



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 123435

(13) C2

(51) МПК

C01C 1/04 (2006.01)

C01B 3/02 (2006.01)

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

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

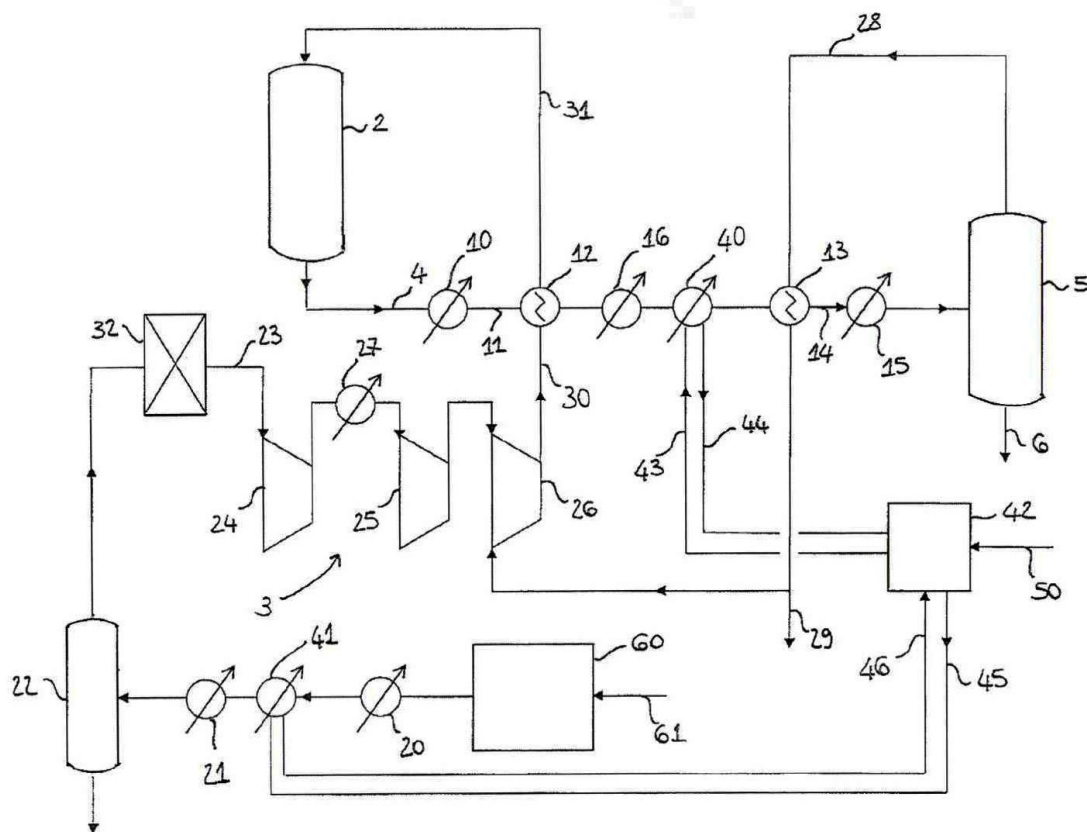
(21) Номер заявки:	а 2018 00438	(72) Винахідник(и):	Панца Серджіо (ІТ)
(22) Дата подання заявки:	25.05.2016	(73) Володілець (володільці):	КАСАЛЕ СА, Via Giulio Pocobelli 6, 6900 Lugano, Switzerland (CH)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності:	08.04.2021	(74) Представник:	Петров Андрій Володимирович, реєстр. №139
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Парижської конвенції:	15172742.7	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	US 3743699 A, 03.07.1973 JP H11304283 A, 05.11.1999 PANJESHAHI ET AL: "Retrofit of ammonia plant for improving energy efficiency", ENERGY, PERGAMON PRESS, OXFORD, GB, vol. 33, no. 1, 22 October 2007 (2007-10- 22), pages 46-64
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Парижської конвенції:	18.06.2015		
(33) Код держави-учасниці Парижської конвенції, до якої подано попередню заявку:	EP		
(41) Публікація відомостей про заявку:	25.05.2018, Бюл.№ 10		
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію:	07.04.2021, Бюл.№ 14		
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	PCT/EP2016/061754, 25.05.2016		

