



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **123416** (13) **C2**

(51) МПК (2021.01)

**C07C 273/04** (2006.01)**C01B 21/38** (2006.01)**C01C 1/18** (2006.01)**C05C 1/00****C05C 9/00**

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО  
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ"

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД**

<b>(21)</b> Номер заявки: <b>а 2019 06470</b>	<b>(72)</b> Винахідник(и): <b>Руньоне Лука (ІТ)</b>
<b>(22)</b> Дата подання заявки: <b>04.09.2017</b>	<b>(73)</b> Володілець (володільці): <b>КАСАЛЕ СА,</b> Via Giulio Pocobelli 6, 6900 Lugano, Switzerland (CH)
<b>(24)</b> Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: <b>01.04.2021</b>	<b>(74)</b> Представник: <b>Петров Андрій Володимирович, реєстр. №139</b>
<b>(31)</b> Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: <b>16199479.3</b>	<b>(56)</b> Перелік документів, взятих до уваги експертизою: WO 2016/153354 A1, 29.09.2016
<b>(32)</b> Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: <b>18.11.2016</b>	
<b>(33)</b> Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку: <b>EP</b>	
<b>(41)</b> Публікація відомостей про заявку: <b>25.10.2019, Бюл.№ 20</b>	
<b>(46)</b> Публікація відомостей про державну реєстрацію: <b>31.03.2021, Бюл.№ 13</b>	
<b>(86)</b> Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ: <b>PCT/EP2017/072054, 04.09.2017</b>	

**(54) СПОСІБ ОБ'ЄДНАНОГО ВИРОБНИЦТВА СЕЧОВИНИ І СЕЧОВИНО-АМОНІЄВОГО НІТРАТУ****(57) Реферат:**

Винахід стосується способу об'єднаного виробництва сечовини і сечовино-амонієвого нітрату, який включає: проведення реакції аміаку і діоксиду вуглецю для формування реакційної суміші (4), яка містить сечовину і непрореаговані матеріали, і також проведення регенерації непрореагованих матеріалів на першій стадії регенерації при першому тиску, і в другій стадії регенерації при другому тиску, причому відхідний газ (19), який містить аміак, який вивільняється з другої стадії регенерації, конденсується при цьому другому тиску, і конденсат відхідного газу (20) рециркулюється на першу стадію регенерації.

**UA 123416 C2**



## Галузь техніки

Винахід відноситься до галузі об'єднаного виробництва сечовини і сечовино-амонієвого нітрату (САН). У деяких варіантах виконання винаходу, одержання сечовини і САН також включає і одержання азотної кислоти.

## 5 Рівень техніки

Сечовину одержують реакцією синтезу аміаку і діоксиду вуглецю. Огляд промислового синтезу сечовини з аміаку і діоксиду вуглецю можна знайти в Енциклопедії промислової хімії Ульмана (Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Wiley-VCH Verlag).

10 Синтез сечовини проходить, переважно, при високому тиску (зазвичай більше 100 барів) і включає одержання карбамінату (карбамату) амонію і конверсію (дегідрування) його в сечовину і воду. Через рівновагу хімічної реакції конверсія реагентів у сечовину виявляється незавершеною, завдяки чому на стадії синтезу утворюється реакційна суміш, яка по суті являє собою водний розчин сечовини, який містить значну кількість непрореагованого карбамінату амонію і аміаку.

15 Процеси синтезу сечовини можна класифікувати за способами використання цих непрореагованих матеріалів.

У процесі синтезу сечовини з повною рециркуляцією по суті всі непрореаговані матеріали в реакційній суміші повертаються на стадію синтезу. У процесі з частковою рециркуляцією тільки частина цих непрореагованих матеріалів піддається рециркуляції, а в однопрохідному процесі одержання сечовини непрореаговані матеріали повторно в процесі участі не беруть.

20 Непрореаговані і повторно не використовувані матеріали зазвичай видаляються з суміші у вигляді відхідного газу, для одержання кінцевого продукту сечовини у формі розчину, який складається, загалом, із води і сечовини. Відповідно, у процесі з частковою рециркуляцією і в однопрохідному процесі виділяється відхідний газ, який містить аміак і діоксид вуглецю, а також деяку кількість водяної пари. Наприклад, непрореагований карбамінат амонію розкладається на газоподібні  $\text{NH}_3$  і  $\text{CO}_2$  нагріванням реакційної суміші при низькому тиску, і цей газ відокремлюється від суміші.

У сучасних заводах виробництва сечовини з повною рециркуляцією, реакційна суміш піддається десорбції, можливо з використанням десорбуючого середовища, наприклад, газоподібного діоксиду вуглецю. Газоподібні аміак і  $\text{CO}_2$ , відокремлені десорбцією, конденсуються, знову утворюючи карбамінат амонію, і повертаються назад у контур синтезу високого тиску. Концентрований розчин, який виходить з процесу десорбції, далі спрямовується в одну або більше регенераційних (англ. - recovery) секцій, які працюють при більш низьких тисках, для подальшого витягання. У регенераційній секції(-ях) одержують очищений водний розчин сечовини і розчин рідкого карбамінату, який повертається у синтез сечовини.

35 Зазвичай в установках одержання сечовини з повною рециркуляцією і десорбцією  $\text{CO}_2$ , розчин сечовини, який виходить з десорбера високого тиску, безпосередньо оброблюється в регенераційній секції низького тиску, яка працює при тиску 2-5 барів. У процесі з повною рециркуляцією із самодесорбцією розчин сечовини оброблюється в регенераційній секції середнього тиску і далі в регенераційній секції низького тиску.

40 У підсумку, у всіх описаних вище процесах одержання сечовини утворюється водний розчин сечовини з концентрацією приблизно 70-80 % з невеликою кількістю домішок.

Цей водний розчин сечовини може далі зазнати обробки для видалення практично всієї води з одержанням розплаву сечовини, який надходить у секцію остаточної обробки для одержання твердої сечовини, наприклад, у вигляді великих зерен або гранул.

45 Іншим використанням згаданого водного розчину сечовини є одержання сечовино-амонієвого нітрату (САН), добре відомого і широко застосовуваного рідкого добрива.

При одержанні САН змішують розчин рідкої сечовини з нітратом амонію. Нітрат амонію одержують реакцією аміаку і азотної кислоти, а аміак також є сировиною для виробництва азотної кислоти і для одержання сечовини. Відповідно, процес одержання САН може бути вдало об'єднаний з одержанням сечовини і, також, з одержанням азотної кислоти.

Незважаючи на те, що однопрохідний процес і процес з частковою рециркуляцією є застарілими як порівняти з сучасними процесами з повною рециркуляцією, вони досі становлять інтерес для об'єднання з процесом одержання нітрату амонію і, можливо, азотної кислоти, оскільки тут можуть бути використані в ролі сировинного матеріалу великі кількості відхідних газів, які містять аміак і діоксид вуглецю.

Подальша інтеграція може бути проведена з секцією синтезу аміаку, якщо починати від вуглеводневої сировини, наприклад, природного газу або синтез-газу, який містить метан.

Відомий об'єднаний процес виробництва сечовино-амонієвого нітрату, нітрату амонію і азотної кислоти проводиться за такою схемою:

i) На стадії синтезу сечовини одержують водний розчин сечовини і вивільняють перший потік відхідного газу при середньому тиску (відхідний газ СТ), який зазвичай складає 8-15 барів, і другий потік відхідного газу при тиску, близькому до атмосферного (наприклад, відносному тиску 0,5 барів). Обидва потоки відхідного газу містять аміак, діоксид вуглецю і деяку кількість водяної пари.

ii) Водний розчин сечовини повністю або частково подають на стадію САН.

iii) Відхідний газ середнього тиску (СТ), який містить непрореаговані аміак, діоксид вуглецю і пари води, подається на стадію азотної кислоти (АК), де виробляється водний розчин азотної кислоти ( $\text{HNO}_3$ ).

iv) Відхідний газ атмосферного тиску, який містить непрореаговані аміак, діоксид вуглецю і водяну пару, і розчин азотної кислоти, подаються на стадію нітрату амонію (НА), де виробляється нітрат амонію.

v) Нітрат амонію подається на стадію САН, де він змішується з розчином сечовини для формування потрібного продукту сечовино-амонієвого нітрату.

Перший потік відхідного газу (відхідний газ СТ) виділяється в регенераційній секції середнього тиску, в якій відбувається реакція суміші з реактора підвищеного тиску, або контуру синтезу високого тиску, з одержанням більш концентрованого водного розчину сечовини.

Реакційна суміш розширюється від високого тиску синтезу до середнього тиску регенерації сечовини, після чого піддається обробці у пристрої розкладання середнього тиску з виділенням аміаку і двоокису вуглецю при розкладанні непрореагованого карбамінату амонію і одержанні концентрованого розчину сечовини при середньому тиску.

Другий потік відхідного газу одержується в другій регенераційній секції, де оброблюється згаданий водний розчин сечовини, який виходить з регенераційної секції середнього тиску. Ця друга регенераційна секція загалом містить принаймні пристрій розкладання і сепаратор "рідина-газ".

Терміном "пристрій розкладання" позначається обладнання, в якому розчин сечовини нагрівається для розкладання карбамінату амонію на сечовину і діоксид вуглецю. Типовим варіантом виконання пристрою розкладання є кожухотрубний теплообмінник з паровим підігрівом.

Одержання нітрату амонію на стадії НА включає нейтралізацію азотної кислоти аміаком у реакторі, який також називається "нейтралізатором".

Описана вище відома схема забезпечує добру інтеграцію різних стадій синтезу. Однак тут є і деякі недоліки. Перший недолік полягає в тому, що відхідний газ середнього тиску (СТ), який повторно використовується в стадії АК, містить значну кількість  $\text{CO}_2$ , який не виявляє активності при одержанні азотної кислоти і відводиться на стадії одержання азотної кислоти (АК). Ця відведена кількість  $\text{CO}_2$  збільшує витрату відвідного потоку і, як наслідок, розміри і вартість обладнання, нічим не сприяючи синтезу азотної кислоти.

Другим недоліком є те, що вихідні матеріали синтезу нітрату амонію підводяться на стадії НА при дуже низькому тиску, майже атмосферному. Як наслідок, нейтралізатор на стадії НА змушений працювати при низькому тиску, тобто, невеликому розрідженні або тиску, близькому до атмосферного.

