

Винахід відноситься до хімічної технології виробництва азотної кислоти і стосується інтенсифікації процесів нагрівання хвостового газу та охолодження нітрозного газу.

Запропонований винахід може бути використаний у виробництві азотної кислоти під підвищеним тиском з високотемпературним або низькотемпературним каталітичним очищенням хвостового газу (газу, що виходить з абсорбційної колони) від оксидів азоту і газотурбінним приводом компресора повітря.

Відомий спосіб виробництва азотної кислоти під тиском 0,716 МПа, який включає підготовку аміачноповітряної суміші, каталітичне окислювання аміаку, утилізацію тепла нітрозного газу, доокислювання оксидів азоту, охолодження нітрозного газу, отримання азотної кислоти, відбілювання азотної кислоти, підігрівання хвостового газу нітрозним газом та топковим газом, отриманим при спалюванні природного газу в камері підготовки газу, каталітичне очищення хвостового газу від оксидів азоту і рекуперація енергії газу в газовій турбіні і котлі-утилізаторі. Охолодження нітрозного газу здійснюють шляхом непрямого теплового обміну з повітрям, хвостовим газом, що виходить зі стадії абсорбції, та водою. Температура охолодженого нітрозного газу на вході в абсорбційну колону =50-60°C.

Нагрівання хвостового газу, що виходить зі стадії абсорбції здійснюють шляхом непрямого теплового обміну спочатку з паром, потім з нітрозним газом, що охолоджується, і топковим газом, отриманим при спалюванні природного газу в камері підготовки газу. Температура хвостового газу після його нагрівання нітрозним газом =180-230°C (1).

В разі нагрівання хвостового газу тільки нітрозним газом температура його нагрівання у виробничих умовах складає не більше 150°C (2).

Недоліком відомого способу виробництва азотної кислоти є низька температура хвостового газу, після його нагрівання нітрозним газом, яка є недостатньою для здійснення процесу каталітичного очищення хвостового газу навіть на низькотемпературному каталізаторі, і тому хвостовий газ додатково нагрівають топковим газом, отриманим при спалюванні природного газу в камері підготовки газу.

Низька температура хвостового газу обумовлена недостатньо ефективним використанням тепла і теплоти конденсації нітрозного газу для нагрівання хвостового газу.

Найбільш близьким до запропонованого винаходу по технічній сутності і результату, що досягається, є спосіб виробництва азотної кислоти, включаючий каталітичне окислювання аміаку, утилізацію тепла отриманих нітрозних газів з байпасним регулюванням нітрозного газу на наступну стадію, доокислювання нітрозного газу, охолодження нітрозного газу хвостовим газом в дві стадії, охолодження водою з отриманням кислого конденсату, який подають на стадію абсорбції разом з охолодженим нітрозним газом з отриманням розчину кислот. Відбілювання розчину кислоти повітрям і подачу утвореного в процесі відбілювання газу на стадію абсорбції, нагрівання хвостового газу нітрозним газом в дві стадії і каталітичне очищення хвостового газу від оксидів азоту з наступною рекуперацією енергії газу в газовій турбіні і котлі-утилізаторі. (3).

Відомий спосіб (3) характеризується високою температурою нагрівання хвостового газу в межах 220-270°C, який подають в реактор каталітичного очищення і який не потребує нагрівання топковим газом, отриманим при спалюванні природного газу в камері підготовки газу. Температура хвостового газу в межах 220-270°C є достатньою для очищення хвостового газу на низькотемпературному алюмованадієвому каталізаторі типу АВК-10М. Але таку температуру досягають внаслідок охолодження нітрозного газу, що виходить зі стадії доокислювання, хвостовим газом, що виходить з першої стадії його нагрівання нітрозним газом, тобто без його охолодження повітрям, яке нагрівається. Відсутність стадії охолодження нітрозного газу повітрям (стадії нагрівання повітря, яке використовується для приготування аміачно-повітряної суміші (АПС) на стадії каталітичного окислювання аміаку) викликає необхідність використання холодного повітря для приготування цієї суміші.

Використання холодного повітря для приготування аміачно-повітряної суміші обумовлює температуру суміші в межах 140-160°C, яка є недостатньою для підтримання високої активності платинового каталізатора в реакторі каталітичного окислювання аміаку. Внаслідок такої температури АПС концентрацію аміаку підтримують в межах 10,4-10,7%об, яка також є недостатньою але її підвищення є небезпечним.