(54) СПОСІБ МОДЕРНІЗАЦІЇ УСТАНОВКИ СИНТЕЗУ АМІАКУ

(57) Реферат:

В заявці описаний спосіб модернізації установки синтезу аміаку, що включає головну секцію для вироблення підживлювального газу (1), компресор (3) для доведення тиску підживлювального газу до тиску синтезу, і секцію (2) синтезу для одержання продуктового газоподібного аміаку, а також принаймні один паракомпресійний холодильник (15, 21) для конденсації продуктового газу або для охолодження підживлювального газу, причому при здійсненні способу додатково встановлюють принаймні один теплообмінник (40, 41) перед принаймні одним холодильником (15, 21) і передають тепло від продуктового газу або підживлювального газу до холодоагентів (43, 45), і встановлюють абсорбційний холодильник (42) для цих холодоагентів.

UA 123435 C2



Фиг. 2

Галузь техніки

Винахід відноситься до галузі установок для синтезу аміаку і їх модернізації.

Рівень техніки

Синтез аміаку в промисловості здійснюється каталітичною конверсією підживлювального синтез-газу (сингазу) водню, що містить (H_2) і азот (N_2). Цей підживлювальний газ одержують риформінгом природного газу або іншого вуглеводню в головній секції, що включає, наприклад, секцію риформінгу і секцію очищення. Секція риформінгу може включати первинний риформер і вторинний риформер. Секція очищення звичайно включає один або більше конвертерів зсуву, секцію видалення діоксиду вуглецю і секцію метанації (конверсії оксидів вуглецю воднем у метан). Очищений підживлювальний газ одержують при тиску, значно більш низькому, ніж тиск синтезу, і його тиск піднімають до тиску синтезу у відповідній секції стиснення газу, звичайно, багатоступінчастому компресорі.

Реакцією синтезу одержують газ, який складається з аміаку, при підвищеній температурі, звичайно близько $500\text{ }^{\circ}\text{C}$. Тепло, замкнене в одержуваному газі, звичайно регенерують в декількох послідовно включених теплообмінниках, включаючи, наприклад, котел-утилізатор тепла відхідних газів і нагрівач котлової води. Потім охолоджений газ конденсують у паракомпресійному холодильнику з одержанням потоку конденсованого аміаку, що направляють до газорідного сепаратора.

Відомо, що охолодження в паракомпресійному холодильнику відбувається за рахунок роботи компресора, який піднімає тиск парів низького тиску до більш високого тиску конденсації. Цим робочим середовищем звичайно є аміак, а це значить, що до складу холодильника входить компресор аміаку.

Цей компресор звичайно приводиться в дію паровою турбіною, що споживає високопотенційну або середньопотенційну пару, тобто, споживана компресором енергія значна і не може вважатися несуттєвою. Крім того, такий компресор може виявитись вузьким місцем при модернізації, спрямованої на збільшення продуктивності установки синтезу аміаку.

Така модернізація, враховуючи збільшену кількість синтезованого аміаку, призведе до підвищення навантаження паракомпресійного холодильника, і, в більшості випадків, наявний холодильник виявляється не в змозі впоратись зі збільшеним навантаженням, якщо компресор також не буде дороблений і замінений новим. Модернізація турбіни є, проте, витратною операцією і не завжди можлива, особливо в старих виробничих установках, в той час як установка нового компресора спричинить значні витрати.

Паракомпресійний холодильник може також використовуватися в лінії подачі підживлювального газу, для охолодження підживлювального синтез-газу перед або під час стиснення, що також сполучено із вже описаними вище проблемами.