Низький тиск на стадії одержання нітрату амонію (НА) і низький тиск подання відхідного газу може призводити до поганого перемішування парів аміаку і азотної кислоти і, як наслідок, неповноти реакції. Неповна реакція є недоліком з економічної точки зору і супровідного ризику викидів аміаку в атмосферу.

Непрореагований аміак, який не захоплюється нейтралізатором, зазвичай повертається в газоочисній системі, яка, однак, може піддаватися перевантаженню, особливо, коли виробнича потужність близька до межі. Викид аміаку в атмосферу, як правило, не повинен допускатися, а значить, газоочисна система може виявитися вузьким місцем, яке перешкоджає збільшенню потужності виробництва.

Третій недолік пов'язаний з питаннями безпеки, які стосуються нейтралізатора, який працює при атмосферному тиску. Такий нейтралізатор, який працює при настільки низькому тиску, вимагає величезного об'єму і значного часу перебування. Чим більший об'єм і час перебування, тим більший ризик присутності токсичних, небезпечних і потенційно займистих і вибухонебезпечних матеріалів.

У рівні техніки пропонується подавати весь наявний відхідний газ середнього тиску (СТ) безпосередньо на стадію одержання азотної кислоти (АК), оскільки тиск цього відхідного газу (зазвичай, 8-15 барів) відповідає тиску в стадії АК. Це, однак, означає, що для стадії одержання нітрату амонію залишається тільки відхідний газ при атмосферному тиску, зі всіма описаними вище недоліками.

Крім того, відомі процеси одержання сечовини з повною рециркуляцією з десорбцією CO<sub>2</sub> або самодесорбцією є окремими процесами, оскільки весь аміак і діоксид вуглецю повернені в реакцію синтезу, і вони недоступні для одержання нітрату амонію. У рівні техніки, коли потрібне одержання САН і/або азотної кислоти, установка одержання азотної кислоти або установка одержання нітрату амонію утворюється як повністю незалежне виробництво.

#### Розкриття винаходу

Даний винахід спрямований на усунення описаних вище недоліків. Задачею винаходу є, зокрема, більш ефективне об'єднання стадії одержання сечовини і стадії одержання нітрату амонію у виробництві кінцевого продукту сечовино-амонієвого нітрату. Задачею винаходу також є краще об'єднання зі стадією одержання азотної кислоти, при її наявності. Також винахід спрямований на підвищення безпеки і зниження викидів, зокрема зниження ризиків викидів аміаку. Крім того, винахід спрямований на утворення технологій збільшення виробничої потужності існуючих підприємств, які виробляють сечовино-амонієвий нітрат, і ліквідації вузьких місць в існуючих підприємствах.

Описані задачі вирішуються способом одержання сечовини і сечовино-амонієвого нітрату, який включає:

а) одержання водного розчину сечовини з використанням у ролі вихідних матеріалів аміаку і діоксиду вуглецю,

б) одержання нітрату амонію з аміаку і азотної кислоти, на стадії одержання нітрату амонію,

в) при цьому принаймні частина водного розчину сечовини змішана з принаймні частиною нітрату амонію для одержання сечовино-амонієвого нітрату, на стадії одержання сечовино-амонієвого нітрату,

г) одержання згаданого розчину сечовини, яке включає реакцію аміаку і діоксиду вуглецю при тиску синтезу для формування реакційної суміші сечовини, яка містить сечовину і непрореаговані матеріали, і також включає витягання непрореагованих матеріалів у декількох стадіях регенерації, що включають принаймні першу стадію регенерації, яка працює при першому тиску регенерації, меншому, ніж тиск синтезу, і другу стадію регенерації, яка працює при другому тиску регенерації, меншому, ніж перший тиск регенерації, і

який відрізняється тим, що:

д) відхідний газ, який вивільняється на кроці розкладання карбамінату на другій стадії регенерації, принаймні частково конденсується при другому тиску регенерації, з одержанням конденсату відхідних газів;

е) принаймні частина конденсату відхідного газу, або розчин, який містить принаймні частину конденсату газу, рециркулює на першу стадію регенерації;

ж) потік, який містить аміак, відводиться з першої стадії регенерації при першому тиску регенерації або трохи меншому тиску, і подається на стадію одержання нітрату амонію.

У переважному варіанті виконання, описаний процес містить одержання водної азотної кислоти з аміаку і повітря. У варіантах виконання, які включають одержання азотної кислоти, процес, переважно, включає: відведення з першої стадії регенерації вільного від CO<sub>2</sub> потоку, який містить принаймні 98 мас. % аміаку, який має належний тиск і склад для синтезу розчину азотної кислоти.

Згідно з іншими варіантами виконання винаходу, одержання сечовини може відбуватися в процесі з повною рециркуляцією, частковою рециркуляцією або в однопрохідному процесі. Процесом з повною рециркуляцією може бути процес із десорбцією CO<sub>2</sub> або процес із самодесорбцією. Синтез сечовини, переважно, виконується при високому тиску, наприклад, від 70 до 300 барів.

Якщо сечовину одержують у процесі з повною рециркуляцією, потік відхідного газу, який відводиться від першої стадії регенерації, загалом, вільний від CO<sub>2</sub>, оскільки весь CO<sub>2</sub> витягнутий у цій першій стадії регенерації у формі рідкого карбамінату амонію і повернутий назад у процес синтезу сечовини.

Якщо сечовину одержують в однопрохідному процесі або процесі з частковою рециркуляцією, відхідний газ, що відводиться з першої стадії регенерації, містить також непрореагований CO<sub>2</sub>.

Аміак, який підводиться і необхідний для одержання САН, переважно нагнітається в одному місці на стадію одержання сечовини. Ця одиночна точка нагнітання, переважно, знаходиться на першій стадії регенерації або безпосередньо в стадії високого тиску синтезу сечовини. Надлишок аміаку щодо стехіометричної кількості для реакції одержання сечовини, відводиться в установку одержання азотної кислоти (при її наявності) і установку одержання нітрату амонію. Аміачна сировина, що підводиться, містить принаймні 99 мас. % аміаку.

На стадії одержання сечовини, у кожній стадії регенерації оброблюється розчин, який містить сечовину і непрореаговані матеріали, які надходять після синтезу або після попередньої стадії регенерації при високому тиску. Стадія регенерації може використовувати пристрій розкладання або дисоціатор, в якому підігрівається розчин для розкладання карбамінату амонію на аміак і діоксид вуглецю, сепаратор рідини/газ, де потік, який виходить з пристрою розкладання, розділяється на рідку фазу розчину сечовини і газоподібну фазу, яка містить аміак і діоксид вуглецю, і конденсатор.

Кожна стадія регенерації, переважно, здійснюється у відповідній регенераційній секції.

Кожна стадія здійснюється при відповідному тиску регенерації. Стадії регенерації формують каскадний процес від першого, максимального, тиску до самого низького тиску. Перша стадія регенерації працює при першому тиску регенерації, найвищому з тисків регенерації, у той час як остання стадія регенерації працює при найнижчому тиску.

Тиск першої стадії регенерації, переважно, складає в інтервалі від 2 до 25 барів, переважно, від 5 до 20 барів, і більш переважно, від 8 до 20 барів. Цей тиск також називають середнім тиском, а перша стадія регенерації також називається стадією регенерації середнього тиску.

У деяких варіантах виконання, тиск останньої стадії регенерації дорівнює атмосферному тиску або близький до атмосферного тиску, трохи перевищуючи його. Переважно, цей близький до атмосферного тиск не перевищує 1 бар надл., більш переважно, приблизно 0,5 бар надл. Це позначення відповідає вимірюваному надлишковому атмосферному тиску.

У переважних варіантах виконання винаходу, використовується дві або три стадії регенерації. Варіант виконання винаходу включає дві стадії, а саме, першу стадію регенерації при тиску від 8 до 20 барів, і другу стадію регенерації при тиску, близькому до атмосферного. В іншому переважному варіанті виконання використовується три стадії регенерації: стадія середнього тиску від 8 до 20 барів, стадія низького тиску при тиску від 2 до 6 барів і стадія атмосферного тиску при тиску, близькому до атмосферного.

Терміном "тиск, близький до атмосферного" позначають тиск, який дорівнює або трохи перевищує атмосферний.

На кожній стадії регенерації може виділятися відхідний газ, який містить аміак і діоксид вуглецю. У переважному варіанті виконання, тиск відхідного газу, що відводиться з першої стадії регенерації, дорівнює або майже дорівнює першому тиску регенерації (середній тиск).

Потоком, який містить аміак і відводиться від першої стадії регенерації, відповідно до кроку ж), може бути потік відхідних газів або, у деяких варіантах виконання, потік рідини. У деякому варіанті виконання, цим потоком є розчин карбамінату із дна газопромивної колони.

Згідно з різними варіантами виконання, конденсат відхідного газу, одержаний після кроку д), може бути рециркульований на першу стадію регенерації безпосередньо, або через крок конденсації при проміжному третьому тиску.

У деяких варіантах виконання, згаданий вище конденсат відхідного газу, або принаймні його частина, використовується для активізації конденсації парів, що містять аміак і діоксид вуглецю, у третій стадії регенерації при тиску більш високому, ніж другий тиск.

У переважному варіанті виконання:

процес синтезу сечовини включає третю стадію регенерації, яка працює при третьому тиску регенерації, більш низькому, ніж перший тиск регенерації, і більш високому, ніж другий тиск регенерації;

третя стадія регенерації містить крок розкладання розчину сечовини, який надходить з першої стадії регенерації, з одержанням газової фази, яка містить аміак і діоксид вуглецю, з подальшою конденсацією цієї газової фази;

а крок е) включає:

змішування конденсату відхідного газу зі згаданою газовою фазою, перед або під час конденсації, з одержанням розчину карбамінату при третьому тиску, і

рециркуляцію цього розчину карбамінату на першу стадію регенерації.