Для забезпечення необхідної температури в реакторі каталітичного окислювання аміаку на платиновому каталізаторі, в межах 890-910°C, повітря для приготування аміачно-повітряної суміші подають з газотурбінної установки рекуперації тепла через байпас крім охолоджувача повітря що знижує потужність по повітрю турбокомпресора газотурбінної установки ГТТ-3М рекуперації тепла. Внаслідок чого знижується потужність всього агрегата УКЛ-7 по випуску азотної кислоти.

Крім цього, внаслідок того, що нітрозний газ на виході з другої стадії його охолодження хвостовим газом має температуру близьку до температури конденсації кислоти (130-145°C). відомий спосіб характеризується наявністю корозії технологічного обладнання на цій стадії. зокрема, в кришці першого підігрівача хвостового газу і у вихідному трубопроводі.

З метою виключення корозії на першій стадії нагрівання хвостового газу нітрозним газом використовують прямопотокову організацію потоків нітрозного та хвостового газів, що приводить до підвищення температури нітрозного газу до 180-200°C, - внаслідок чого погіршується охолодження нітрозного газу водою на наступній стадії його охолодження.

Недоліком відомого способу виробництва азотної кислоти є:

недостатня активність платинового каталізатора окислювання аміаку, обумовлена зниженою температурою аміачно-повітряної суміші в межах 140-160°C внаслідок використання холодного повітря;

зниження потужності турбокомпресора газотурбінної установки рекуперації тепла, внаслідок байпасування частини (25-30%) потоку повітря крім охолоджувача повітря для отримання АПС ;

підвищена температура нітрозного газу після його охолодження хвостовим газом (180-200°C) та водою (55-65°C), що знижує ефективність процесу абсорбції.

Все не обумовлено необхідністю нагрівання хвостового газу до температури 220-270°C та недостатньо ефективним використанням тепла нітрозного газу, теплоти конденсації і кислотоутворення в процесі виробництва азотної кислоти.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалення відомого способу виробництва азотної кислоти, в якому шляхом введення додаткової стадії та зміни порядку дій теплообміну. забезпечується можливість ефективного використання тепла нітрозного газу, теплоти конденсації і кислотоутворення в процесі виробництва азотної

кислоти з одночасним нагріванням хвостового газу до температури 220-270°C.

Поставлена задача вирішується варіантами запропонованого способу.

Перший варіант способу:

Поставлена задача вирішується тим, що у відомому способі виробництва азотної кислоти, який включає каталітично окислювання аміаку, утилізацію тепла отриманих нітрозних газів з байпасним регулюванням нітрозного газу на наступну стадію, доокислювання нітрозного газу, охолодження нітрозного газу хвостовим газом в дві стадії, охолодження водою з отриманням кислого конденсату, який подають на стадію абсорбції разом з охолодженим нітрозним газом з отриманням розчину кислоти, відбілювання розчину кислоти повітрям і подачу утвореною і процесі відбілювання газу на стадію абсорбції, нагрівання хвостового газу нітрозним газом в дві стадії, і каталітичне очищення хвостового газу від оксидів азоту з наступною рекуперацією енергії газу в газовій турбіні і котлі-утилізаторі, згідно з запропонованим винаходом, нітрозини газ, що виходить зі стадії доокислювання, додатково охолоджують повітрям байпасним регулюванням нітрозного газу, нагріте повітря подають на стадію каталітичного окислювання аміаку; нагрівання хвостового газу нітрозним газом на першій стадії здійснюють з організацією протипотоку хвостового та нітрозного газів з виводом кислого конденсату, утвореного і нітрозного газу, на стадію абсорбції, а на другій стадії хвостовий газ нагрівають нітрозним газом уже охолодженим повітрям.

Запропонований спосіб забезпечує досягнення високої температури хвостового газу в межах 220-270°C з одночасним зниженням температури нітрозного газу після його охолодження хвостовим газом до температури 140-145°C та водою до температури 45-55°C.

Крім того, запропонований спосіб забезпечує:

підвищення температури аміачно-повітряної суміші в межах 180-200°C, внаслідок чого підвищується активність платинового каталізатора окислювання аміаку;

підвищення потужності турбокомпресора газотурбінної установки рекуперації тепла, внаслідок виключення байпасування частини (25-30%) потоку повітря крім охолоджувача повітря для отримання АПС.

