



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **113550** (13) **U**
(51) МПК (2016.01)
F25B 15/02 (2006.01)
C01C 1/04 (2006.01)
F25B 49/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

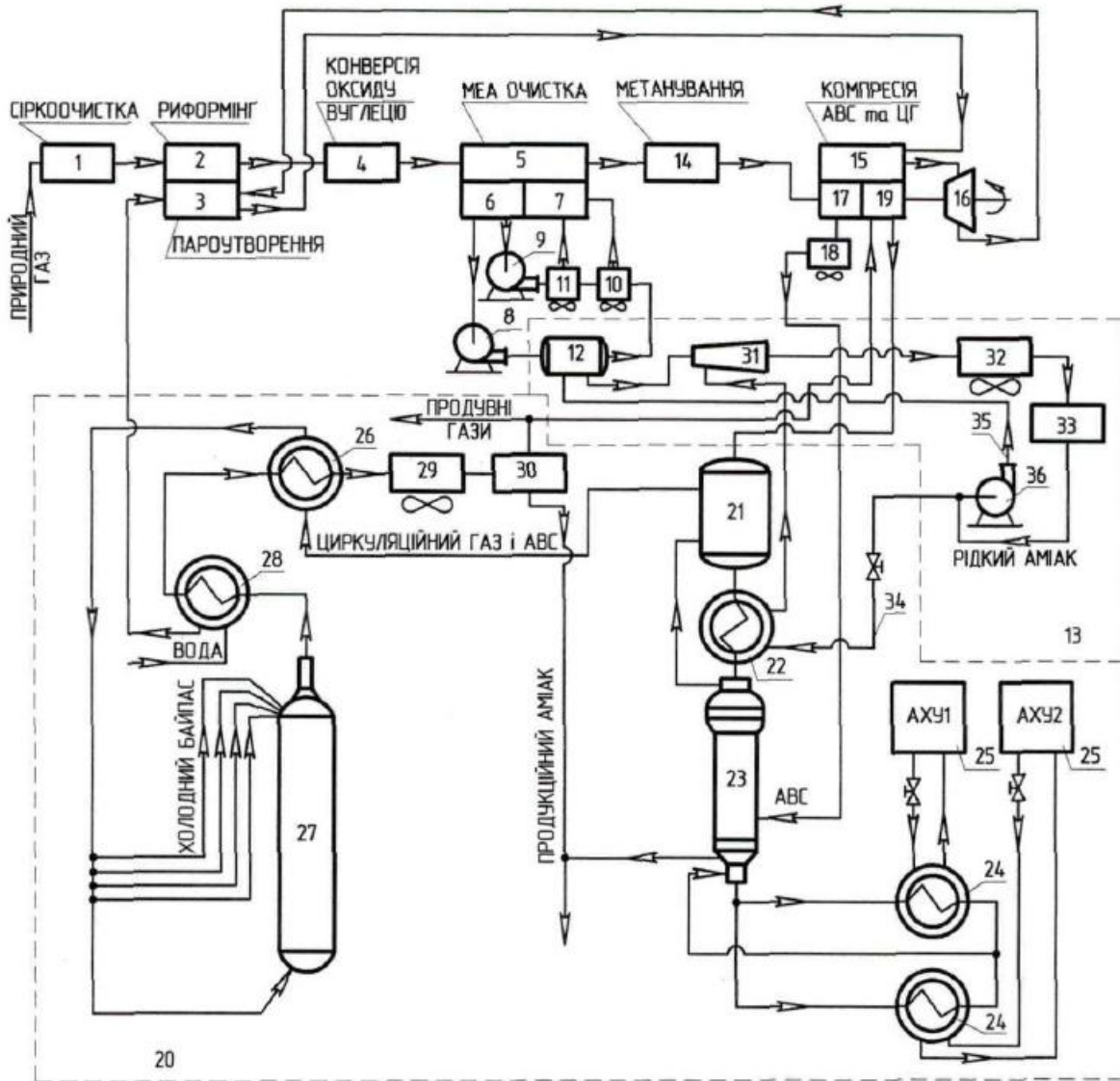
(21) Номер заявки: u 2016 04917	(72) Винахідник(и): Бабіченко Анатолій Костянтинович (UA), Красніков Ігор Леонідович (UA), Бабіченко Юлія Анатоліївна (UA), Голощاپов Володимир Миколайович (UA), Кравченко Яна Олегівна (UA), Касілов Віктор Йосипович (UA)
(22) Дата подання заявки: 04.05.2016	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.02.2017	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.02.2017, Бюл.№ 3	(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ", вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61002 (UA)

(54) УСТАНОВКА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА АМІАКУ

(57) Реферат:

Установка для виробництва аміаку містить послідовно з'єднані системою трубопроводів відділення сіркоочистки, риформінгу, пароутворення, конверсії оксиду вуглецю, моноетаноламінової очистки з регенератором і насосами подачі МЕА розчину через повітряні охолоджувачі двома потоками до абсорбера метанування, компресії з паровою турбіною і компресорами для стиску свіжої азотно-водневої суміші і циркуляційного газу та повітряним теплообмінником охолодження азотно-водневої суміші, відділення синтезу з конденсаційною колоною, високотемпературним випарником, виносним теплообмінником, колоною синтезу із пусковим підігрівачем, підігрівачем води, апаратами повітряного охолодження та сепаратором первинної конденсації, двома низькотемпературними випарниками для охолодження циркуляційного газу на ділянці вторинної конденсації, кожний з яких паралельно встановлений по потоку виходу циркуляційного газу з конденсаційної колони і включений до схеми роботи двох абсорбційно-холодильних установок, пароежекторну холодильну установку у складі двопорожнинного парогенератора, один з виходів якого по потоку робочої аміачної пари високого тиску з'єднаний трубопроводом з паровим ежектором для стиску випарених парів з міжтрубного простору високотемпературного випарника, що надходить на повітряні конденсатори аміачної турбокомпресорної холодильної установки, які з'єднані з ресивером аміачного конденсату, після якого один з потоків підключений до міжтрубного простору високотемпературного випарника, а другий підключений до насоса рідкого аміаку, вихід з якого з'єднаний по потоку рідкого аміаку із входом у міжтрубний простір двопорожнинного парогенератора отримання робочої аміачної пари ежектування. Додатково установка оснащена двопорожнинним теплообмінником, вхід однієї порожнини якого з'єднаний із виходом циркуляційного компресора, а вихід включений до входу контуру, утвореного послідовно встановленими високотемпературним випарником і конденсаційною колоною, вхід другої порожнини двопорожнинного теплообмінника включено у контур після конденсаційної колони, а другий вхід і вихід двопорожнинного парогенератора пароежекторної холодильної установки включені у контур поміж насосом подачі першого потоку моноетаноламінового розчину з регенератора та повітряним охолоджувачем.

UA 113550 U



Корисна модель належить до холодильної техніки, а також до установок для виробництва аміаку.

Відома установка для виробництва аміаку, що містить послідовно з'єднані системою трубопроводів відділення сіркоочистки, риформінгу, пароутворення, конверсії оксиду вуглецю, моноетаноламінової (МЕА) очистки, метанування, компресії з паровою турбіною для привода компресора технологічного повітря для риформінгу, компресором стиску свіжої азотно-водневої суміші (АВС) і циркуляційним компресором, повітряні конденсатори відпрацьованої водяної пари турбін, збірник конденсату з насосом повертання його у відділення пароутворення, відділення синтезу з конденсаційною колоною, виносним теплообмінником, колоною синтезу з пусковим підігрівачем газу, підігрівачем води, апаратами повітряного охолодження з сепаратором первинної конденсації аміаку і двома низькотемпературними випарниками для охолодження циркуляційного газу на ділянці вторинної конденсації аміаку до температури не більше 5 °С, один з яких включений до схеми роботи аміачної турбокомпресорної холодильної установки (АТК) проектною холодопродуктивністю 4,2 Гкал/год. з повітряним конденсатором для конденсації холодоагенту, стиснутого компресором АТК, а другий - до схеми роботи двох водоаміачних абсорбційно-холодильних установок (АХУ) проектною холодопродуктивністю 5,4 Гкал/год. [1, 2].

Недолікам цієї установки є: високі енерговитрати для отримання холоду за допомогою АТК, витрата електроенергії, на привод якої та конденсацію аміаку складає за проектом 4800 кВт-год.; підвищена витрата електроенергії для охолодження моноетаноламінового розчину у відділенні моноетаноламінової очистки; недостатня надійність роботи АТК, який часто виходить з ладу, що вимагає для нормальної експлуатації виробництва у цілому наявності резервного АТК, внаслідок чого збільшується обсяг і час ремонтних робіт, як у період експлуатації, так і у період щорічного зупинкового ремонту агрегату синтезу аміаку.

Відомий агрегат синтезу з конденсаційною колоною, циркуляційною магістраллю із сумішшю газу з парами аміаку, абсорбційними холодильними установками, турбокомпресорною холодильною установкою, що обладнані конденсаторами повітряного охолодження і випарниками з лініями підводу рідкого холодоагенту і лініями відводу парів холодоагенту [3].

Недолік цього агрегату полягає у неможливості відключення турбокомпресорної холодильної установки у весняно-літній період, коли висока температура атмосферного повітря, яка обумовлює в процесі охолодження циркуляційного газу за допомогою повітряних конденсаторів на ділянці первинної конденсації відділення синтезу підвищення температури майже до 38 °С. Після стиску циркуляційним компресором циркуляційного газу його температура підвищується до 45 °С, що призводить до збільшення теплового навантаження з циркуляційним газом внаслідок підвищення температури навіть до 24 °С (18 °С за проектом) на низькотемпературні випарники ділянки вторинної конденсації, а отже, і до збільшення затрат електроенергії на виробництво холоду за рахунок АТК. При цьому і температура вторинної конденсації досягає критичної межі 5 °С, що згідно з технологічним регламентом неприпустимо.

Найбільш близькою є установка для виробництва аміаку, що містить послідовно з'єднані системою трубопроводів відділення сіркоочистки, риформінгу, пароутворення, конверсії оксиду вуглецю, моноетаноламінової очистки, метанування, компресії з паровою турбіною і компресором технологічного повітря для риформінгу, компресором стиску свіжої азотно-водневої суміші, повітряним теплообмінником охолодження азотно-водневої суміші та циркуляційним компресором, повітряний конденсатор відпрацьованої водяної пари турбіни та збірник водяного конденсату з насосом повернення його у відділення пароутворення, пароежекторну холодильну систему у складі двопорожнинного парогенератора, один з входів якого з'єднаний з трубопроводом виходу відпрацьованої водяної пари турбіни компресора технологічного повітря для риформінгу, а один з виходів його для сконденсованої водяної пари з'єднаний із входом подачі конденсату у повітряний конденсатор для переохолодження його у цьому конденсаторі, робоча пара до якого надходить з другого виходу двопорожнинного парогенератора, повітряного конденсатора турбокомпресорної холодильної установки, збірника аміачного конденсату і насоса подачі рідкого аміаку до другого входу двопорожнинного парогенератора, відділення синтезу з конденсаційною колоною, виносним теплообмінником, колоною синтезу із пусковим підігрівачем газу, підігрівачем води, апаратами повітряного охолодження та сепаратором первинної конденсації і двома низькотемпературними випарниками з абсорбційно-холодильними установками для охолодження циркуляційного газу на ділянці вторинної конденсації, високотемпературним випарником, трубний простір якого включений по потоку циркуляційного газу між циркуляційним компресором та конденсаційною колоною, його міжтрубний простір по потоку хладоагенту підключено до пароежекторної холодильної системи, а кожен з двох паралельно встановлених по потоку виходу