Розкриття винаходу

Задачею даного винаходу є подолання згаданих вище недоліків існуючого обладнання. Зокрема, задачею винаходу є створення способу модернізації установки синтезу аміаку, що забезпечує більшу продуктивність і/або економічність без необхідності дороблення існуючих паракомпресійних холодильників.

Ця задача вирішується способом модернізації установки синтезу аміаку відповідно до п. 1 формули винаходу.

Спосіб включає установку принаймні теплообмінника і абсорбційного холодильника. Теплообмінник тепла, що підводиться, встановлений перед існуючим паракомпресійним холодильником одержуваного продуктового аміаку (продукту переробки) або підживлювального газу. Теплообмінник тепла, що підводиться, охолоджує одержуваний аміак або підживлювальний газ передачею тепла холодоагента, а холодоагент охолоджується абсорбційним холодильником. Таким чином, спосіб відповідно до винаходу може передбачати введення придатного контуру подачі цього холодоагента на теплообмінник (-и) тепла, що підводиться, і абсорбційний холодильник, і відведення від них. Цим холодоагентом, переважно, є вода.

Терміном "паракомпресійний холодильник" позначається холодильник, який використовує текуче середовище-холодоагент у замкненому контурі, що випаровується при першому тиску і конденсується при другому тиску, що перевищує перший тиск. Наприклад, холодоагентом є аміак.

Абсорбційний холодильник відомий і не вимагає докладного опису. В основному, в абсорбційному холодильнику використовується розчин холодоагента і придатний розчинник як робоче середовище, і джерело тепла (звичайно, низькопотенційне тепло) для регенерації розчину після випаровування. Звідси випливає, що рушійною силою поглинання є джерело

тепла, ніж механічне стиснення. Цикл абсорбційного охолодження є замкненим, тобто, цей процес може обмінюватися з навколишнім середовищем енергією, але не матерією.

У переважному варіанті здійснення, установка містить перший паракомпресійний холодильник, призначений для конденсації газоподібного продуктового аміаку перед операцією сепарації газорідинної суміші, і другий паракомпресійний холодильник, призначений для охолодження підживлювального газу перед стисненням або між двома послідовними ступенями стиснення. В цьому разі, спосіб відповідно до винаходу, переважно, включає використання першого теплообмінника перед першим паракомпресійним холодильником і другого теплообмінника перед другим паракомпресійним холодильником. У більш переважному варіанті здійснення, у винаході використовується спільний абсорбційний холодильник для охолодження холодоагента, як першого, так і другого теплообмінників.

Винахід може бути реалізований з використанням різних абсорбційних холодильників, що промислово випускаються. У переважному варіанті здійснення використовується абсорбційна установка з бромідом літію. Установка з LiBr переважна для практичного застосування в тих випадках, коли холодоагентом є вода, оскільки в установці з LiBr можна одержувати охолоджену воду з температурою близько 5-10 °C.

Важливою перевагою винаходу є підвищення охолодної здатності за рахунок низькопотенційної пари або низькопотенційної гарячої води без дороблення існуючих паракомпресійних холодильників, зокрема, без необхідності модернізації компресорів цих пристроїв. Відповідно до винаходу, підвищення охолодної здатності досягається при використанні низькопотенційної гарячої води, переважно, води з температурою більше 50 °C. Відповідно до іншого варіанта здійснення винаходу, підвищення охолодної здатності досягається при використанні низькопотенційної пари (за допомогою абсорбційного холодильника), яка звичайно є в паровій системі установки синтезу аміаку. Низькопотенційна пара звичайно непридатна для приведення в дію турбіни і одержання механічної потужності, а винахід дозволяє ефективно використовувати таку пару.

Компресор паракомпресійного холодильника в установці синтезу аміаку звичайно приводиться в дію турбіною, що використовує пару високого або середнього тиску.

Спосіб відповідно до винаходу особливо ефективний при підвищенні продуктивності установки, оскільки виключається істотна стаття витрат (тобто, відновлення компресорів холодоагента) і модернізація стає більш рентабельною.