У переважному варіанті виконання, перша стадія регенерації включає крок мокрого очищення парів  $\text{CO}_2$  і  $\text{NH}_3$  рідким аміаком і одержання розчину карбамінату. У цьому випадку, потік, який містить аміак, спрямований на стадію одержання нітрату амонію, може включати цей розчин карбамінату, одержаний після мокрого очищення, або може включати пари, одержані в подальшому кроці розкладання цього потоку карбамінату. В останньому випадку, парами є відхідні гази, виділені в регенераційній секції середнього тиску.

Більш детально, у переважному варіанті виконання, стадія регенерації середнього тиску включає: розкладання реакційної суміші сечовини, одержання розчину сечовини і газової фази, яка містить аміак і діоксид вуглецю, мокре очищення парів  $\text{CO}_2$  і  $\text{NH}_3$ , що залишилися після часткової конденсації з рідким аміаком з одержанням розчину карбамінату.

Згаданий процес мокрого очищення, переважно, проводиться в газопромивній колоні.

Відповідно до деяких варіантів виконання, згаданий вище розчин, який містить конденсований відхідний газ із другої регенераційної секції, рециркулюється в процес мокрого промивання для використання в ролі промивного засобу і для полегшення конденсації діоксиду вуглецю. Наприклад, цей розчин може бути рециркульований в одне або більш місць на газопромивній колоні.

У переважному варіанті виконання, крок е) включає:

рециркуляцію першої частини розчину, який містить конденсат відхідного газу, в крок часткової конденсації газової фази, одержаної після розкладання реакційної суміші, причому перша частина розчину змішується з цією газовою фазою перед конденсацією, або під час неї;

рециркуляцію другої частини цього розчину в згаданий процес мокрого очищення, для використання в ролі промивного засобу.

Крок мокрого очищення забезпечує очищення парів, витягання розчину рідкого карбамінату з дна газопромивної колоні і видалення газоподібного аміаку, вільного від  $\text{CO}_2$ , через верхню частину цієї колоні.

Цей розчин карбамінату може бути рециркульований безпосередньо в синтез сечовини в процесі з повною рециркуляцією, або може бути спрямований у наступний крок дисоціації в процесі з частковою рециркуляцією.

В описаних вище варіантах виконання з процесом мокрого очищення, аміак, що подається на стадію одержання нітрату амонію, може включати потік, одержаний з попереднього кроку розкладання розчину карбамінату (при його наявності).

У деяких варіантах виконання, процес далі об'єднаний зі стадією одержання азотної кислоти, для одержання розчину азотної кислоти. Принаймні частина цього розчину азотної кислоти використовується для одержання нітрату амонію в стадії одержання нітрату амонію, і процес, переважно, містить крок відведення по суті чистого газоподібного аміаку з першої стадії регенерації і подання цього газоподібного аміаку на стадію одержання азотної кислоти.

Цей практично чистий газоподібний аміак, поданий на стадію одержання азотної кислоти, переважно, може бути відведений з вищезгаданого процесу мокрого очищення.

У деяких варіантах виконання, два потоки відхідних газів утворюються у згаданий першій стадії одержання, а саме, перший потік відхідних газів, який містить аміак і непрореагований  $\text{CO}_2$ , і другий потік відхідного газу, який містить практично чистий аміак. Це відноситься, зокрема, до процесу синтезу сечовини, який не є процесом з повною рециркуляцією. У переважних варіантах виконання винаходу, перший відхідний газ (який також включає  $\text{CO}_2$ ) постачає аміак для синтезу нітрату амонію, а другий відхідний газ, який містить практично чистий аміак, забезпечує сировиною процес одержання азотної кислоти.

Відповідно до іншого переважного варіанта виконання, потік, який містить аміак і відводиться від першої стадії регенерації, як у газоподібній формі, так і в рідкій, вводиться в дотик з розчином азотної кислоти в трубчастому реакторі підвищеного тиску на стадії одержання нітрату амонію. Переважно, цей трубчастий реактор підвищеного тиску працює при тиску, який приблизно дорівнює першому тиску регенерації, або трохи меншому.

У переважних варіантах виконання, перший тиск регенерації складає в інтервалі від 2 до 25 барів, переважно, від 5 до 20 барів, і більш переважно, від 8 до 20 барів, і/або

другий тиск регенерації дорівнює атмосферному або близький до атмосферного, трохи перевищуючи його, переважно, не більше 1 бара надл. або, більш переважно, приблизно 0,5 бара надл., і/або

третій тиск регенерації складає від 2 до 6 барів, переважно, приблизно 3 бари.

Робочий тиск згаданого вище трубчастого реактора складає, переважно, від 6 до 12 барів.

Потік, який містить аміак, у кроці ж), переважно, відрізняється вмістом аміаку принаймні 98 мас. %. Такий потік з аміаком може бути рідким або газоподібним (відхідний газ).

У деяких варіантах виконання, процес відповідно до винаходу може бути далі об'єднаний з одержанням меламіну. У цьому випадку, частина синтезованої сечовини використовується для одержання меламіну, а відхідний газ меламіну, який містить аміак і діоксид вуглецю, переважно, повторно спрямовується в процес синтезу сечовини.

Головною перевагою винаходу є те, що аміак і діоксид вуглецю, які містяться у відхідному газі, що виділяється у другій регенераційній секції при низькому тиску (зазвичай, близькому до атмосферного), конденсуються і рециркулюють у рідкій формі на більш високий тиск, досягаючи, нарешті, першої регенераційної секції. Тут рециркульовані аміак і діоксид вуглецю беруть участь у формуванні відхідного газу при високому тиску, що може бути ефективно використано для забезпечення сировиною стадії одержання нітрату амонію. Іншими словами, можна стверджувати, що аміак і діоксид вуглецю, що витягаються при низькому тиску з другої

регенераційної секції, конденсуються, стискаються до більш високого тиску для рециркуляції в одну або більше регенераційних секцій більш високого тиску, і газифікуються при більш високому тиску, переважно, при тиску першої регенераційної секції.

З іншого боку, винахід забезпечує витягання потоку по суті чистого газоподібного аміаку з першої регенераційної секції завдяки збільшенню рециркуляції аміаку з регенераційної секції(-ій) більше низького тиску, де цей газоподібний аміак може використовуватися як сировина для одержання азотної кислоти, у разі потреби. Цей чистий газоподібний аміак відводиться, наприклад, з вищезгаданого процесу мокрого очищення, наприклад, з верху газопромивної колони.

Таким чином, у винаході відхідні гази при відносно високому тиску (зазвичай при середньому тиску в інтервалі 8-20 барів) піддаються рециркуляції в секцію одержання нітрату амонію, замість секції одержання азотної кислоти. У цю останню секцію може подаватися газоподібний аміак, відведений від першої регенераційної секції.

У деяких варіантах виконання, відхідний газ, який виділяється в першій регенераційній секції, рециркулює на стадію одержання нітрату амонію в рідкій формі.

У винаході виправлений недолік подання інертних  $\text{CO}_2$  і води в секцію одержання азотної кислоти. Може бути ліквідоване вузьке місце секції одержання азотної кислоти, особливо в блок абсорбції, де присутність  $\text{CO}_2$  знижувала би парціальний тиск, який сприяє абсорбції. У такий спосіб радикально знижуються викиди з секції одержання азотної кислоти.

У деяких варіантах виконання, у секцію одержання азотної кислоти може подаватися рідкий аміак, який виробляється в секції одержання аміаку. Відповідно, секція одержання азотної кислоти може бути від'єднана від секції одержання сечовини. Це може бути корисно, наприклад, якщо секція сечовини є вузьким місцем виробництва.

Подання в секцію одержання нітрату амонію відхідного газу при відносно високому тиску (наприклад, від 8 до 20 барів) являє собою суттєву перевагу, оскільки енергія тиску подання може бути використана для здійснення більш щільного контакту газової фази, яка містить аміак, з рідкою фазою, яка містить  $\text{HNO}_3$ , завдяки чому різко підвищується ефективність реакції.

В особливо переважному варіанті виконання, одержання нітрату амонію проводиться в трубчастому реакторі підвищеного тиску. Відповідно, секція одержання нітрату амонію містить трубчастий реактор, в який подається відхідний газ при середньому тиску, разом з водним розчином азотної кислоти. Переважно, трубчастий реактор працює приблизно при тиску 10 барів.

У трубчастому реакторі забезпечується тісний контакт газоподібного аміаку і розчину азотної кислоти. Збільшений тиск відхідного газу, який подається і містить аміак, сприяє ефективному змішуванню між реагентами.

Вихід трубчастого реактора, переважно, приєднаний при атмосферному тиску або невеликому розрідженні до сепараторної камери, в якій здійснюється поділ парів, що містять загальну воду, наприклад, водяну пару, з одержанням гарячого розчину нітрату амонію, наприклад, з концентрацією 95 %. Варто відзначити, що трубчастий реактор використовується для проведення реакції потоку відхідних газів підвищеного тиску, який містить аміак, а не тільки потоку стисненого чистого аміаку.

Іншою перевагою трубчастого реактора підвищеного тиску є більш низький ризик витоку непрореагованого газоподібного аміаку, завдяки ефективному перемішуванню між аміаком і азотною кислотою.

Інша перевага пов'язана зі зменшеним об'ємом трубчастого реактора і сепаратора, що знижує ризик витоку аміаку, азотної кислоти і нітрату амонію при високій температурі, якщо порівнювати зі звичайним нейтралізатором атмосферного тиску в рівні техніки. Трубчастий реактор підвищеного тиску, який використовується у винаході, має менший об'єм і менший час перебування, ніж такий нейтралізатор.

Особливістю винаходу є також установка для синтезу сечовини і САН, відповідно до формули винаходу.

Іншою особливістю винаходу є модифікація існуючої установки для одержання сечовини і САН, відповідно до формули винаходу.

Переваги винаходу будуть більш зрозумілі з наведеного нижче опису переважного варіанта виконання.

Короткий опис креслень

Нижче винахід більш детально розглянутий з посиланням на додані креслення, на яких:

на Фіг. 1 представлений варіант виконання винаходу, в якому сечовину одержують процесом із частковою рециркуляцією;

на Фіг. 2 представлений варіант виконання, який є версією показаного на Фіг. 1;



на Фіг. 3 представлений варіант виконання, який є наступною версією варіанта, показаного на Фіг. 1;

на Фіг. 4 представлений варіант виконання винаходу, в якому сечовину одержують у процесі з повною рециркуляцією;

5 на Фіг. 5 представлений варіант процесу, показаного на Фіг. 4;

на Фіг. 6 представлений інший варіант;

на Фіг. 7 представлений перерважний варіант виконання секції одержання азотної кислоти, яка включає трубчастий реактор.