циркуляційного газу з конденсаційної колони низькотемпературних випарників з'єднаний з абсорбційно-холодильною установкою [4].

Недоліком цієї установки є підвищена витрата електроенергії кількістю біля 1300 кВт-год. на привод вентиляторів повітряних конденсаторів для конденсації майже 72 т/год. робочої пари і пари холодоагенту та охолодження потоку кількістю 575 м³/год. МЕА розчину до абсорбера з регенератора, привод аміачного насоса для подачі 48 т/год. рідкого аміаку в двопорожнинний парогенератор. Крім того збільшена витрата природного газу і глибоко знесоленої води відповідно на 192 м³/год. і 1875 кг/год. у додатковий паровий котел відділення пароутворення для отримання пари високого тиску 10,5 МПа для приводу парової турбіни відцентрового трикорпусного компресора стиску азотно-водневої суміші та циркуляційного газу внаслідок підвищення температури охолодження циркуляційного газу (вторинної конденсації) на 6 °С з -6 до 0 °С у випарниках абсорбційно-холодильних установок [5].

Задачею корисної моделі є зниження витрат електроенергії в процесі охолодження циркуляційного газу, зниження витрат природного газу і глибоко знесоленої води у додатковий паровий котел відділення пароутворення за рахунок зниження температури вторинної конденсації, стабілізації температурного режиму охолодження циркуляційного газу незалежно від сезонних коливань температури атмосферного повітря та зниження температури в абсорбері.

Для вирішення поставленої задачі у установці для виробництва аміаку, що містить послідовно з'єднані системою трубопроводів відділення сіркоочистки, риформінгу, пароутворення, конверсії оксиду вуглецю, моноетаноламінової очистки з регенератором і насосами подачі МЕА розчину через повітряні охолоджувачі двома потоками до абсорбера метанування, компресії з паровою турбіною і компресорами для стиску свіжої азотно-водневої суміші і циркуляційного газу та повітряним теплообмінником охолодження азотно-водневої суміші, відділення синтезу з конденсаційною колоною, високотемпературним випарником, виносним теплообмінником, колоною синтезу із пусковим підігрівачем, підігрівачем води, апаратами повітряного охолодження та сепаратором первинної конденсації, двома низькотемпературними випарниками для охолодження циркуляційного газу на ділянці вторинної конденсації, кожний з яких паралельно встановлений по потоку виходу циркуляційного газу з конденсаційної колони і включений до схеми роботи двох абсорбційно-холодильних установок, пароежекторну холодительну установку у складі двопорожнинного парогенератора, один з виходів якого по потоку робочої аміачної пари високого тиску з'єднаний трубопроводом з паровим ежектором для стиску випарених парів з міжтрубного простору високотемпературного випарника, що надходить на повітряні конденсатори аміачної турбокомпресорної холодительної установки, які з'єднані з ресивером аміачного конденсату, після якого один з потоків підключений до міжтрубного простору високотемпературного випарника, а другий підключений до насоса рідкого аміаку, вихід з якого з'єднаний по потоку рідкого аміаку із входом у міжтрубний простір двопорожнинного парогенератора отримання робочої аміачної пари ежекування, згідно з корисною моделлю, для підвищення економічності вона додатково оснащена двопорожнинним теплообмінником, вхід однієї порожнини якого з'єднаний із виходом циркуляційного компресора, а вихід включений до входу контуру, утвореного послідовно встановленими високотемпературним випарником і конденсаційною колоною, вхід другої порожнини двопорожнинного теплообмінника включено у контур після конденсаційної колони, а другий вхід і вихід двопорожнинного парогенератора пароежекторної холодительної установки включені у контур поміж насосом подачі першого потоку моноетаноламінового розчину з регенератора та повітряним охолоджувачем.

На кресленні представлена схема установки для виробництва аміаку. Установка складається з відділення сіркоочистки 1, риформінгу 2, пароутворення 3, конверсії оксиду вуглецю 4, моноетаноламінової очистки 5 з регенератором 6, абсорбером 7, насосами подачі двома потоками моноетаноламінового (МЕА) розчину 8 і 9 до абсорбера, повітряними охолоджувачами 10 і 11 і двопорожнинним парогенератором 12, що забезпечує отримання робочої пари високого тиску для пароежекторної холодительної установки 13, метанування 14, компресії 15 з паровою турбіною 16 для приводу компресора 17 стиску свіжої азотно-водневої суміші (АВС) з повітряним теплообмінником 18 охолодження цієї суміші і циркуляційний компресор 19 стиску циркуляційного газу (ЦГ) у відділенні синтезу 20 для забезпечення послідовної його циркуляції через двопорожнинний теплообмінник 21, високотемпературний випарник 22, конденсаційну колону 23, два низькотемпературні випарники 24 з підключеним до кожного з них абсорбційно-холодильними установками (АХУ) 25, виносний теплообмінник 26, колону синтезу 27 з пусковим підігрівачем (на схемі відсутній), підігрівач води 28, виносний

теплообмінник 26 (по зворотному потоку), апарати повітряного охолодження 29 з сепаратором 30.