Слід зазначити, що винахід знижує навантаження на існуючий паракомпресійний холодильник при даній продуктивності установки, але не змінює умови використання холодоагента, наприклад, аміаку. Наприклад, температура і тиск всмоктування існуючого компресора холодоагента не змінюються, що дуже важливо, тому що змінені умови роботи існуючого компресора можуть не відповідати оптимальному проектному режиму, що спричинить втрату ефективності.

Спосіб відповідно до винаходу може бути використаний для вирішення задачі підвищення продуктивності установки синтезу аміаку або зниження енергоспоживання при даній продуктивності. Як було згадано вище, у винаході досягається підвищення охолодної здатності за рахунок використання низькопотенційної пари або низькопотенційної гарячої води, замість високопотенційної пари, яку звичайно використовують для приведення в дію компресора холодоагента. Таким чином, винахід підвищує загальну енергоефективність, тобто, знижує енергоспоживання при заданій продуктивності або підвищує продуктивність при даному енергоспоживанні.

Іншою особливістю винаходу є установка для синтезу аміаку, відповідно до формули винаходу.

Далі наводиться більш докладний опис винаходу на прикладі переважного варіанта здійснення з посиланням на креслення, на яких:

на фіг. 1 наведена спрощена схема секції синтезу відомої установки синтезу аміаку;

на фіг. 2 наведена схема, показана на фіг. 1, після проведеного дороблення відповідно до переважного варіанта здійснення винаходу.

Докладний опис здійснення винаходу

Відповідно до схеми на фіг. 1, до конвертера 2 аміаку секції синтезу через багатоступінчастий компресор 3 подається підживлювальний газ 1, що містить водень і азот. Відхідний потік 4 з виходу конвертера 2 являє собою гарячий газ, який, в основному, складається з аміаку. Після відповідної рекуперації тепла, цей відхідний газ 4 конденсується в аміачному охолоджувачі 15 і направляють до газорідинного сепаратора 5, з одержанням аміаку 6 і газового потоку 28, який, принаймні частково, вводиться назад у конвертер 2.

В більшості випадків, аміачний охолоджувач 15 використовує деяку кількість аміаку як холодоагента, хоча може бути використаний і інший холодоагент. Аміачний холодоагент випаровують при низькому тиску і конденсують при більш високому тиску, відповідно до відомого (зворотного) термодинамічного циклу холодильних установок. Таким чином, даний охолоджувач 15 включає компресор для підйому тиску пари аміачного холодоагента низького тиску до більш високого тиску конденсації.

Для охолодження підживлювального газу 1 перед його компресією або між наступними ступенями компресії (проміжне охолодження) використовується другий аміачний охолоджувач 21.

Крім цього, установка містить послідовність теплообмінників для видалення тепла з відхідного гарячого потоку 4, включаючи, наприклад (фіг. 1), котел-утилізатор 10 тепла відхідних газів, в якому одержують гарячу пару високого тиску; теплообмінник 12, в якому підігрівається підживлювальний газ, теплообмінник 16 з водяним охолодженням і інший теплообмінник 13, який передає тепло потоку 28 газів, що відводяться зверху сепаратора 5.

Одержаний у такий спосіб газоподібний аміак 14, що тепер уже має більш низьку температуру, охолоджують і конденсують (звичайно при температурі менше 10 °C) в аміачному холодильнику 15, перед газорідною сепарацією.

Підживлювальний газ 1 одержують у головній секції 60 риформінгом вуглеводню 61, з подальшим його очищенням за відомою технологією. Підживлювальний газ 1 охолоджують у водяному охолоджувачі 20 і, потім, у другому аміачному охолоджувачі 21, перед введенням його в сепаратор 22 і осушувач 32. Сухий синтез-газ 23 стискають в ступенях 24, 25 і 26 компресора 3. Також показаний проміжний ступінь 27 охолодження, встановлений між ступенями 24 і 25 компресора. Потік 28 газів, що відводяться зверху сепаратора 5, за винятком невеликого продувного потоку 29, також надходить на вхід відповідного ступеня компресора 3, наприклад ступеня 26 стиснення.