Нагрітий до такої температури хвостовий газ не потребує додаткового нагрівання гоночним газом, отриманим при спалюванні природного газу в камері підготовки газу, і його температура є достатньою для очищення хвостового газу на низькотемпературному каталізаторі.

Запропонований спосіб включає наступні стадії:

каталітично окислювання аміаку,

утилізацію тепла отриманих нітрозних газів з байпасним регулюванням нітрозного газу на наступну стадію,

доокислювання нітрозного газу,

охолодження нітрозного газу повітрям з байпасним регулюванням нітрозного газу, ч поданням нагрітого повітря на стадію каталітичного окислювання аміаку;

охолодження нітрозного газу хвостовим газом в дві стадії: спочатку хвостовим газом, що виходить з першої стадії його нагрівання нітрозним газом, а потім хвостовим газом, що виходить зі стадії абсорбції;

охолодження водою, з отриманням кислого конденсату, який подають на стадію абсорбції разом з охолодженим нітрозним газом,

абсорбцію оксидів азоту з нітрозного газу з отриманням розчину кислоти,

відбілювання розчину кислоти повітрям і подачу утвореного в процесі відбілювання газу на стадію абсорбції,

нагрівання хвостового газу нітрозним газом в дві стадії, причому нагрівання хвостового газу нітрозним газом на першій стадії здійснюють з організацією протипотоку хвостового та нітрозного газів з виводом утвореного кислого конденсату на стадію абсорбції, а на другій стадії хвостовий газ нагрівають нітрозним газом, уже охолодженим повітрям;

каталітично очищення хвостового газу від оксидів азоту з наступною рекуперацією енергії газу в газовій турбіні і котлі-утилізаторі.

Запропонований спосіб пояснюється прикладом №1 здійснення способу і кресленням схеми установки (варіанти 1, 2).

Другий варіант способу.

Поставлена задача вирішується тим, що у відомому способі виробництва азотної кислоти, який включає каталітично окислювання аміаку, утилізацію тепла отриманих нітрозних газів з байпасним регулюванням нітрозного газу на наступну стадію, доокислювання нітрозного газу, охолодження нітрозного газу хвостовим газом в дві стадії, охолодження водою в дві стадії, і отриманням кислого конденсату, який подають на стадію абсорбції разом з охолодженим нітрозним газом з отриманням розчину кислоти, відбілювання розчину кислоти повітрям і подачу утвореного в процесі відбілювання газу на стадію абсорбції, нагрівання хвостового газу нітрозним газом в дві стадії, і каталітичне очищення хвостового газу від оксидів азоту з наступною рекуперацією енергії газу в газовій турбіні і котлі-утилізаторі, згідно і запропонованим способом, нітрозний газ, що виходить зі стадії доокислювання, додатково охолоджують повітрям з байпасним регулюванням нітрозного газу, нагріте повітря подають на стадію каталітичного окислювання аміаку; а нітрозний газ поступово охолоджують хвостовим газом, водою, знову хвостовим газом з виводом кислого конденсату, утвореного і нітрозного газу, на стадію абсорбції і знову охолоджують водою; нагрівання хвостового газу на першій стадії здійснюють нітрозним газом, що виходить з першої стадії його охолодження водою, а на другій стадії хвостовий газ нагрівають нітрозним газом, що виходить зі стадії його охолодження повітрям.

Поставлена задача вирішується також тим, що нагрівання хвостового газу нітрозним газом здійснюють з організацією протипотоку хвостового та нітрозного газів.

Запропонований спосіб забезпечує досягнення високої температури хвостового газу в межах 220-250°C з одночасним зниженням температури нітрозного газу до 45-50°C після його охолодження хвостовим газом та водою. Крім того, запропонований спосіб забезпечує:

підвищення температури аміачно-повітряної суміші в межах 180-200°C, внаслідок чого підвищується активність платинового каталізатора окислювання аміаку;

підвищення потужності турбокомпресора газотурбінної установки рекуперації тепла, внаслідок виключення байпасування частини (25-30%) потоку повітря крім охолоджувача повітря для отримання АПС.

Нагрітий до такої температури хвостовий газ не потребує додаткового нагрівання і його температура є достатньою для очищення хвостового газу на низькотемпературному каталізаторі.