Детальний опис виконання винаходу

10 Перший варіант виконання описується з посиланням на Фіг. 1, на якій:

СС позначає секцію синтезу сечовини;

АК позначає секцію одержання азотної кислоти;

НА позначає секцію одержання нітрату амонію;

15 САН позначає секцію одержання товарного сечовино-амонієвого нітрату змішуванням сечовини і нітрату амонію;

РСТ – пристрій розкладання середнього тиску;

КСТ – конденсатор середнього тиску;

ГКСТ – газопромивна колона аміаку середнього тиску;

РК – пристрій розкладання карбамінату;

20 РНТ – пристрій розкладання карбамінату низького тиску;

КНТ – конденсатор низького тиску;

РА – пристрій розкладання карбамінату атмосферного тиску;

КА – конденсатор атмосферного тиску;

ГА – газоочисник атмосферного тиску;

25 NH<sub>3</sub>K – конденсатор аміаку;

ССТ – сепаратор середнього тиску.

Обладнання середнього тиску, що включає пристрій РСТ розкладання, конденсатор КСТ і газопромивну колону ГКСТ, є частиною регенераційної секції середнього тиску РССТ.

30 Обладнання низького тиску, що включає пристрій РНТ розкладання і конденсатор КНТ, є частиною регенераційної секції низького тиску РСНТ.

Обладнання, яке працює при атмосферному тиску, що включає пристрій РА розкладання, конденсатор КА і газоочисник ГА, є частиною наступної регенераційної секції АР.

35 Секція РССТ середнього тиску працює, наприклад, при тиску від 8 до 20 барів. Секція РСНТ низького тиску працює, наприклад, при тиску від 2 до 6 барів. Секція АР працює, наприклад, при тиску всього 0,5 бара вище атмосферного тиску.

Пристрої розкладання, наприклад, РСТ, РНТ і РА нагріваються, наприклад, паром при придатному тиску. Наприклад, цими пристроями розкладання є кожухотрубіні теплообмінники, які нагріваються паром.

40 Водний розчин сечовини 15 одержують з аміаку 3 і діоксиду 1 вуглецю і змішують на стадії САН з нітратом 32 амонію для одержання сечовино-амонієвого нітрату 33.

Процес синтезу сечовини на Фіг. 1 включає реакцію аміаку 3 і діоксиду 1 вуглецю при тиску синтезу для формування реакційної суміші 4, яка містить сечовину і непрореаговані матеріали, включно з карбамінатом амонію, діоксидом вуглецю і аміаком.

45 Непрореаговані матеріали, що знаходяться в реакційній суміші 4, витягаються на подальших кроках розкладання карбамінату на аміак і діоксид вуглецю в пристроях РСТ, РНТ і РА розкладання, з одержанням, у результаті, водного розчину 15 сечовини.

На кожному кроці розкладання одержується рідкий стік (розчин сечовини) і газова фаза, яка містить аміак і діоксид вуглецю. Відхідний газ 19, який виділяється в атмосферному пристрої РА розкладання, згідно з варіантом виконання винаходу, конденсується в атмосферному 50 конденсаторі КА для формування потоку рідкого сконденсованого відхідного газу 20. Цей конденсат відхідного газу 20 рециркулює на стадію РССТ регенерації середнього тиску, а саме, в конденсатор КСТ середнього тиску, після проходження конденсатора КНТ середнього тиску.

Рідкий конденсований відхідний газ 20 сильніше розбавлений водою, ніж викид 22 конденсатора КНТ низького тиску, тому використання рециркуляції відхідних газів 20 через 55 конденсатор КНТ низького тиску сприяє конденсації парів 18 CO<sub>2</sub> і NH<sub>3</sub>.

Крім того, відхідний газ 11, який містить аміак, видаляється з першої стадії РССТ регенерації, а саме, з пристрою РК розкладання карбамінату, і рециркулюють на стадію НА одержання нітрату амонію.

60 Фіг. 1 відноситься до варіанту виконання, де одержання азотної кислоти далі об'єднане з одержанням сечовини і сечовино-амонієвого нітрату (САН). Практично чистий газоподібний

аміак 14 відводиться зі стадії регенерації середнього тиску, а саме, з газопромивної колони ГКСТ, і частина 142 цього газоподібного аміаку 14 подається в ролі вихідного матеріалу на стадію АК одержання азотної кислоти.

На стадії АК одержання азотної кислоти одержується розчин азотної кислоти 31, який подається на стадію НА одержання нітрату амонію разом із відхідним газом 11.

Нижче наводиться більш детальний розгляд схеми на Фіг. 1.

Новий діоксид 1 вуглецю надходить у секцію СС синтезу сечовини, а новий рідкий аміак 2 надходить у конденсатор NH<sub>3</sub>K аміаку, де газоподібний аміак, який виходить із газопромивної колони ГКСТ, конденсується з формуванням рідкого аміаку 8.

Зазвичай температура рідкого аміаку 2 нижче температури парів 141 аміаку, тому впорскування цього рідкого аміаку 2 в аміачний конденсатор NH<sub>3</sub>K сприяє конденсації газоподібного аміаку 141. Частина цього рідкого аміаку 8 формує вхідний потік 3 аміаку, спрямований у секцію СС синтезу сечовини. Решта 9 аміаку повертається назад у колону ГКСТ. У деяких варіантах виконання, вхідний аміак 2 може бути змішаний з аміачним потоком 8 перед поділом потоку 8 на потоки 3 і 9 матеріалів, що надходять.

Переважаю, вхідний аміак 2, який подається в конденсатор NH<sub>3</sub>K аміаку, являє собою повну кількість аміаку, необхідну за стехіометричним співвідношенням для одержання кінцевого продукту 33 сечовино-амонієвого нітрату. Більш точно, вхідний аміак 2 включає аміак, який необхідний для синтезу сечовини, синтезу азотної кислоти і для нейтралізації цієї азотної кислоти для одержання нітрату амонію.

Діоксид вуглецю 1 і аміак 3 реагують у секції СС синтезу сечовини при тиску синтезу, для формування водного розчину 4 (реакційної суміші).

Цей водний розчин 4 сечовини після зниження його тиску спрямовується в пристрій РСТ розкладання середнього тиску, де карбамінат, який знаходиться в розчині 4, розкладається на аміак і діоксид вуглецю, під впливом тепла.

У пристрої РСТ розкладання середнього тиску виробляється розчин 5 сечовини, який далі піддається обробці в регенераційній секції РСНТ низького тиску, і газова фаза 6, яка містить аміак і діоксид вуглецю.

Газова фаза 6 частково конденсується в конденсаторі КСТ середнього тиску з використанням рециркульованого розчину 24, який надходить з регенераційної секції КНТ низького тиску, як це буде показано далі.

Частково сконденсований сток 7 конденсатора КСТ середнього тиску є розчином карбамінату, який містить також деяку кількість газоподібних аміаку і CO<sub>2</sub>. Цей стік 7 спрямовується в нижню частину газопромивної колони ГКСТ середнього тиску. Тут газоподібні аміак і CO<sub>2</sub>, які містяться в потоці 7, поділяються і протікають вгору в газопромивній колоні ГКСТ. Як згадувалося вище, у цю колону ГКСТ також подається рідкий аміак 9. У верхню частину цієї колони ГКСТ також надходить рециркульований розчин 25 з секції КНТ низького тиску, який виконує роль промивного середовища парів аміаку і CO<sub>2</sub>, що знаходяться в розчині 7 карбамінату.

Пари аміаку і CO<sub>2</sub>, які містяться в стоці 7, піддаються мокрому очищенню в колоні ГКСТ, з одержанням розчину 10 карбамінату, який також включає рідку частину стоку 7. Цей розчин 10 карбамінату витягається з низу колони ГКСТ як важкий компонент, і спрямовується в пристрій РК розкладання.

Пристрій РК розкладання карбамінату здійснює розкладання карбамінату на аміак і CO<sub>2</sub>, і розділяє рідку і парову фази з одержанням: відхідного газу 11 середнього тиску, який містить аміак (приблизно 45 %), діоксид вуглецю (приблизно 40 %), решта – вода, які подаються в ролі вихідних матеріалів у секцію НА одержання нітрату амонію, і рідкої фази 12, яка містить, загалом, воду (приблизно 75 %), і деяку кількість аміаку (приблизно 15 %) і CO<sub>2</sub> (приблизно 10 %), від нерозкладеної частини карбамінату. Ця рідка фаза 12 разом з розчином 5 формує сировину 13 розчину сечовини, яка подається в пристрій РНТ розкладання низького тиску.

У колоні ГКСТ видаляється практично весь діоксид вуглецю, який міститься в розчині 7 карбамінату. Практично вільний від CO<sub>2</sub> газоподібний аміак 14 (легкий компонент) відводиться через верх колони ГКСТ. Перша частина 141 цього газоподібного аміаку 14 спрямовується в конденсатор NH<sub>3</sub>K аміаку, а інша частина 142 цього газоподібного аміаку 14 є вихідним матеріалом для стадії АК одержання азотної кислоти.

Розкладання розчину 13 в пристрої РНТ розкладання низького тиску дає розчин 17 сечовини і газову фазу 18.

Розчин 17 сечовини далі піддається обробці, після зниження тиску, в пристрої РА розкладання при атмосферному тиску, з одержанням водного розчину сечовини 15, який

складається, загалом, з сечовини і води із вмістом 70-80 % сечовини, і відхідного газу 19, який містить аміак і діоксид вуглецю.

Відхідний газ 19 принаймні частково конденсується в конденсаторі КА. Одержаний конденсат 20 спрямовується через насос 21 у конденсатор КНТ низького тиску. Насос 21 піднімає тиск конденсованого стоку конденсатора КА від атмосферного тиску регенераційної секції АР до більш високого тиску секції РСНТ. У конденсаторі КНТ низького тиску, конденсат 20 сприяє конденсації парової фази 18, яка виходить з пристрою РНТ розкладання низького тиску.