Робоча аміачна пара з двопорожнинного парогенератора 12 надходить до парового ежектора 31, що забезпечує інжекцію пари холодоагенту з високотемпературного випарника 22 і подачу стиснутої аміачної пари до повітряного конденсатора 32 турбокомпресорної холодильної установки із збірником 33 аміачного конденсату, вихід з якого по трубопроводу 34 прямує як холодоагент до високотемпературного випарника 22, а по трубопроводу 35 - до насоса 36 повернення аміачного конденсату до першого входу по аміачній порожнині парогенератора 12.

Згідно зі схемою процес в установці здійснюється наступним чином. Природний газ, наприклад, кількістю 35600 $\text{nm}^3/\text{год.}$ тиском 4,4 МПа, змішується з азотно-водневою сумішшю (АВС) кількістю 6000 $\text{nm}^3/\text{год.}$ до вмісту водню у суміші 10,7 % об. і подається до відділення сіркоочистки 1. У відділенні сіркоочистки 1 в каталітичному реакторі на кобальтомолібденовому каталізаторі при температурі 390 °С відбувається гідрування сірчистих сполук, що містяться в природному газі, до сірководню, а потім - поглинання сірководню на окисно-цинковому вбирачі до вмісту його не більше 0,5 mg/cm^3 . Очищена газова суміш змішується з водяною парою, витрата якої складає 132 тис. $\text{nm}^3/\text{год.}$, та надходить до відділення риформінгу 2 першого ступеня, де на нікелевому каталізаторі при температурі 800 °С і тиску 3,5 МПа відбувається конверсія природного газу водяною парою, отриманою у відділенні 3 пароутворення, до вмісту залишкового метану в газі 11 % об. Після цього газ надходить на другий ступінь конверсії, де при температурі 1200 °С відбувається пароповітряна конверсія метану до залишкового вмісту метану 0,3 % об. Витрата пари на пароповітряну конверсію складає 5 тис. $\text{nm}^3/\text{год.}$ і забезпечується відділенням пароутворення 3. Витрата технологічного повітря на пароповітряну конверсію - 50400 $\text{nm}^3/\text{год.}$ Склад конвертованого газу після відділення риформінгу 2 (в перерахунку на сухий газ, % об.) наступний: CH_4 - 0,3; CO_2 - 11; H_2 - 57; N_2 - 22,4; Ar - 0,3; CO - 9. Витрата газу після риформінгу 185 тис. $\text{nm}^3/\text{год.}$ (в перерахунку на сухий газ).

Після конверсії метану газ прямує у відділення 4 конверсії оксиду вуглецю. Конверсія відбувається у два ступені при температурі на першому ступені 380 °С, а на другому - при 220 °С і тиску 3 МПа. Склад газу після конверсії оксиду вуглецю (в перерахунку на сухий газ, % об.) наступний: CH_4 - 0,3; CO_2 - 17,3; H_2 - 61,6; N_2 - 20; Ar - 0,3; CO - 0,5. Витрата вологого газу після конверсії оксиду вуглецю 292 тис. $\text{nm}^3/\text{год.}$ (в перерахунку на сухий газ - 207 тис. $\text{nm}^3/\text{год.}$).

Отриманий конвертований газ прямує далі до відділення моноетаноламінової очистки 5, де в абсорбері 7 при температурі 40 °С і тиску 2,8 МПа відбувається поглинання двоокису вуглецю водним розчином МЕА до вмісту CO_2 в газі 0,1 % об. подача МЕА розчину двома потоками витратою 575 $\text{nm}^3/\text{год.}$ по кожному з них з регенератора 6 до абсорбера 7 здійснюється за допомогою насосів 8 і 9. Зниження температури розчину обох потоків від 85 °С до 45 °С здійснюється у повітряних охолоджувачах 10 і 11. При цьому перший потік попередньо охолоджується до температури 75 °С у двопорожнинному парогенераторі, що включений до складу пароежекторної холодильної установки 13 для забезпечення її робочою аміачною парою витратою 19 т/год. і тиском 3 МПа. Склад газу після очистки від CO_2 (в перерахунку на сухий газ, % об.) наступний: CH_4 - 0,4; CO_2 - 0,1; H_2 - 74,5; N_2 - 24; Ar - 0,3; CO - 0,6. Ступінь очистки газу від CO_2 - 99,6 %. Витрата очищеного газу після абсорбції - 171,3 тис. $\text{nm}^3/\text{год.}$

Очищений від CO_2 газ надходить на каталітичну очистку від кисневмісних сполук до відділення метанування 14, де при температурі 350 °С і тиску 2,6 МПа відбувається відновлення кисневмісних сполук до метану. Після відділення 14 азотно-воднева суміш (АВС) має наступний склад (% об.): CH_4 - 1,1; H_2 - 74; N_2 - 24,6; Ar - 0,3; $\text{CO} + \text{CO}_2$ - сліди. Ця АВС тиском 2,5 МПа і температурою 43 °С надходить до відділення компресії 15, де стискається чотириступеневим компресором 17 до тиску 32 МПа. Привід компресора здійснюється паровою турбіною 16. При цьому пара тиском 10 МПа прямує з відділення пароутворення 3.