Одержаний стиснений газ 30 підігрівають у теплообміннику 12 (за допомогою тепла, відведеного від відхідного гарячого газу 4) і подають у вигляді потоку 31 до конвертера 2 аміаку.

Така схема, з деякими варіаціями, використовується в ряді аміачних виробництв.

На фіг. 2 представлений переважний варіант здійснення винаходу, в якому установка, показана на фіг. 1, дороблена введенням теплообмінників 40 і 41 з охолодженою водою і абсорбційного холодильника 42.

Перший теплообмінник 40 з охолодженою водою встановлений перед аміачним охолоджувачем 15, і відбирає тепло від одержуваного газоподібного продуктового аміаку перед його конденсацією. У даному прикладі, новий теплообмінник 40 розташований перед теплообмінником 13 газ-газ, але в деяких варіантах здійснення він може бути розташований безпосередньо перед охолоджувачем 15.

Другий теплообмінник 41 з охолодженою водою встановлений перед аміачним охолоджувачем 21 підживлювального газу для зниження температури підживлювального газу 1 перед введенням його в цей охолоджувач 21.

Теплообмінники 40, 41 передають тепло до контуру охолодної води, а охолодження цього контуру забезпечується абсорбційним холодильником 42. Переважно, охолодження контурів охолодження як охолоджувача 40 продуктового газу, так і охолоджувача 41 підживлювального газу, забезпечується спільним абсорбційним холодильником, як це показано на схемі. На фіг. 2, лініями 43 і 45 позначена подача охолодженої води від холодильника 42 до знову встановлених теплообмінників, а лініями 44, 46 позначене повернення води назад до холодильника 42.

Теплообмінники 40, 41 названі теплообмінниками охолодженої води, оскільки в них використовується вода, одержана конденсацією в холодильнику 42.

Холодильник 42 приводиться в дію джерелом тепла, наприклад, низькопотенційною парою 50. Ця пара, переважно, відбирається з парового контуру установки, наприклад, виходить при охолодженні гарячого потоку або реактора.

Наприклад, при використанні холодильної машини на LiBr, робота холодильника 42 здійснюється, в основному, у такий спосіб:

воду випаровують при зниженому тиску у випарній секції, забезпечуючи необхідне охолодження зворотної води в лініях 44, 46 і одержання конденсованої води в лініях 43, 45;

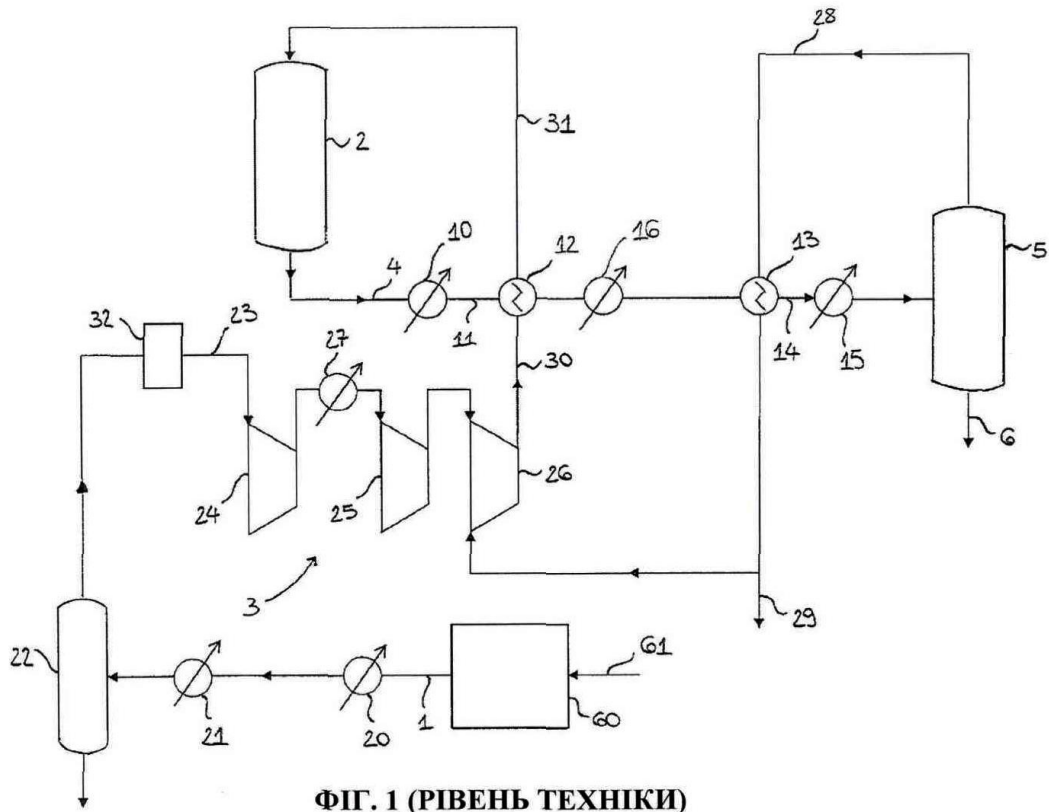
одержана водяна пара поглинається концентрованим розчином LiBr в абсорбері з одержанням розведеного розчину;