У конденсаторі КНТ низького тиску утворюється РСНТ розчин 22 конденсату, тиск якого далі піднімається до тиску регенераційної секції РССТ середнього тиску за допомоги насоса 23, і який далі рециркулює в цю секцію РССТ.

Розчин 22 конденсату РСНТ може бути рециркульований у різні точки секції РССТ. Згідно з переважним варіантом виконання, як це показано на Фіг. 1, перша частина 24 розчину 22 конденсату РСНТ подається в газопромивну колону ГКСТ. Потік 24 розчину конденсату РСНТ сприяє конденсації парів 6, в той час як потік 25 розчину конденсату РСНТ забезпечує мокре очищення діоксиду вуглецю від розчину 7 карбамінату в газопромивній колоні ГКСТ.

Можна визнати, що, завдяки винаходу, аміак і діоксид вуглецю, що містяться в парах 19, вивільнені при дуже низькому тиску (зазвичай при атмосферному тиску або близькому до атмосферного), переважно, рециркулюють після конденсації в секцію РССТ середнього тиску, а саме, в конденсатор КСТ і в газопромивну колону ГКСТ. Відповідно, більше аміаку рециркулює в колону ГКСТ, порівняно з рівнем техніки, забезпечуючи належне заживлювання секції АК одержання азотної кислоти за допомоги газоподібного аміаку 142, що відводиться від верха цієї колоні, і належне заживлювання для одержання нітрату амонію НА за допомоги потоку 11.

Пари 26 з конденсатора КА атмосферного тиску спрямовуються в газоочисник ГА атмосферного тиску разом з парами 27, відведеними від конденсатора КНТ низького тиску. У газоочиснику ГА, пари 26 і 27 піддаються мокрому очищенню за допомоги підживлювальної води 28, а одержаний при цьому конденсат 29, який містить  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$  і воду, рециркулює в конденсатор КА атмосферного тиску.

Додавання підживлювальної води 28 зводиться до мінімуму за допомоги витягання аміаку в конденсаторі КНТ низького тиску, при тиску, проміжному між тисками регенераційних секцій РССТ і АР. При згаданому низькому тиску, з потоку 18 витягається значна частина аміаку, і, завдяки цьому, відхідний газ 19 містить невелику частину аміаку, який може бути легко сконденсований і підданий мокрому очищенню в конденсаторі КА і газоочиснику ГА атмосферного тиску з використанням зменшеної кількості підживлювальної води 28.

Відповідно, винахід також забезпечує зведення до мінімуму закачування води в систему і, нарешті, дозволяє керувати вмістом води в САН кінцевому продукті 33, який зазвичай обмежений застосовними технічними вимогами.

У секцію АК азотної кислоти надходить аміачна сировина 142 і повітря 30. Також додається прісна вода 35 для одержання водного розчину азотної кислоти. Концентрація азотної кислоти в розчині 31, який одержується в секції АК, зазвичай складає від 55 мас. % до 65 мас. %, решта – вода.

Розчин 31 азотної кислоти і стиснений відхідний газ 11 з пристрою РК розкладання карбамінату подаються в секцію НА в ролі вихідного матеріалу для одержання нітрату амонію. У цій секції НА одержується водний розчин 32 нітрату амонію, який зазвичай містить 75-95 % нітрату амонію. Надлишок води витісняється у вигляді чистої води 34.

Кінцевий продукт 32 нітрату амонію і водний розчин 15 сечовини, який відводиться з пристрою РА розкладання при атмосферному тиску, подаються в секцію САН для одержання сечовино-амонієвого нітрату 33.

Переважно, сечовино-амонієвий нітрат 33 містить 44 % нітрату амонію, 35 % сечовини, решта – вода, у результаті чого вміст азоту складає 32 %.

Відповідно до версії (не показана) варіанта виконання, показаного на Фіг. 1, частина аміаку 2 може бути подана в секцію АК одержання азотної кислоти і/або секцію НА одержання нітрату амонію.

У деяких варіантах виконання процес далі об'єднується з одержанням меламіну. Наприклад, як показано на Фіг. 1, частина розчину 15 сечовини використовується для одержання меламіну у відповідній секції меламіну; відхідний газ, витягнутий з секції одержання меламіну і який містить аміак і діоксид вуглецю, може бути знову введений, наприклад, у конденсатор КСТ середнього тиску.

На Фіг. 2-6 показані деякі версії варіантів виконання. Для простоти, елементи системи, які відповідають Фіг. 1, мають ті ж цифрові позначення.

На Фіг. 2 представлений варіант виконання, у якому процес синтезу сечовини включає тільки дві стадії PCCT і AP регенерації.

Потік 20 конденсованого відхідного газу, відведений від конденсатора КА атмосферного тиску, подається прямо на стадію PCCT регенерації середнього тиску. Потік 20 може бути спрямований в одне або більше місць у стадії PCCT. У частковому прикладі, наведеному на Фіг. 2, потік 20 розділений на дві частини 24 і 25, де перша частина 24 подається в конденсатор КСТ середнього тиску, а друга частина 25 подається в колону ГКСТ в ролі промивного середовища.

На Фіг. 3 показаний варіант виконання, в якому розчин 10 карбамінату, відведений від нижньої частини газопромивної колони ГКСТ, спрямовується безпосередньо на стадію НА одержання нітрату амонію в рідкому стані, без попереднього проходження в пристрої РК розкладання карбамінату.

Варіанти виконання, показані на Фіг. 2 і 3, можуть бути об'єднані з одержанням, у результаті, такого варіанта виконання, де потік 20 спрямований прямо в секцію PCCT, а розчин 10 надходить на стадію НА.

На Фіг. 4 представлений варіант виконання, в якому в секції CC синтезу сечовини проводиться процес з повною рециркуляцією, і необхідності в конденсаторі NH<sub>3</sub>K немає.

Аміак 2 подається прямо в секцію CC синтезу сечовини. У газопромивну колону ГКСТ подається тільки потік 25 конденсату відхідного газу з конденсатора КНТ низького тиску. У деяких варіантах виконання, у колону ГКСТ може також подаватися менша частина аміаку 2.

Розчин 10 карбамінату з колони ГКСТ рециркулюється безпосередньо в секцію CC синтезу сечовини.

У переважному варіанті виконання, повна кількість аміаку 2, потрібна для виробництва кінцевого продукту сечовино-амонієвого нітрату 33, подається в CC для синтезу сечовини, що дозволяє досягти оптимального складу реагентів у реакторі синтезу.

Газоподібний аміак 14, який відводиться з колон ГКСТ, розділяється на перший потік 141 і другий потік 142. Перший потік 141 забезпечує вихідним матеріалом секцію АК одержання азотної кислоти, а другий потік 142 подає реагенти в секцію НА одержання нітрату амонію.

На Фіг. 5 представлений варіант виконання, в якому газопромивна колона ГКСТ замінена сепаратором ССТ "рідина/газ".

В останньому випадку весь потік конденсованого відхідного газу насосом 23 подається із вхідної сторони конденсатора КСТ середнього тиску у вигляді потоку 24.

На Фіг. 6 представлена версія схеми, показаної на Фіг. 5, в якій потік 20, який містить конденсований відхідний газ 19, спрямовується безпосередньо на стадію PCCT середнього тиску, аналогічно до Фіг. 2.

Варіант виконання на Фіг. 6 може включати сепаратор ССТ середнього тиску (показаний на схемі) або газопромивну колонну ГКСТ, як на Фіг. 4.

На Фіг. 7 представлений переважний варіант виконання секції НА одержання нітрату амонію, яка містить трубчастий реактор 50, наприклад, реактор у формі вертикальної або, більш переважно, горизонтальної труби.

На Фіг. 7 більш детально показаний варіант виконання, в якому секція НА включає трубчастий реактор 50, сепаратор 51 "газ/рідина", газоочисну систему 52 і резервуар 53.

Потік 11 (або 142 у варіанті виконання на Фіг. 4) відхідного газу під тиском 8-20 барів подається в трубчастий реактор 50. У цей трубчастий реактор також подається розчин 31 азотної кислоти. Середній рівень тиску потоку 11 відхідного газу забезпечує енергію змішування аміаку і азотної кислоти. На виході трубчастого реактора, нітрат амонію (продукт реакції) відокремлюється у вигляді концентрованого розчину в сепараторі 51 "газ/рідина", який працює, переважно, при тиску, який дорівнює атмосферному, або близькому до нього.

Тепло, яке виділяється реакцією, відводиться випарюванням води, яка міститься в потоках 11 і 31, які, в кінці кінців, відокремлюються від концентрованого розчину в сепараторі 51.

Пари, які містять окремі захоплені крапельки нітрату амонію, піддаються обробці в системі 52 мокрого очищення, яка відводить інертні гази 41 в атмосферу (наприклад, залишки азоту і інертні гази, які приходять з відхідним газом 11) і очищену воду 34, яка може бути безпечно утилізована.

Розчин із сепаратора 51 і рідка фаза, відведена з газоочисної системи 52, зберігаються в резервуарі 53 і утворюють розчин 32, спрямований у секцію САН (Фіг. 1-6).

У деяких варіантах виконання, спосіб відповідно до винаходу може бути далі об'єднаний з виробництвом аміаку, наприклад, процесом риформінгу вуглеводню.

Аміак, який одержується у відповідній секції синтезу аміаку, може служити вихідним матеріалом для стадії АК одержання азотної кислоти, або також підходить для подання в секцію

НА. У деяких варіантах виконання, в секцію АК одержання азотної кислоти подається аміак з секції одержання аміаку і, в результаті, секція АК відірвана від виробництва сечовини.

Відповідно до іншого варіанта виконання винаходу, стиснений відхідний газ 11 конденсується і в рідкому стані спрямовується в секцію НА одержання нітрату амонію, або розчин 10 подається безпосередньо в секцію НА без кроку розкладання в пристрої РК.

Винахід також застосовний для переобладнання існуючих комбінованих установок.

Звичайна структура існуючої установки використовує в секції НА нейтралізатор атмосферного тиску. Крім того, існуюча установка може включати секції РССТ і АР, але не включає секцію РСНТ і не включає конденсатор КА. Тому, відхідні гази, які залишають секцію АР, рециркулюють у газоподібному вигляді, як правило, у згаданий нейтралізатор атмосферного тиску.