АВС високого тиску після чотириступеневого компресора 17 кількістю 168 тис. $\text{nm}^3/\text{год.}$ охолоджується у повітряному теплообміннику 18 до температури 45 °С і надходить в сепараційну частину конденсаційної колони 23 відділення синтезу 20, де барботує крізь шар рідкого аміаку, додатково промивається від слідів вологи та вуглекислоти і змішується з циркуляційним газом. Суміш АВС і циркуляційного газу проходить по трубках теплообмінника конденсаційної колони 23, де охолоджується зустрічним потоком циркуляційного газу до температури не більше ніж 18 °С і далі прямує в одну з порожнин двопорожнинного теплообмінника 21, де нагрівається до температури не більше 35 °С теплом зустрічного циркуляційного газу, що проходить по другій порожнині теплообмінника 21. Після теплообмінника 21 циркуляційний газ прямує у міжтрубний простір виносного теплообмінника 26, у якому відбувається його нагрів до температури не вище 195 °С теплом зустрічного газу, що проходить по трубках, а потім прямує у колону синтезу 27. У колоні синтезу газ проходить

знизу догори по кільцевій щілині між корпусом колони та кожухом насадки і далі надходить у міжтрубний простір теплообмінника, розташованого на горловині колони синтезу. Тут газ нагрівається теплом конвертованого газу, що виходить з каталізаторної коробки, до температури початку реакції 400-440 °С, потім газ послідовно проходить чотири полиці каталізатора, де при тиску не більше 32 МПа, об'ємній швидкості 17900 год.⁻¹ і температурі 420-530 °С відбувається екзотермічна реакція утворення аміаку з азотно-водневої газової суміші. Для підтримання нормального температурного режиму у зоні реакції перед кожною полицею передбачена подача газу холодним байпасом. Пройшовши четвертий шар каталізатора, азотно-воднево-аміачна суміш із вмістом аміаку не менше 12 % об. і температурою не вище 530 °С піднімається по центральній трубі, а потім проходить по трубках внутрішньотрубного теплообмінника, охолоджуючись до температури не більше 330 °С. Далі газова суміш прямує у трубний простір підігрівача 28, де надлишкове тепло реакції синтезу використовується для підігріву живильної води, яка потім надходить до парозбірника котлів утилізаторів відділення пароутворення 3 для отримання пари тиском 10,5 МПа.

Продукційний аміак з азотно-воднево-аміачної суміші відокремлюється шляхом його конденсації за рахунок охолодження повітряним охолоджувачем (первинна конденсація) і аміаком, що випаровується (вторинна конденсація).

Після підігрівача води 28 газова суміш з температурою не більше 240 °С проходить трубний простір виносного теплообмінника 26 охолоджуючись до температури не більше 70 °С газом, що прямує по міжтрубному простору, та надходить в апарати повітряного охолодження 29, де з газової суміші конденсується частина аміаку при температурі не більше 40 °С. Сконденсований аміак відокремлюється в сепараторі 30, а газова суміш, що містить до 11 % об. NH₃, прямує на всмоктування циркуляційним компресором 19, де дотискається до тиску не більше 31,9 МПа, компенсуючи втрати тиску в системі. Після циркуляційного компресора 19 циркуляційний газ у кількості 640 тис.нм³/год. температурою згідно з регламентом 45 °С проходить другу порожнину теплообмінника 21, де охолоджується зворотним потоком циркуляційного газу до температури 35 °С, і далі прямує у трубний простір високотемпературного випарника 22, охолоджуючись до температури не більше 30 °С за рахунок аміаку, що кипить у міжтрубному просторі високотемпературного випарника 22 при температурі не вище 25 °С. Рідкий аміак (холодоагент) до випарника 22 надходить у кількості до 8 т/год. по трубопроводу 34 із збірника конденсату 33 пароежекторної холодильної установки.

Газоподібний аміак з міжтрубного простору високотемпературного випарника 22 з тиском не більше 1 МПа інjektується паровим ежектором 31 робочою аміачною парою тиском до 3 МПа та температурою 65 °С і стискається до тиску не менше 1,6 МПа. Суміш робочої аміачної пари і інjektованої газоподібної з температурою 53 °С після парового ежектора 31 у кількості біля 27 т/год. надходить у повітряний конденсатор 32. Отриманий у конденсаторі рідкий аміак з температурою не більше 40 °С прямує далі у збірник 33, після якого розподіляється на два потоки. Перший потік як холодоагент у кількості 8 т/год. надходить по трубопроводу 34 до високотемпературного випарника 22, а другий потік по трубопроводу 35 кількістю 19 т/год. аміачним насосом 36 подається у двопорожнинний парогенератор 12, де і відбувається отримання робочої пари тиском 3 МПа, яка прямує по трубопроводу до парового ежектора 31.

Циркуляційний газ частково із сконденсованим аміаком з температурою 30 °С після високотемпературного випарника 22 подається зверху у конденсаційну колону 23, проходить міжтрубний простір теплообмінника, охолоджуючись газом, що йде по трубках, до температури не більше 8 °С. Далі циркуляційний газ надходить у два низькотемпературні випарники рідкого аміаку 24, де, проходячи по трубках, охолоджується до температури не вище -6 °С за рахунок аміаку, що кипить у міжтрубному просторі низькотемпературних випарників 24 при температурі не вище -11 °С.