Запропонований спосіб включає наступні стадії:
каталітично окислювання аміаку,
утилізацію тепла отриманих нітрозних газів з байпасним регулюванням нітрозного газу на наступну стадію,
доокислювання нітрозного газу;
охолодження нітрозного газу повітрям з байпасним регулюванням нітрозного газу на наступну стадію
охолодження нітрозного газу хвостовим газом, з поданням нагрітого повітря на стадію каталітичного окислювання аміаку;

поступове охолодження нітрозного газу хвостовим газом, водою, знову хвостовим газом з виводом кислого конденсату, утвореного з нітрозного газу, на стадію абсорбції, і знову водою. Кислий конденсат, отриманий в результаті охолодження нітрозного газу водою, подають на стадію абсорбції разом з охолодженим нітрозним газом;

абсорбцію оксидів азоту з нітрозного газу з отриманням розчину кислоти;

відбілювання розчину кислоти повітрям і подачу утвореного в процесі відбілювання газу на стадію абсорбції;

нагрівання хвостового газу, що виходить зі стадії абсорбції, нітрозним газом в дві стадії: на першій стадії нагрівання здійснюють нітрозним газом, що виходить з першої стадії охолодження його водою, а на другій стадії хвостовий газ нагрівають нітрозним газом, що виходить зі стадії його охолодження повітрям. Нагрівання хвостового газу нітрозним газом здійснюють з організацією протипотоку хвостового та нітрозного газів; каталітично очищення хвостового газу від оксидів азоту; рекуперація енергії газу в газовій турбіні і котлі-утилізаторі.

Запропонований спосіб пояснюється прикладом №2 здійснення способу і кресленням схеми установки (варіанти 3,4).

Відома також установка для виробництва азотної кислоти, яка включає, з'єднані між собою послідовно по ходу нітрозного газу: реактор каталітичного окислювання аміаку, котел утилізатор, виконаний з вузлом байпасного регулювання нітрозного газу в вихідний трубопровід нітрозного газу, окислювач, два підігрівачі хвостового газу, холодильники конденсатори, абсорбційну колону, колону відбілювання, вхід якої по ходу газу з'єднаний з трубопроводом для подання повітря, а її вихід з'єднаний з входом в абсорбційну колону; вихід абсорбційної колони по ходу хвостового газу через підігрівачі хвостового газу з'єднаний з, послідовно з'єднаними між собою, реактором каталітичного очищення, газотурбінною установкою рекуперації енергії газу і другим котлом-утилізатором (3).

Недоліком відомої установки є те що забезпечення високої температури хвостового газу в ній в межах 220-270°C досягається внаслідок зниження потужності турбокомпресору газотурбінної установки рекуперації тепла, зниження ефективності роботи вузла каталітичного окислювання аміаку та зниження ефективності охолодження нітрозного газу.

Це обумовлено недостатньо ефективним використанням тепла нітрозного газу, теплоти конденсації і кислотоутворення в установці виробництва азотної кислоти.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалення відомої установки виробництва азотної кислоти, в якій шляхом введення додаткового елемента та зміни взаємозв'язку елементів між собою, забезпечується можливість ефективного використання тепла нітрозного газу теплоти конденсації і кислотоутворення в установці виробництва азотної кислоти і одночасним нагріванням хвостового газу до температури 220-270°C.

Поставлена задача вирішується варіантами запропонованої установки.

Перший варіант.

Поставлена задача вирішується тим, що відома установка для виробництва в'ючної кислоти, яка включає, з'єднані між собою послідовно по ходу нітрозного газу: реактор каталітичного окислювання аміаку, котел утилізатор, виконаний з вузлом байпасного регулювання нітрозного газу в вихідний трубопровід нітрозного газу, окислювач, два підігрівачі хвостового газу, холодильники конденсатори, абсорбційну колону, колону відбілювання, вхід якої по ходу газу з'єднаний з трубопроводом для подання повітря, а її вихід з'єднаний з входом в абсорбційну колону; вихід абсорбційної колони по ходу хвостового газу через підігрівачі хвостового газу з'єднаний з, послідовно з'єднаними між собою, реактором каталітичного очищення, газотурбінною установкою рекуперації енергії газу і другим котлом-утилізатором. згідно з запропонованим винаходом, установка додатково включає підігрівач повітря, установлений між окислювачем та другим підігрівачем хвостового газу і виконаний вузлом байпасного регулювання нітрозного газу, вхід якого по ходу повітря з'єднаний з трубопроводом подання повітря, вихід повітря з підігрівача з'єднаний із входом в змішувач реактора каталітичного окислювання аміаку; перший підігрівач хвостового газу виконаний з організацією протипотоку хвостового та нітрозного газів з виводом кислого конденсату, утвореною і нітрозного газу, в колону абсорбції.