Переобладнання з метою реалізації описаної вище схеми може, наприклад, включати:

додавання секції РСНТ, яка працює при тиску, проміжному між робочими тисками існуючих секцій РССТ і АР;

додавання конденсатора КА атмосферного тиску;

заміну нейтралізатора атмосферного тиску секції НА нейтралізатором, який працює при тиску, переважно, трубчастого реактора;

введення необхідних ліній (трубопроводів) і насосів, компресорів тощо.

При додаванні конденсатора КА атмосферного тиску і секції РСНТ, відхідний газ, який виділяється в секції АР, можуть бути ефективно рециркульовані в секцію РССТ більш високого тиску, як це було показано вище.

Секція РССТ приймає конденсат відхідних газів з другої стадії регенерації, завдяки чому одержує більше аміаку і діоксиду вуглецю і, в такий спосіб, у змозі забезпечити стисненням відхідним газом 11 секцію НА одержання нітрату амонію. При наявності вихідних матеріалів під тиском, нейтралізатор атмосферного тиску може бути замінений більш безпечним і ефективним трубчастим реактором підвищеного тиску. Крім того, секція РССТ може видавати газоподібний аміак 16 для живлення секції АК одержання азотної кислоти.

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

30

1. Спосіб об'єднаного одержання сечовини і сечовино-амонієвого нітрату, в якому:

а) одержують водний розчин сечовини (15), використовуючи в процесі синтезу сечовини в ролі вихідних матеріалів аміак і діоксид вуглецю;

б) одержують нітрат (32) амонію з аміаку і азотної кислоти на стадії (НА) одержання нітрату амонію,

в) причому принаймні частина водного розчину сечовини (15) змішується з принаймні частиною нітрату (32) амонію для одержання сечовино-амонієвого нітрату (33) на стадії одержання сечовино-амонієвого нітрату (САН),

г) процес синтезу сечовини включає реакцію аміаку (3) і діоксиду (1) вуглецю при тиску синтезу, для формування реакційної суміші (4) сечовини, яка містить сечовину і непрореаговані матеріали, і також включає регенерацію непрореагованих матеріалів на декількох стадіях регенерації, які включають принаймні першу стадію (РССТ) регенерації, яка працює при першому тиску регенерації, який менший, ніж тиск синтезу, і другу стадію (АР) регенерації, яка працює при другому тиску регенерації, який менший, ніж перший тиск регенерації,

який **відрізняється** тим, що:

д) відхідні гази (19), які виділяються на кроці розкладання (РА) карбамінату на другій стадії регенерації і містять непрореагований аміак, принаймні частково конденсують при другому тиску регенерації, з одержанням конденсату відхідного газу (20);

е) принаймні частина конденсату відхідного газу (20) або розчин (24, 25), який містить принаймні частину конденсату відхідного газу (20), рециркулюють на першу стадію (РССТ) регенерації;

ж) відводять потік (10, 11), який містить аміак, з першої стадії (РССТ) регенерації при першому тиску регенерації і подають на стадію (НА) одержання нітрату амонію.

2. Спосіб за п. 1, додатково об'єднаний зі стадією (АК) одержання азотної кислоти для одержання розчину азотної кислоти (31), принаймні частина якого використовується для одержання нітрату амонію на стадії (НА) одержання нітрату амонію, і при здійсненні способу:

відводять по суті чистий газоподібний аміак (142) з першої стадії (РССТ) регенерації, і

подають газоподібний аміак (142) на стадію (АК) одержання азотної кислоти.

3. Спосіб за п. 1 або 2, в якому потік (11), який містить аміак, відведений з першої стадії регенерації в газоподібному стані або в рідкому стані, вводять у контакт з розчином азотної кислоти (31) в трубчастому реакторі (50) підвищеного тиску стадії одержання нітрату амонію.

4. Спосіб за п. 3, в якому трубчастий реактор підвищеного тиску працює при тиску, який по суті дорівнює першому тиску регенерації.

5. Спосіб за будь-яким із попередніх пунктів, у якому на кроці е) подають принаймні частину конденсату відхідного газу (20) безпосередньо на першу стадію (PCCT) регенерації.

5 6. Спосіб за будь-яким із попередніх пунктів, в якому:

процес синтезу сечовини включає третю стадію (PCHT) регенерації, яка працює при третьому тиску регенерації, меншому, ніж перший тиск регенерації, і більшому, ніж другий тиск регенерації,

10 третя стадія (PCHT) регенерації включає розкладання (PHD) розчину (13) сечовини з одержанням газової фази (18), яка містить аміак і діоксид вуглецю, і подальшою конденсацією (KHT) цієї газової фази (18),

і крок е) включає:

змішування конденсату відхідного газу (20) з газовою фазою (18) перед конденсацією або в ході неї, з одержанням розчину (22) карбамінату при третьому тиску, і

15 рециркуляцію розчину (22) карбамінату на першу стадію (PCCT) регенерації.

7. Спосіб за будь-яким із попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що перша стадія (PCCT) регенерації включає мокре очищення діоксиду вуглецю і парів аміаку, які містяться в суміші (7) карбамінату, після часткової конденсації в конденсаторі (KCT), з одержанням розчину (10) карбамінату на першій стадії (PCSD) регенерації,

20 і потік, який містить аміак, спрямований на стадію одержання нітрату амонію, включає розчин (10) карбамінату, одержаний після мокрого очищення парів (11), одержаних при подальшому кроці розкладання цього розбавленого розчину (10) карбамінату.

8. Спосіб за п. 7, який **відрізняється** тим, що перша стадія (PCCT) регенерації включає кроки: розкладання реакційної суміші (4) сечовини, одержання розчину (5) сечовини і газової фази (6), яка містить аміак і діоксид вуглецю;

25 часткової конденсації газової фази (6) з одержанням розчину карбамінату і парів (7) діоксиду вуглецю і аміаку, які піддаються мокрому очищенню.

9. Спосіб за п. 8, який **відрізняється** тим, що крок е) включає:

30 рециркуляцію першої частини (24) розчину, який містить конденсат відхідного газу (20), на згаданий крок часткової конденсації газової фази (6), одержаної після розкладання реакційної суміші (4), причому перша частина розчину (24) змішана з газовою фазою (6) перед конденсацією або під час неї;

рециркуляцію другої частини (25) розчину в процесі мокрого очищення для використання як промивного середовища.

35 10. Спосіб за будь-яким з пп. 7-9, який додатково об'єднаний зі стадією (AK) одержання азотної кислоти для одержання розчину азотної кислоти (31), який додатково містить крок відведення по суті чистого газоподібного аміаку (141) з процесу мокрого очищення і подання цього газоподібного аміаку на згадану стадію одержання азотної кислоти.

11. Спосіб за будь-яким із попередніх пунктів, в якому:

40 перший тиск регенерації складає від 2 до 25 бар, переважно від 5 до 20 бар і, більш переважно, від 8 до 20 бар, і/або

другим тиском регенерації є атмосферний або близький до атмосферного тиск, який трохи перевищує атмосферний тиск, переважно не більше 1 бар надл. і більш переважно приблизно 0,5 бар надл., і/або

45 третій тиск регенерації складає від 2 до 6 бар, переважно приблизно 3 бар.

12. Спосіб за будь-яким із попередніх пунктів, в якому чистота потоку, який містить аміак, від першої стадії регенерації складає принаймні 90 мас. %.

13. Спосіб за будь-яким із попередніх пунктів, в якому сечовину одержують будь-яким із таких процесів: з повною рециркуляцією, з частковою рециркуляцією, однопрохідним процесом.

50 14. Установка об'єднаного одержання сечовини і сечовино-амонієвого нітрату для здійснення способу за будь-яким із попередніх пунктів, яка включає:

секцію (CC) синтезу сечовини для одержання водного розчину сечовини (15) з аміаку і діоксиду вуглецю;

55 секцію (CAN) одержання сечовино-амонієвого нітрату, в якій принаймні частина водного розчину сечовини змішується з нітратом (32) амонію для одержання сечовино-амонієвого нітрату (33);

причому секція (CC) синтезу сечовини містить контур синтезу для проведення реакції аміаку (3) і діоксиду (1) вуглецю при тиску синтезу для формування реакційної суміші (4), яка містить сечовину і непрореаговані матеріали, і також містить ряд регенераційних секцій, яка включає

60 принаймні першу регенераційну секцію (PCCT), яка працює при першому тиску регенерації,

меншому, ніж тиск синтезу, і другу регенераційну секцію (АР), яка працює при другому тиску регенерації, меншому, ніж перший тиск регенерації, яка **відрізняється** тим, що

5 друга регенераційна секція (АР) містить пристрій (РА) для розкладання карбамінату і конденсатор (КА) для часткової конденсації відхідного газу (19), який вивільнюється пристроєм (РА) для розкладання карбамінату, з одержанням конденсату відхідного газу (20);

установка має принаймні одну лінію для рециркуляції принаймні частини конденсату відхідного газу (20) або розчину (24, 25), який містить принаймні частину цього конденсату відхідного газу (20), в першу секцію (РССТ) рециркуляції;

10 установка також має принаймні одну лінію для подання потоку (11), який містить аміак, від першої стадії (РССТ) регенерації на стадію (НА) одержання нітрату амонію.

15 15. Спосіб модифікування установки об'єднаного одержання сечовино-амонієвого нітрату, яка включає секцію сечовини для одержання водного розчину сечовини, секцію нітрату амонію для одержання нітрату амонію і секцію сечовино-амонієвого нітрату для одержання САН з розчину сечовини і амонію нітрату, причому секція сечовини включає принаймні першу регенераційну секцію (РССТ), яка працює при першому тиску, і другу регенераційну секцію (АР), яка працює при другому тиску, меншому, ніж перший тиск,

при здійсненні якого:

20 встановлюють додатковий конденсатор (КА) у другій регенераційній секції для конденсації потоку відхідного газу (19), який вивільняється пристроєм для розкладання карбамінату другої регенераційної секції, з одержанням конденсату відхідного газу (20);

забезпечують лінію для рециркуляції розчину (24, 25), який містить згаданий конденсат відхідного газу, в першу регенераційну секцію (РССТ);

25 забезпечують лінію для відведення потоку підвищеного тиску, який містить аміак, від першої секції (РССТ) регенерації і рециркуляції вказаного потоку підвищеного тиску, який містить аміак, у секцію одержання нітрату амонію.