Низькотемпературні випарники 24 по циркуляційному газу включені паралельно і кожний із них підключений по аміачній системі холодоагенту до окремої АХУ 25. Газоподібний аміак з міжтрубного простору низькотемпературного випарника 24 прямує до АХУ, де відбувається зрідження, і подається знову до низькотемпературного випарника 24. З трубного простору низькотемпературних випарників 24 суміш охолодженого циркуляційного газу і сконденсованого аміаку надходить у сепараційну частину конденсаційної колони 23, де відбувається відокремлення рідкого продукційного аміаку від газу. У сепараційній частині конденсаційної колони 23 свіжа АВС змішується з циркуляційним газом, проходить кошик з кільцями Рашига, де додатково сепарується від крапель рідкого аміаку. Далі газова суміш піднімається по трубах теплообмінника, охолоджуючи циркуляційний газ. Рідкий продукційний аміак з сепаратора 30 і конденсаційної колони 25 прямує після дроселювання до тиску не більше 4 МПа у збірники рідкого аміаку (на схемі відсутні).

Таким чином установка додаткового двопорожнинного теплообмінника у контур між циркуляційним компресором і послідовно встановленими високотемпературним випарником з конденсаційною колоною та підключення трубного простору двопорожнинного парогенератора у контур між насосом подачі першого потоку МЕА розчину з регенератора і повітряним охолоджувачем цього потоку, а міжтрубного простору двопорожнинного парогенератора до пароежекторної холодильної установки (ПХУ) з підключенням кожного з двох паралельно встановлених по потоку циркуляційного газу після конденсаційної колони низькотемпературних випарників до абсорбційно-холодильної установки, забезпечує підвищення економічності установки для виробництва аміаку за рахунок виключення зі схеми 3-х конденсаторів повітряного охолодження типу АБЗ-14,6-16-Б1-ВЗТ4 з електродвигуном типу ВАСВ-14-34-24 для приводу вентилятора з лопатями УК-2М із загальним споживанням електроенергії 600 кВт·год, зниження загальної холодопродуктивності як у літній, так і у зимовий періоди на ділянці вторинної конденсації до 6,7 Гкал/год. та зниження температури охолодження циркуляційного газу після низькотемпературних випарників на 6 °С, а отже і температури вторинної конденсації, що забезпечує зниження витрати природного газу у додатковий паровий котел для отримання пари високого тиску 10,5 МПа згідно вище наведених даних промислових досліджень на 192 нм³/год.

При цьому включення додаткового двопорожнинного теплообмінника та високотемпературного випарника між ним та конденсаційною колоною забезпечує більш ефективну рекуперацію холоду та зниження теплового навантаження на низькотемпературні випарники за рахунок зниження температури циркуляційного газу на вході цих випарників до 8 °С. За таких умов охолодження циркуляційного газу до температури -6 °С вимагає згідно з розрахунками за підтвердженою у промислових умовах методикою [6] забезпечення холодопродуктивності від двох АХУ на рівні не більше 4,5 Гкал/год. За проектною холодопродуктивності двох АХУ 5,4 Гкал/год. зниження температури кипіння у низькотемпературному випарнику, а отже, температури охолодження циркуляційного газу до -6 °С може бути досягнуто згідно з дослідженнями [7] шляхом підвищення кратності циркуляції розчинів. Це підтверджується і загально відомими літературними даними [8]. Встановлення високотемпературного випарника після двопорожнинного теплообмінника обумовлює і більш низький перепад температур циркуляційного газу на вході та виході, тобто всього 5 °С, а отже, і необхідність меншої холодопродуктивності ПХУ на рівні згідно з розрахунками 2,135 Гкал/год. При забезпеченні температури кипіння у цьому випарнику 24 °С і тиску 0,9915 МПа коефіцієнт інжекції згідно з розрахунками, виконаними у відповідності з відомим алгоритмом [9], складає не менше 0,4, що дозволяє забезпечити інжекцію парів аміачного холодоагенту з високотемпературного випарника у кількості до 8 т/год. робочою аміачною парою з тиском 3 МПа у кількості 20 т/год. Загальна кількість парів холодоагенту і робочої пари на повітряні конденсатори ПХУ складе 28 т/год., конденсація яких може бути забезпечена 3-ма конденсаторами із споживанням електроенергії 600 кВт·год. Для отримання робочої пари у кількості 20 т/год. цілком достатньо 515 нм³/год МЕА розчину першого потоку крізь двопорожнинний парогенератор, тобто $20 \cdot 232 / 0,9 \cdot (85 - 75) = 515$ нм³/год. (де 232 ккал/кг - питома теплота пароутворення аміаку при температурі 65 °С і тиску 3 МПа; 0,9 ккал/(кг·град) - питома теплоємність МЕА розчину; 85 і 75 °С - відповідно вхідна та вихідна температура МЕА розчину). За рахунок охолодження МЕА розчину знижується теплове навантаження на повітряні охолоджувачі, що дозволяє знизити температуру МЕА розчину, температуру абсорбції, а отже, ефективність поглинання СО₂ з конвертованого газу.

Таким чином, з реалізацією запропонованої установки повністю, як і у найближчому аналогу, вилучається аміачна турбокомпресорна холодильна установка, знижується загальна холодопродуктивність до 6,7 Гкал/год., зменшується споживання електроенергії на 316 кВт·год. в процесі конденсації робочої пари і пари холодоагенту та подачі насосом аміачного конденсату до двопорожнинного парогенератора в циклі пароежекторної холодильної установки, а також знижується споживання природного газу на 192 нм³/год. у допоміжний паровий котел отримання водяної пари тиску 10,5 МПа, необхідного для приводу турбіни відцентрового трикорпусного компресора стиску циркуляційного газу і свіжої азотно-водневої суміші внаслідок зниження температури вторинної конденсації на 6 °С.