Запропонована установка забезпечує досягнення високої температури хвостового газу в межах 220-270°C з одночасним зниженням температури нітрозного газу після його охолодження хвостовим газом та водою до 45-55°C. Крім того, запропонована установка забезпечує:

підвищення температури аміачно-повітряної суміші в межах 180-200°C, внаслідок чого підвищується активність платинового каталізатора окислювання аміаку;

підвищення потужності турбокомпресора газотурбінної установки рекуперації тепла, внаслідок виключення байпасування частини (25-30%) потоку повітря крім охолоджувача повітря для отримання АПС.

Запропонована установка для виробництва азотної кислоти пояснюється кресленням схеми установки, фіг. 1. Установка включає з'єднані між собою послідовно по ходу нітрозного газу(НГ): реактор каталітичного окислювання аміаку 1, котел утилізатор 2, виконаний з вузлом байпасного регулювання нітрозного газу в вихідний трубопровід нітрозного газу, окислювач 3, підігрівач повітря 4, два підігрівачі 5, 6 хвостового газу (ПХГ₂, ПХГ₁), холодильники-конденсатори (ХК₁, ХК₂) 7,8, абсорбційну колону (АК) 9, колону відбілювання 10, вхід якої по ходу газу з'єднаний з трубопроводом для подання повітря, а її вихід з'єднаний з входом в абсорбційну колону 9. Вихід абсорбційної колони 9 по ходу хвостового газу(ХГ) через перший 6 та другий 5 підігрівачі хвостового газу з'єднаний з, послідовно з'єднаними між собою, реактором каталітичного очищення 11, газотурбінною установкою 12 рекуперації енергії газу і другим котлом-утилізатором (на схемі не показаний). Підігрівач повітря 4 виконаний з вузлом байпасного регулювання нітрозного газу, вхід підігрівача 4 по ходу повітря з'єднаний з трубопроводом подання повітря, вихід повітря з підігрівача 4 з'єднаний із входом в змішувач реактора каталітичного окислювання аміаку 1.

Перший підігрівач хвостового газу 6 виконаний з організацією протипотоку хвостового та нітрозного газів з виводом утвореного з нітрозного газу кислого конденсату в колону абсорбції 9, вхід другого підігрівача хвостового газу 5 по ходу нітрозного газу з'єднаний з виходом нітрозного газу з підігрівача повітря 4 і вузла байпасного регулювання, а його вихід з'єднаний і входом в перший підігрівач хвостового газу 6.

Робота установки пояснюється прикладом №1.

Другий варіант установки.

Поставлена задача вирішується тим, що відома установка для виробництва азотної кислоти, яка включає, з'єднані між собою послідовно по ходу нітрозного газу: реактор каталітичного окислювання аміаку, котел утилізатор, виконаний з вузлом байпасного регулювання нітрозного газу в вихідний трубопровід нітрозного газу, окислювач, два підігрівачі хвостового газу, холодильники конденсатори, абсорбційну колону, колону відбілювання, вхід якої по ходу газу з'єднаний з трубопроводом для подання повітря, а її вихід з'єднаний з входом в абсорбційну колону; вихід абсорбційної колони по ходу хвостового газу через підігрівачі хвостового і аза з'єднаний з, послідовно з'єднаними між собою, реактором каталітичного очищення-газотурбінною установкою рекуперації енергії газу і другим котлом-утилізатором, згідно і запропонованим винаходом, установка додатково включає підігрівач хвостового газу, виконаний з організацією протипотоків хвостового та нітрозного газів і виводом отриманого з нітрозного газу кислого конденсату в колону абсорбції; як підігрівач повітря використовують другий підігрівач хвостового газу, виконаний з вузлом байпасного регулювання нітрозного газу, вхід якого по ходу повітря з'єднаний з трубопроводом подання повітря, вихід повітря і підігрівача з'єднаний із входом в змішувач реактора каталітичного окислювання аміаку; перший підігрівач хвостового газу виконаний з організацією протипотоку хвостового та нітрозного газів і його використовують як другий підігрівач хвостового газу, вихід якого по ходу хвостового газу з'єднаний з входом реактора каталітичного очищення; по ходу хвостового газу вхід додатково встановленого підігрівача хвостового газу з'єднаний з виходом колони абсорбції, а його вихід з'єднаний з другим підігрівачем хвостового газу; по ходу нітрозного газу вхід додатково встановленого підігрівача хвостового газу з'єднаний з виходом другого підігрівача хвостового газу, його вихід з'єднаний з входом в холодильник-конденсатор.

