вказана секція знаходиться у рідкій взаємодії з секцією випарування (В), де вказана секція випарування знаходиться у рідкій взаємодії з секцією фінішної обробки (С) і має газопровід до секції конденсації (Е); де вказана секція фінішної обробки (С) має газопровід до секції пилового очищення (D), яка пристосована для пилового очищення з використанням циркулюючого розчину сечовини як промивного засобу і додаткового очищення свіжою водою; де установка включає додаткову секцію випарування (G), яка розміщена внизу секції пилового очищення (D), та де вказана додаткова секція випарування (G) знаходиться в рідкій взаємодії з секцією фінішної обробки (С); де додаткова секція випарування (G) має газопровід до додаткової секції конденсації (H), та де додаткова секція конденсації (H) знаходиться у рідкій взаємодії з секцією пилового очищення (D).
2. Установка за п. 1, яка включає секцію обробки технічного конденсату (F) внизу секції конденсації (Е).
3. Установка за п. 1 або 2, яка являє собою сечовинну десорбційну установку.
4. Спосіб вироблення сечовини, який включає стадії: (а) одну або більше стадій синтезу та відновлення, де аміак і двоокис вуглецю реагують для утворення сечовини та де утворюється водний розчин, який містить сечовину; (b) стадію випарування, де вода випаровується з водного розчину, утвореного на (а), щоб утворилась концентрована рідина, яка містить сечовину, і фаза водяної пари; (с) піддавання концентрованого розчину, який містить сечовину, фінішній обробці для утворення твердої сечовини, де тепло видаляється за допомогою охолоджуючого газу, як-то повітря; (d) піддавання охолоджуючого газу пиловому очищенню, де пилове очищення (d) включає в себе очищення із використанням циркулюючого розчину сечовини як промивного засобу і додаткове очищення свіжою водою, де сечовина відновлюється у водному потоці; (е) піддавання вказаного водного потоку випаруванню, щоб утворилась додаткова концентрована рідина, яка містить сечовину, та паровий потік, де випарування здійснюється на стадії випарування, відмінній від стадії випарування (b), де додаткова концентрована рідина, яка містить сечовину, надалі піддається стадії фінішної обробки (с), та де випари, які походять з окремої стадії випарування, піддаються окремій стадії конденсації (f), та де конденсат з вказаної окремої стадії конденсації (f) використовується на стадії пилового очищення (d).