Економічна ефективність застосування такої схеми, в порівнянні з найближчим аналогом, забезпечується зниженням споживання електроенергії за рахунок вилучення зі схеми агрегату синтезу трьох конденсаторів повітряного охолодження і зменшення навантаження на насос подачі рідкого аміаку у циклі ПХУ та апарати повітряного охолодження першого потоку МЕА розчину з регенератора до абсорбера, а також зниженням витрати природного газу і глибоко знесоленої води у додатковий паровий котел отримання пари високого тиску, необхідного для

приводу парової турбіни відцентрового трикорпусного компресора стиску циркуляційного газу і свіжої АВС за рахунок зменшення температури вторинної конденсації на 6 °С. При цьому зниження споживання електроенергії від застосування запропонованої установки складе:

$$N=N_1+N_2+N_3+N_4-N_5-N_6-N_7-N_8,$$

5 де $N_1=1200$ кВт·год. - витрата електроенергії на привод вентиляторів повітряних конденсаторів для конденсації парів аміаку в пароежекторній холодильній установці за старим варіантом;

$N_2=648$ кВт·год. - витрата електроенергії на привод вентиляторів повітряних конденсаторів відпрацьованої водяної пари турбін компресора технологічного повітря за старим варіантом;

10 $N_3=80$ кВт·год. - витрата електроенергії на привод насоса подачі рідкого аміаку в пароежекторній холодильній установці за старим варіантом;

$N_4=120$ кВт·год. - витрата електроенергії на привод вентиляторів повітряних охолоджувачів для охолодження першого потоку подачі МЕА розчину з регенератора до абсорбера за старим варіантом;

15 $N_5=600$ кВт·год. - витрата електроенергії на привод вентиляторів повітряних конденсаторів для конденсації парів аміаку в пароежекторній холодильній установці за новим варіантом;

$N_6=972$ кВт·год. - витрата електроенергії на привод вентиляторів повітряних конденсаторів відпрацьованої водяної пари турбін компресора технологічного повітря за новим варіантом;

20 $N_7=30$ кВт·год. - витрата електроенергії на привод насоса подачі рідкого аміаку в пароежекторній холодильній установці за новим варіантом;

$N_8=120$ кВт·год. - витрата електроенергії на привод вентиляторів повітряних охолоджувачів для охолодження першого потоку подачі МЕА розчину з регенератора до абсорбера за новим варіантом.

$$N=1200+648+80+120-600-972-30-120,$$

25 $N=326$ кВт·год.

Зниження споживання витрати природного газу і глибоко знесоленої води внаслідок зменшення температури вторинної конденсації на 6 °С складе відповідно 192 $\text{нм}^3/\text{год}$. і 1875 $\text{кг}/\text{год}$. При вартості електроенергії для промислового підприємства 1000 грн. за 1 тис.кВт·год, а природного газу і глибоко знесоленої води відповідно 6200 грн. за 1 тис. м^3 і 9 грн. за 1 м^3 загальний річний економічний ефект при 8000 год. роботи агрегату за рік буде дорівнювати понад 12 млн. грн.

Джерела інформації:

1. Постоянный технологических регламент цеха аммиака 1-Б, № 114. - Северодонецк: СГПП Объединение "Азот", 2000. - 784 с.

35 2. Кузнецов Л.Д., Дмитренко Л.Д., Рабина П.Д., Соколинский Ю.А. Синтез аммиака. - М.: Химия, 1982. - С. 11-16, С. 155.

3. АС СРСР № 1002756 МПК F25B 15/04, опубл. бюл. № 9 від 07.03.83.

4. Патент на корисну модель № 20992 МПК F25B 15/02, C01C 1/04, F25B 49/00, опубл. бюл. № 2 від 15.02.2007.

40 5. Бабіченко А.К., Ефимов В.Т. Влияние температуры вторичной конденсации на экономические показатели работы агрегатов синтеза аммиака большой мощности // Вопросы химии и химической технологи. - 1986. - Вып. 80. - С. 113-117.

45 6. Ефимов В.Т., Ероценков С.А., Бабіченко А.К. Повышение эффективности работы абсорбционных холодильных установок в агрегатах синтеза аммиака большой мощности // Холодильная техника. - 1979. - № 2. - С. 23-26.

7. Бабіченко А.К., Тошинский В.И., Бабіченко Ю.А. Исследование энергетической эффективности абсорбционно-холодильных установок крупнотоннажных агрегатов синтеза аммиака // Вестник НТУ "ХПИ". - 2007. - № 32. - С. 66-73.

50 8. Бадилькес И.С., Данилов Р.Л. Абсорбционные холодильные машины. - М.: Пищевая промышленность, 1966. - С. 292-293.