16. Спосіб за п. 15, в якому додатково:

30 встановлюють у секцію одержання сечовини додаткову регенераційну секцію (РСНТ) низького тиску, яка працює при третьому тиску, меншому, ніж перший тиск, але більшому, ніж другий тиск,

причому додаткова регенераційна секція низького тиску містить принаймні пристрій для розкладання і конденсатор низького тиску для конденсації газу, який містить аміак і діоксид вуглецю,

35 спрямовують розчин, який містить конденсат відхідного газу, в конденсатор низького тиску регенераційної секції низького тиску,

подають рециркульований розчин, який містить аміак, одержаний з конденсатора низького тиску, в регенераційну секцію середнього тиску.

40 17. Спосіб за п. 15 або 16, в якому секція одержання нітрату амонію спочатку містить нейтралізатор, який працює при атмосферному тиску, причому спосіб включає заміну цього нейтралізатора на трубчастий реактор, в який подається потік підвищеного тиску, який містить аміак, відведений від регенераційної секції середнього тиску.

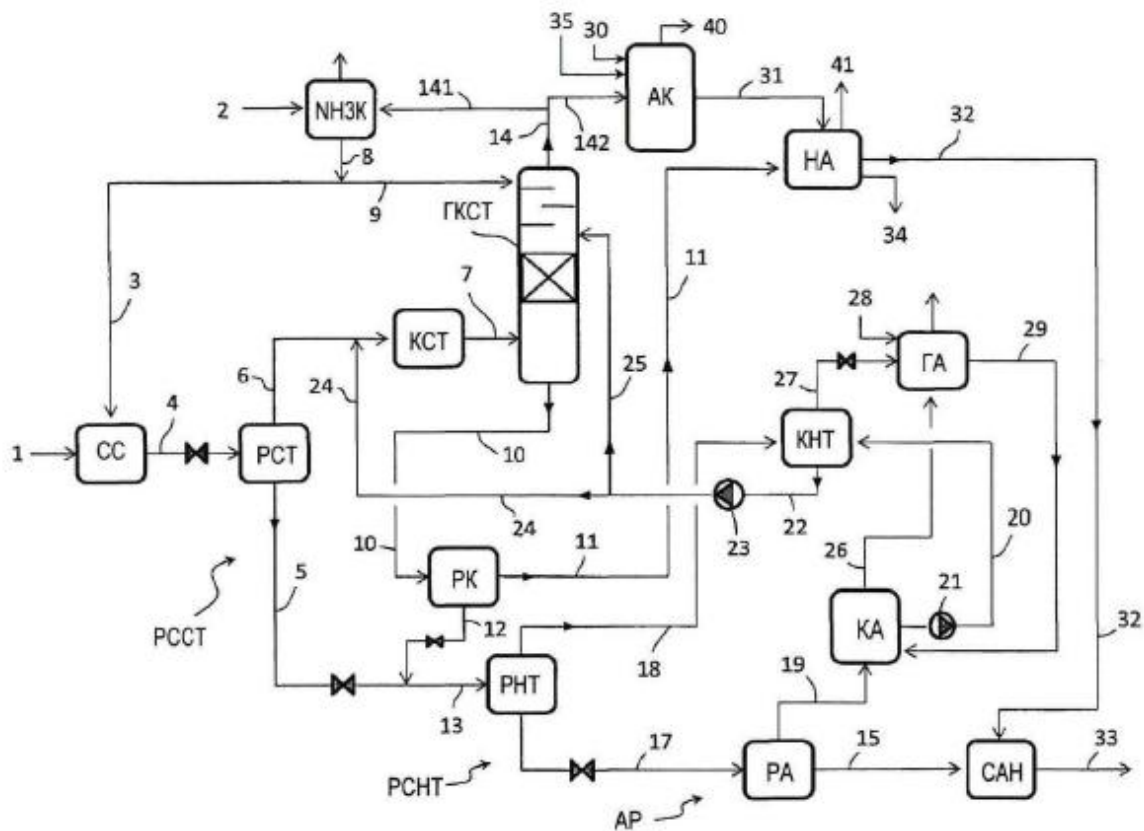


Fig. 1

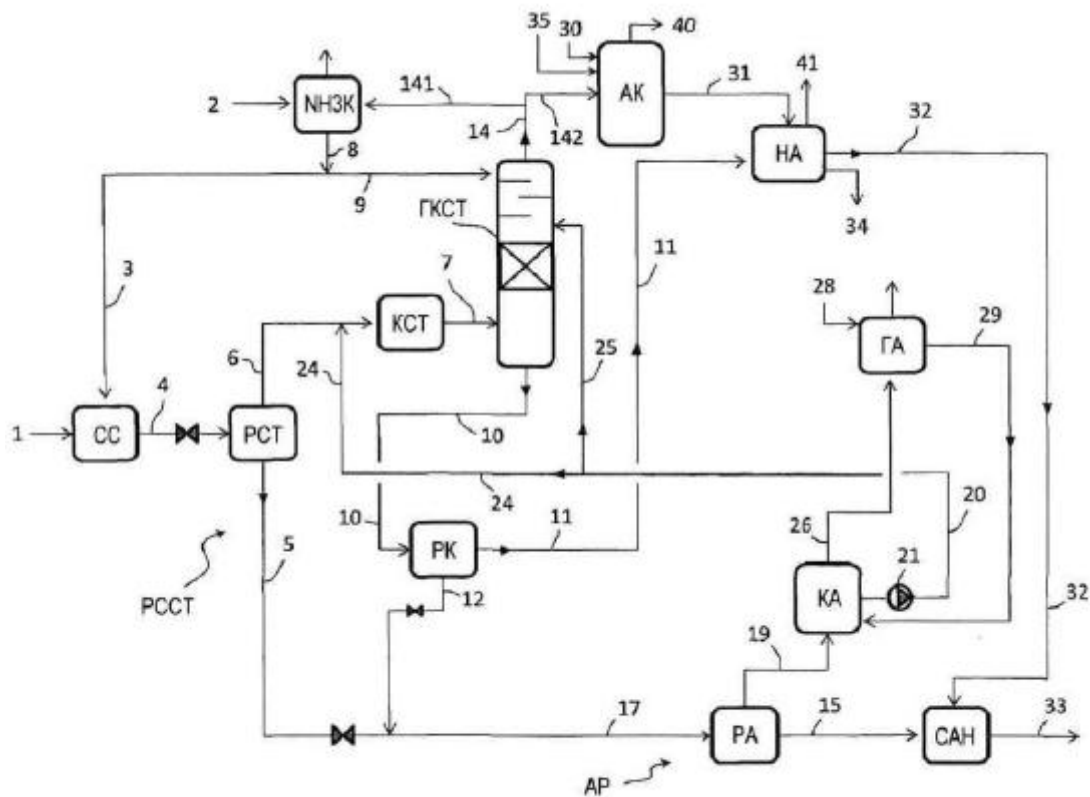


Fig. 2



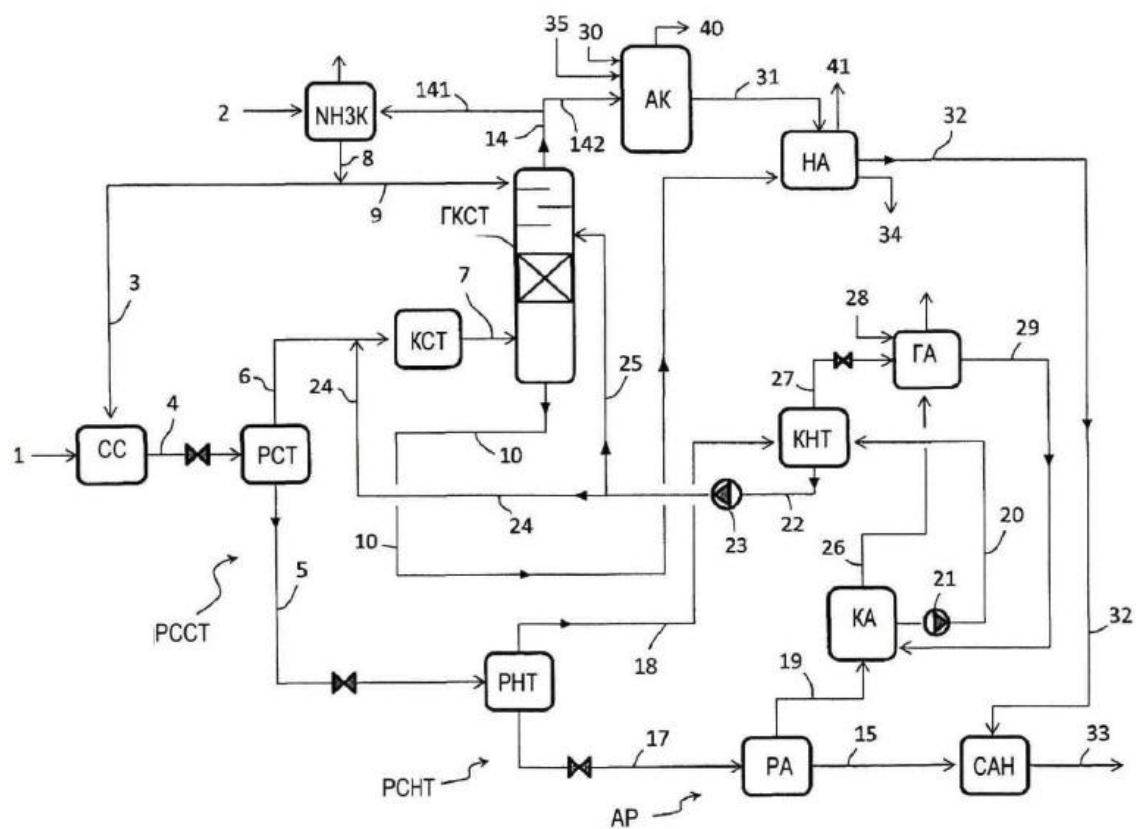


Fig. 3

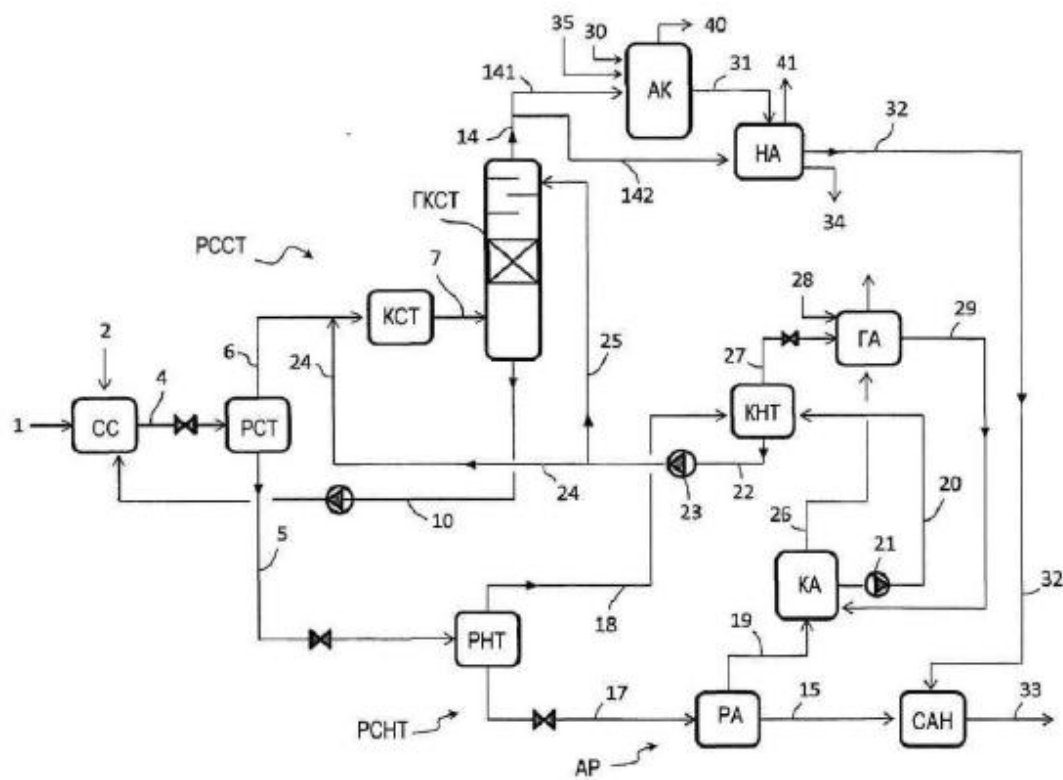
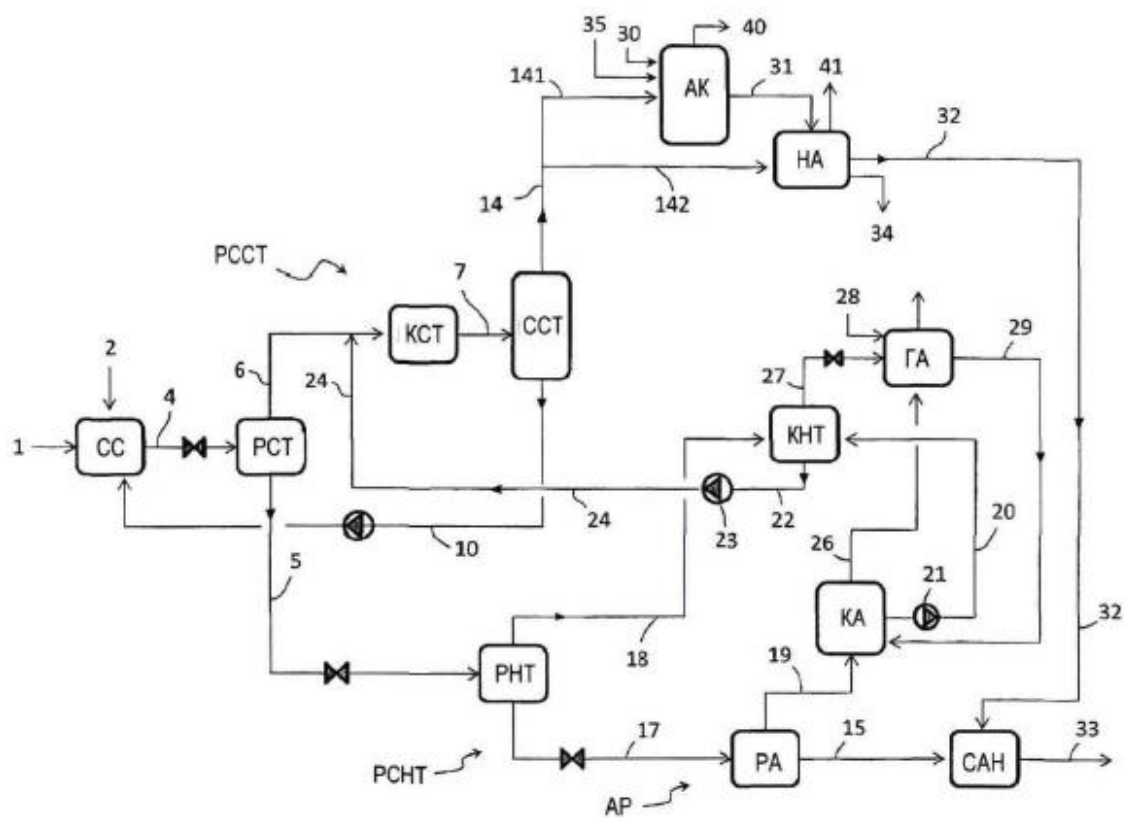
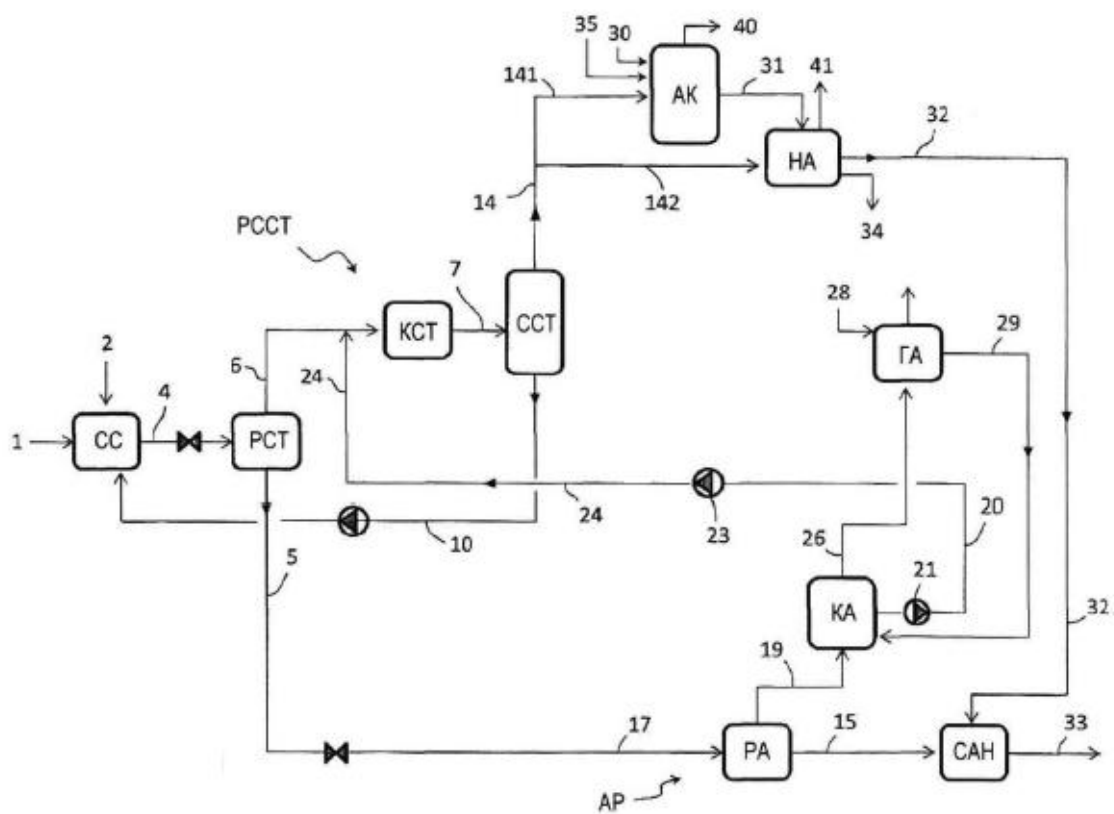


Fig. 4



Фиг. 5



Фиг. 6

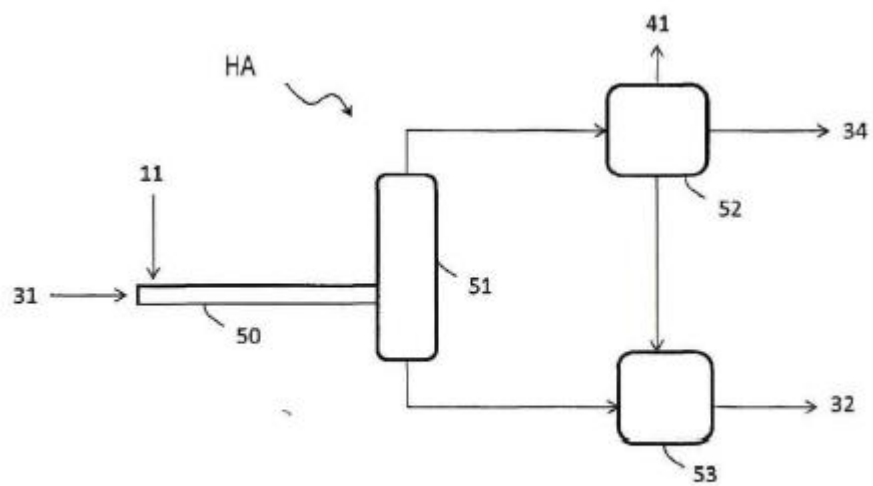


Fig. 7