Запропонована установка забезпечує досягнення високої температури хвостового газу в межах 220-270°C з одночасним зниженням температури нітрозного газу після, його охолодження хвостовим газом та водою до 45-55°C. Крім того, запропонована установка забезпечує:

підвищення температури аміачно-повітряної суміші в межах 180-200°C, внаслідок чого підвищується активність платинового каталізатора окислювання аміаку;

підвищення потужності турбокомпресора газотурбінної установки рекуперації тепла, внаслідок виключення байпасування частини (25-30%) потоку повітря крім охолоджувач; повітря для отримання АПС.

Запропонована установка (варіант 2) для виробництва азотної кислоти пояснюється кресленням схеми установки, Фіг.1.

Установка включає з'єднані між собою послідовно по ходу нітрозного газу: реактор каталітичного окислювання аміаку 1, котел утилізатор 2 виконаний з вузлом байпасною регулювання нітрозного газу в вихідний трубопровід нітрозного газу, окислювач 3, підігрівач повітря 4, два підігрівачі 5, 6 хвостового газу, холодильники-конденсатори 7, 8, абсорбційну колону 9, колону відбілювання 10, вхід якої по ходу газу з'єднаний з трубопроводом для подання повітря, а її вихід з'єднаний з входом в абсорбційну колону 9. Вихід абсорбційної колони 9 по ходу хвостового газу через перший 6 та другий 5 підігрівачі хвостового газу з'єднаний з, послідовно з'єднаними між собою, реактором каталітичного очищення 11, газотурбінною установкою 12 рекуперації енергії газу і другим котлом-утилізатором (на схемі не показаний). Підігрівач повітря 4 виконаний з вузлом байпасного регулювання нітрозного газу, вхід підігрівача 4 по ходу повітря з'єднаний з трубопроводом подання повітря. вихід повітря з підігрівача з'єднаний із входом в змішувач реактора каталітичного окислювання аміаку 1. Додатковий підігрівач хвостового газу 6 виконаний з організацією протипотоку хвостового та нітрозного газів з виводом кислого конденсату, утвореного з нітрозного газу, в абсорбційну колону 9. Другий підігрівач хвостового газу 5 виконаний з організацією протипотоку хвостового та нітрозного газів і його вихід по ходу хвостового газу з'єднаний з реактором каталітичного очищення 11.

Робота установки пояснюється прикладом №1.

Третій варіант установки.

Поставлена задача вирішується також тим, що установка для виробництва азотної кислоти, яка включає, з'єднані між собою послідовно по ходу нітрозного газу: реактор каталітичного окислювання аміаку, котел утилізатор, виконаний з вузлом байпасного регулювання нітрозного газу в вихідний трубопровід нітрозного газу, окислювач, два підігрівачі хвостового газу, два холодильника-конденсатора, абсорбційну колону, колону відбілювання, вхід якої по ходу газу з'єднаний з трубопроводом для подання повітря, а її вихід з'єднаний з входом в абсорбційну колону; вихід абсорбційної колони по ходу хвостового газу через підігрівачі хвостового газу з'єднаний з, послідовно з'єднаними між собою, реактором каталітичного очищення, газотурбінною установкою рекуперації енергії газу і другим котлом-утилізатором, згідно ? запропонованим винаходом, установка додатково включає підігрівач повітря, установлений між окислювачем та другим підігрівачем хвостового газу і виконаний з вузлом байпасного регулювання нітрозного газу, вхід якого по ходу повітря з'єднаний з трубопроводом подання повітря, вихід повітря з підігрівача з'єднаний із входом в змішувач реактора каталітичного окислювання аміаку; перший підігрівач хвостового газу виконаний з організацією протипотоку хвостового та нітрозного газів з виводом в колону абсорбції кислого конденсату, утвореного з нітрозного газу, і установлений по ходу нітрозного газу між холодильниками-конденсаторами. його вхід по ходу хвостового газу з'єднаний з виходом абсорбційної колони а його вихід з'єднаний з другим підігрівачем хвостового газу.