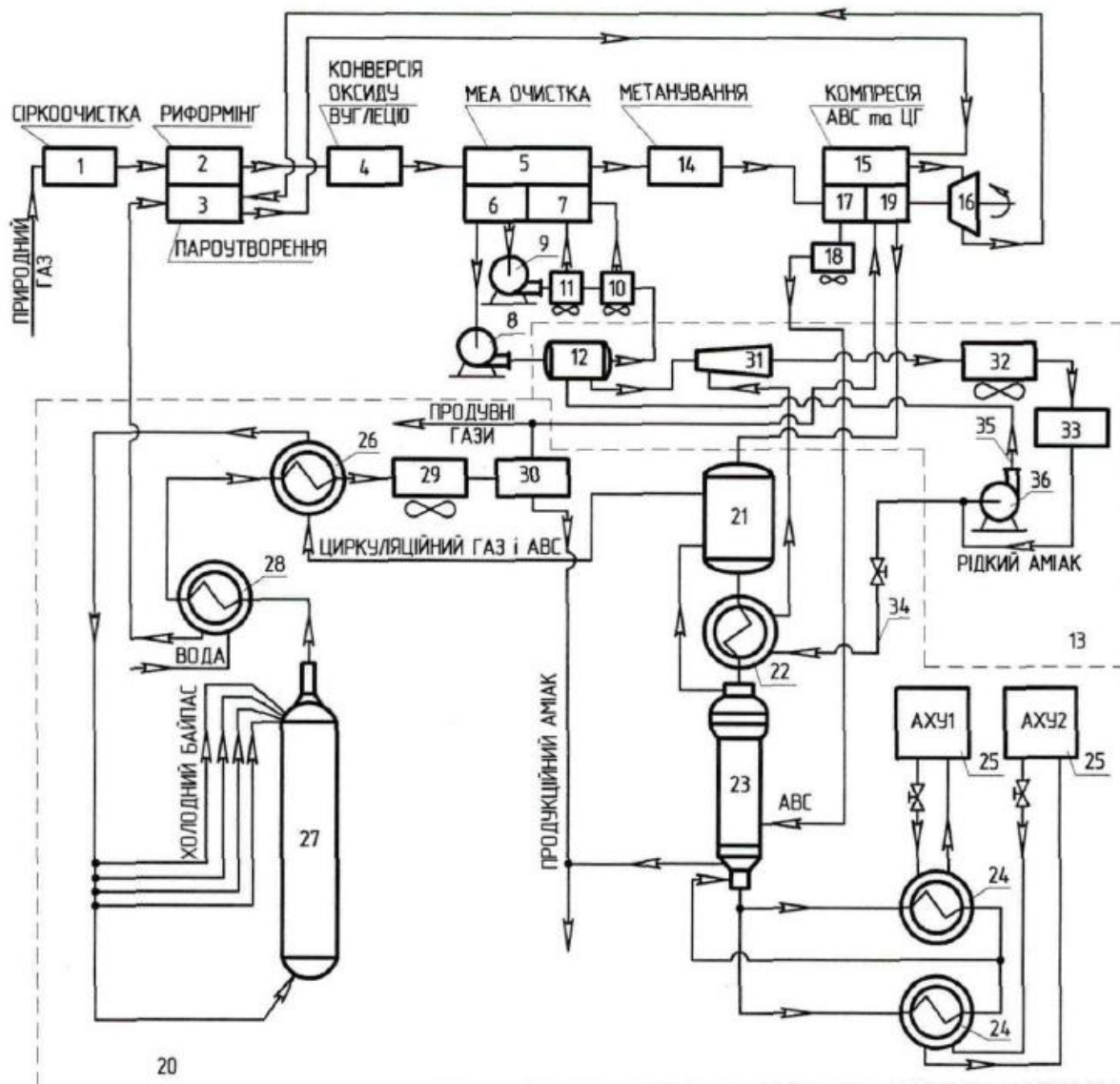
9. Соколов Е.Я., Зингер Н.М. Струйные аппараты. - М.: Энергия, 1970. - С. 86-94.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

55 Установка для виробництва аміаку, що містить послідовно з'єднані системою трубопроводів відділення сіркоочистки, риформінгу, пароутворення, конверсії оксиду вуглецю, моноетаноламінової очистки з регенератором і насосами подачі МЕА розчину через повітряні охолоджувачі двома потоками до абсорбера метанування, компресії з паровою турбіною і компресорами для стиску свіжої азотно-водневої суміші і циркуляційного газу та повітряним теплообмінником охолодження азотно-водневої суміші, відділення синтезу з конденсаційною

60

колоною, високотемпературним випарником, виносним теплообмінником, колоною синтезу із пусковим підігрівачем, підігрівачем води, апаратами повітряного охолодження та сепаратором первинної конденсації, двома низькотемпературними випарниками для охолодження циркуляційного газу на ділянці вторинної конденсації, кожний з яких паралельно встановлений по потоку виходу циркуляційного газу з конденсаційної колони і включений до схеми роботи двох абсорбційно-холодильних установок, пароежекторну холодильну установку у складі двопорожнинного парогенератора, один з виходів якого по потоку робочої аміачної пари високого тиску з'єднаний трубопроводом з паровим ежектором для стиску випарених парів з міжтрубного простору високотемпературного випарника, що надходить на повітряні конденсатори аміачної турбокомпресорної холодильної установки, які з'єднані з ресивером аміачного конденсату, після якого один з потоків підключений до міжтрубного простору високотемпературного випарника, а другий підключений до насоса рідкого аміаку, вихід з якого з'єднаний по потоку рідкого аміаку із входом у міжтрубний простір двопорожнинного парогенератора отримання робочої аміачної пари ежекування, яка **відрізняється** тим, що для підвищення економічності вона додатково оснащена двопорожнинним теплообмінником, вхід однієї порожнини якого з'єднаний із виходом циркуляційного компресора, а вихід включений до входу контуру, утвореного послідовно встановленими високотемпературним випарником і конденсаційною колоною, вхід другої порожнини двопорожнинного теплообмінника включено у контур після конденсаційної колони, а другий вхід і вихід двопорожнинного парогенератора пароежекторної холодильної установки включені у контур поміж насосом подачі першого потоку моноетаноламінового розчину з регенератора та повітряним охолоджувачем.



Комп'ютерна верстка А. Крулевський

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

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