одержаний розведений розчин регенерують теплом, що надходить від пари 50, з одержанням води і концентрованого розчину LiBr;

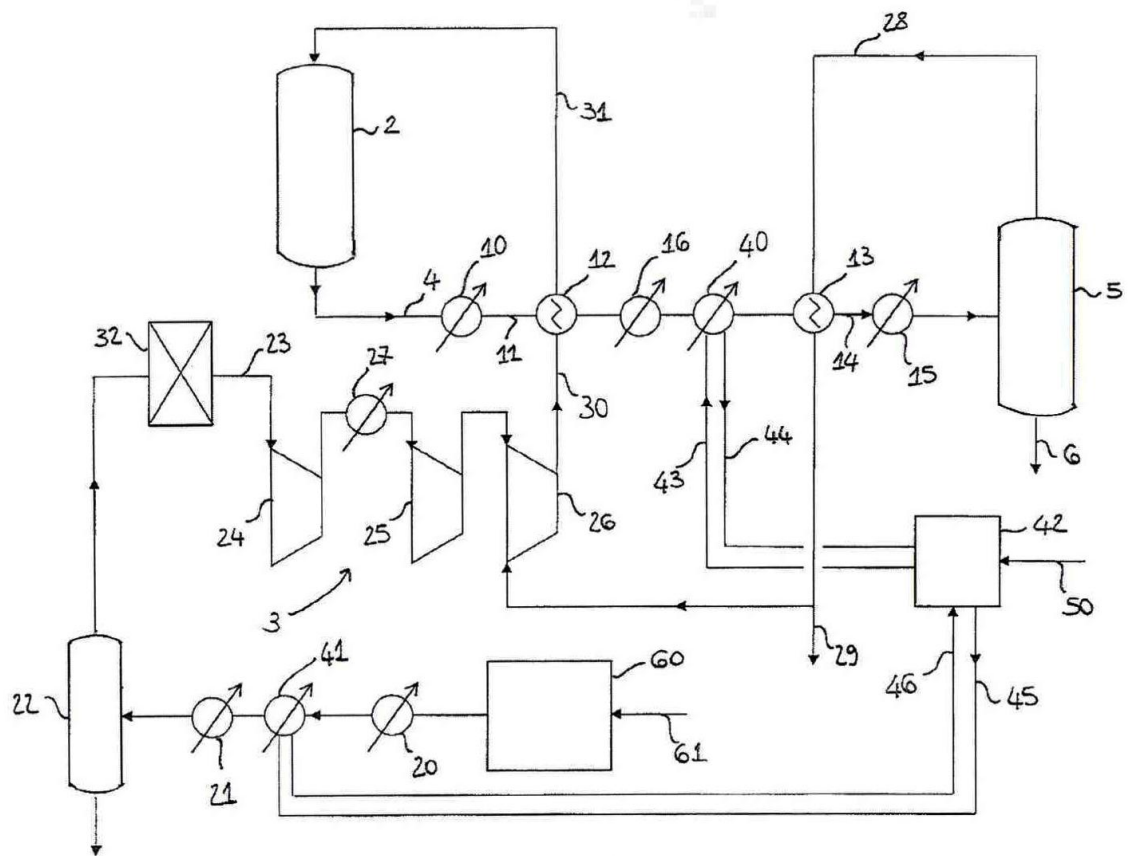
концентрований розчин LiBr повертають до поглинача, а воду конденсують для повторного використання як холодоагента.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб модернізації установки синтезу аміаку, що містить головну секцію для одержання підживлювального газу (1), який містить азот і водень, компресор (3) для доведення підживлювального газу до тиску синтезу, секцію (2) синтезу, що працює при тиску синтезу, в якій підживлювальний газ зазнає реакції з одержанням продуктового газу, що переважно складається з аміаку, і принаймні один паракомпресійний холодильник (15, 21) для потоку продуктового газу або підживлювального газу, який **відрізняється** тим, що додають принаймні один теплообмінник (40, 41) і абсорбційний холодильник (42), причому принаймні один теплообмінник (40, 41) встановлюють за потоком перед принаймні одним холодильником (15, 21) з можливістю передачі тепла від потоку продуктового газу або підживлювального газу до холодоагента (43, 45), і забезпечують охолодження холодоагента абсорбційним холодильником.
2. Спосіб за п. 1, в якому згадана установка включає перший холодильник (15), який використовується для конденсації продуктового газу перед газорідною сепарацією, і другий холодильник (21), який використовується для відведення тепла від підживлювального газу, і при здійсненні способу додають перший теплообмінник (40) за потоком перед першим холодильником, а другий теплообмінник (41) - перед другим холодильником.
3. Спосіб за п. 2, в якому забезпечують охолодження холодоагента першого теплообмінника (40) і другого теплообмінника (41) в спільному абсорбційному холодильнику (42).