Запропонована установка забезпечує досягнення високої температури хвостового газу в межах 220-250°C з одночасним зниженням температури нітрозного газу після його охолодження хвостовим газом та водою до 45-55°C. Крім того, запропонована установка забезпечує:

підвищення температури аміачно-повітряної суміші в межах 180-200°C, внаслідок чого підвищується активність платинового каталізатора окислювання аміаку;

підвищення потужності турбокомпресора газотурбінної установки рекуперації тепла внаслідок виключення байпасування частини (25-30%) потоку повітря крім охолоджувача повітря для отримання АПС.

Запропонована установка для виробництва азотної кислоти пояснюється кресленням схеми установки, Фіг.2.

Установка включає, з'єднані між собою послідовно по ходу нітрозного тепла реактор каталітичного окислювання аміаку 1, котел утилізатор 2, виконаний з вузлом байпасного регулювання нітрозного газу в вихідний трубопровід нітрозного газу, окислювач 3, підігрівач повітря 4, другий підігрівач 5 хвостового газу, перший холодильник-конденсатор 6, перший підігрівач хвостового газу 7, другий холодильник-конденсатор 8, абсорбційну колону 9, колону відбілювання 10, вхід якої по ходу газу з'єднаний з трубопроводом для подання повітря, а її вихід з'єднаний з входом в абсорбційну колону 9. Вихід абсорбційної колони 9 по ходу хвостового газу через перший 7 та другий 5 підігрівачі хвостового газу з'єднаний і, послідовно з'єднаними між собою, реактором каталітичного очищення 11, газотурбінною установкою 12 рекуперації енергії газу і другим котлом-утилізатором (на схемі не показаний). Підігрівач повітря 4, виконаний з вузлом байпасного регулювання нітрозного газу, і вихід з нього повітря з'єднаний з входом в змішувач реактора каталітичного окислювання аміаку 1. Перший підігрівач хвостового газу 7 виконаний з організацією протипотоку хвостового та нітрозного газів з виводом кислого конденсату, утвореного з нітрозного газу в колону абсорбції 9. Робота установки пояснюється прикладом 2.

Четвертий варіант установки.

Поставлена задача вирішується тим, що відома установка для виробництва азотної кислоти яка включає, з'єднані між собою послідовно по ходу нітрозного газу: реактор каталітичного окислювання аміаку, котел утилізатор, виконаний з вузлом байпасного регулювання нітрозного газу в вихідний трубопровід нітрозного газу, окислювач, два підігрівачі хвостового газу, два холодильника-конденсатора, абсорбційну колону, колону відбілювання, вхід якої по ходу газу з'єднаний з трубопроводом для подання повітря, а її вихід з'єднаний з входом в абсорбційну колону; вихід абсорбційної колони по ходу хвостового газу через підігрівачі хвостового газу з'єднаний з, послідовно з'єднаними між собою, реактором каталітичного очищення, газотурбінною установкою рекуперації енергії газу і другим котлом-утилізатором, згідно з запропонованим винаходом, установка додатково включає підігрівач хвостового газу, установлений по ходу нітрозного газу між холодильниками конденсаторами, і виконаний з організацією протипотоку хвостового та нітрозного газів і виводом отриманого з нітрозного газу кислого конденсату в колону абсорбції; як підігрівач повітря використовують другий підігрівач хвостового газу, виконаний з вузлом байпасного регулювання нітрозного газу, вхід якого по ходу повітря з'єднаний з трубопроводом подання повітря, вихід повітря з підігрівача з'єднаний із входом в змішувач реактора каталітичного окислювання аміаку; перший підігрівач хвостового газу використовують як другий підігрівач хвостового газу і він виконаний з організацією протипотоку хвостового та нітрозного газів, його вхід по ходу нітрозного газу з'єднаний з виходом нітрозного газу з підігрівача повітря, а його вихід з'єднаний з першим холодильником-конденсатором, його вихід по ходу хвостового газу з'єднаний з реактором каталітичного очищення; вхід додатково встановленого підігрівача хвостового газу по ходу хвостового газу з'єднаний з виходом колони абсорбції, а його вихід з'єднаний з входом другою підігрівача хвостового газу.

Запропонована установка забезпечує досягнення високої температури хвостового газу в межах 220-250°C з одночасним зниженням температури нітрозного газу після його охолодження хвостовим газом та водою до 45-55°C. Крім того, запропонована установка забезпечує:

підвищення температури аміачно-повітряної суміші в межах 180-200°C, внаслідок чого підвищується активність платинового каталізатора окислювання аміаку;

підвищення потужності турбокомпресора газотурбінної установки рекуперації тепла, внаслідок виключення байпасування частини (25-30%) потоку повітря крім охолоджувача повітря для отримання АПС.