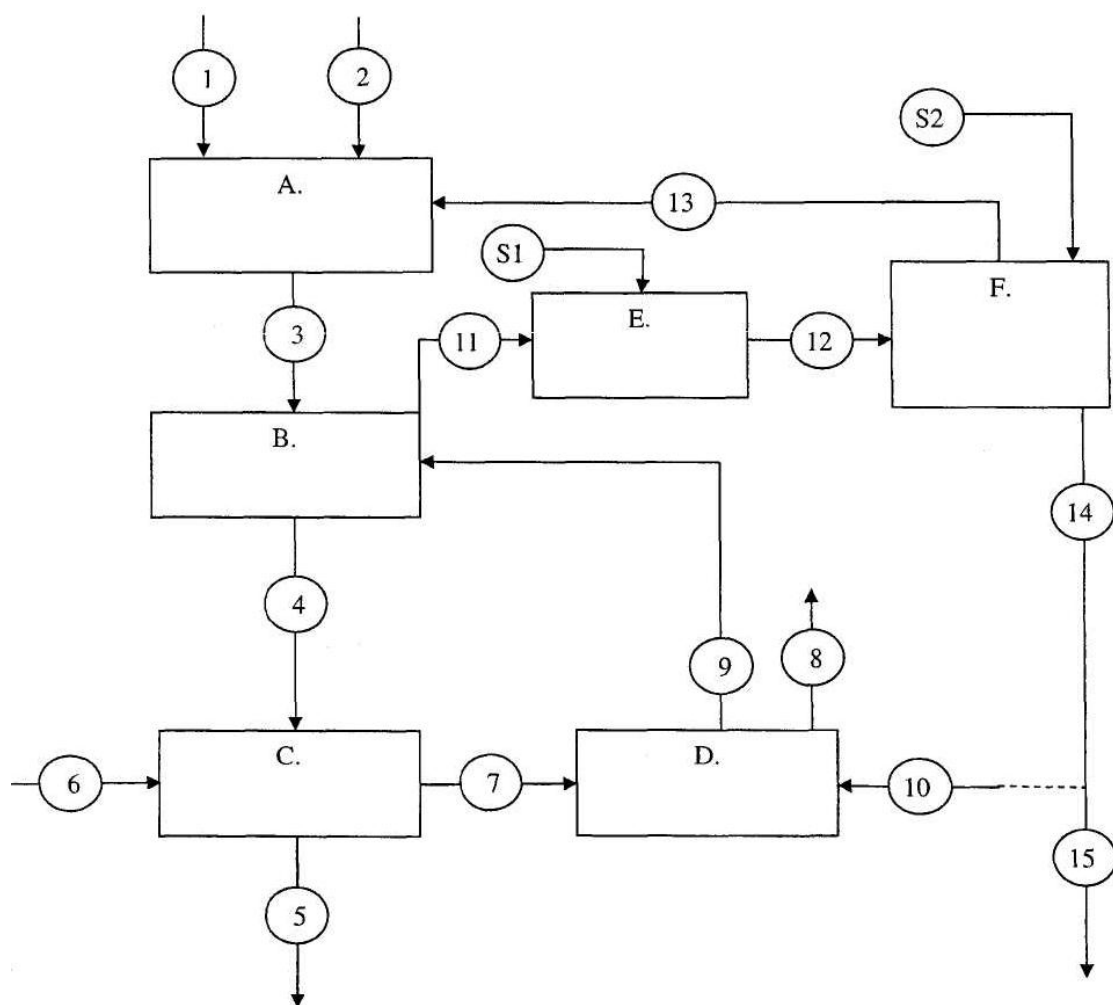


Fig. 1

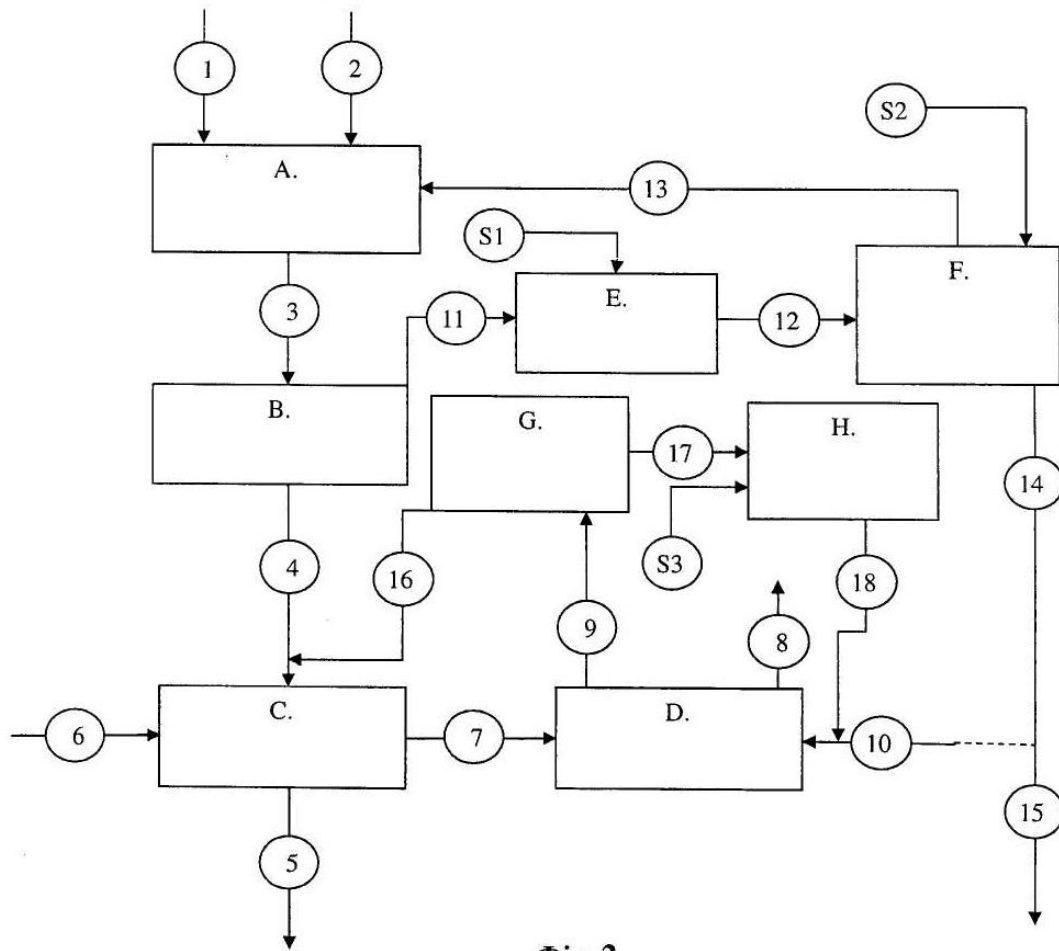


Fig. 2

Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601