4. Спосіб за будь-яким із попередніх пунктів, в якому додатково встановлюють трубопроводи для циркуляції холодоагента від абсорбційного холодильника до доданого(их) теплообмінника(ів) і назад від доданого(их) теплообмінника(ів) до абсорбційного холодильника.
5. Спосіб за будь-яким із попередніх пунктів, в якому холодоагентом є вода.
6. Спосіб за будь-яким із попередніх пунктів, в якому абсорбційним холодильником є установка, що використовує бромід літію.
7. Спосіб за будь-яким із попередніх пунктів, в якому в абсорбційному холодильнику як рушійну силу використовують низькопотенційну пару, одержувану в паровому контурі установки синтезу аміаку.
8. Спосіб за будь-яким із пп. 1-6, в якому в абсорбційному холодильнику як рушійну силу використовують низькопотенційну гарячу воду.
9. Установка синтезу аміаку, що містить: головну секцію (60) для одержання підживлювального газу (1), що містить азот і водень, компресор (3) для доведення тиску підживлювального газу до тиску синтезу, секцію (2) синтезу, виконану з можливістю роботи при тиску синтезу, в якій підживлювальний газ зазнає реакції з одержанням продуктового газу (4), що переважно складається з аміаку, і принаймні один паракомпресійний холодильник (15, 21) для продуктового газу або підживлювального газу, яка **відрізняється** тим, що вона також містить принаймні один теплообмінник (40, 41) і абсорбційний холодильник (42), причому теплообмінник встановлений за потоком перед принаймні одним паракомпресійним холодильником з можливістю передачі тепла від продуктового газу або підживлювального газу до холодоагента і охолодження холодоагента за допомогою абсорбційного холодильника.



ФІГ. 1 (РІВЕНЬ ТЕХНІКИ)



ФІГ. 2