Запропонована установка пояснюється кресленням схеми установки, фіг. 2. Установка включає з'єднані між собою послідовно по ходу нітрозного газу: реактор каталітичного окислювання аміаку 1, котел утилізатор 2, виконаний з вузлом байпасного регулювання нітрозного газу в вихідний трубопровід нітрозного газу, окислювач 3, підігрівач повітря 4, другий підігрівач хвостового газу 5, перший холодильник-конденсатор 6, додатковий (перший) підігрівач хвостового газу 7, другий холодильник-конденсатор 8, абсорбційну колону 9, колону відбілювання 10, вхід якої по ходу газу з'єднаний з трубопроводом для подання повітря, а її вихід з'єднаний з входом в абсорбційну колону 9. Вихід абсорбційної колони 9 по ходу хвостового газу через перший 7 та другий 5 підігрівачі хвостового газу з'єднаний з, послідовно з'єднаними між собою, реактором каталітичного очищення 11, газотурбінною установкою 12 рекуперації енергії газу і другим котлом-утилізатором (на схемі не показаний).

Перший підігрівач хвостового газу 7 виконаний з організацією протипотоку хвостового та нітрозного газів і виводом кислоти утвореної з хвостового газу в абсорбційну колону-9.

Холодильники-конденсатори 6,8 виконані з виводом утвореного з нітрозного газу кислого конденсату в колону абсорбції 9.

Підігрівач повітря 4 виконаний з вузлом байпасного регулювання нітрозного газу, вхід якої по ходу повітря з'єднаний з трубопроводом подання повітря, вихід повітря з підігрівача з'єднаний із входом в змішувач реактора каталітичного окислювання аміаку 1.

Робота установки пояснюється прикладом №2. Приклад №1. В реактор каталітичного окислювання 1 подають аміак, попередньо змішаний в змішувачі з повітрям, що виходить з підігрівача повітря 4 з температурою 200°C. В результаті реакції каталітичного окислювання аміаку на платинових каталізаторних сітках при температурі 890-910°C утворюється нітрозний газ з концентрацією оксидів азота 9,6 %об. Нітрозний газ поступає в котел-утилізатор, де віддає своє тепло на виробництво пари, звідки нітрозний газ поступає в окислювач 3, де доокислюється і далі поступає в підігрівач повітря 4, де охолоджується повітрям до температури 270-290°C, другий підігрівач хвостового газу 5, де охолоджується до температури 210-240°C, перший підігрівач хвостового газу 6, де охолоджується до температури 140-145°C, холодильники-конденсатори 7,8. Далі нітрозний газ, охолоджений до температури 45-50°C поступає на стадію абсорбції в колону абсорбції 9, звідки утворений розчин азотної кислоти поступає в колону відбілювання 10, куди також подають повітря. Повітря з колони відбілювання 10 повертають в колону абсорбції 9. Утворена в результаті конденсації нітрозного газу в холодильниках-конденсаторах 7,8 та нітрозного газу в першому підігрівачі хвостового газу 6 азотна кислота (кислий конденсат) поступає в колону абсорбції 9. Азотну кислоту з концентрацією 60%мас з колони 10 відводять на склад готової продукції.

Хвостовий газ, що виходить з колони абсорбції 9 з температурою 35°C проходить через підігрівачі хвостового газу 6,5, де нагрівається нітрозним газом до температури 140-150°C в першому підігрівачі 6 і до температури 220-270°C - в другому підігрівачі 5. Далі хвостовий газ поступає в реактор каталітичного очищення 11, де на низькотемпературному алюмованадієвому каталізаторі ABK-10M здійснюється відновлення оксидів азота

аміаком, який також подають в реактор 11. Концентрація оксидів азота в газі, що виходить після реактора 11, $\approx 0,005\%$ об. З реактора 11 газ поступає в установку рекуперації енергії 12.

Температуру повітря в підігрівачі повітря 4, нітрозного газу, що виходить з підігрівача повітря 4, та хвостового газу на виході з підігрівача 5 регулюють кількістю та температурою нітрозного с газу, що виходить по байпасному трубопроводу з підігрівача повітря 4.

Приклад №2. Здійснюють так, як наведено в прикладі 1, тільки нітрозний газ після його охолодження в підігрівачі хвостового газу 5 спочатку охолоджують водою в холодильнику-конденсаторі 6, потім охолоджують хвостовим газом в підігрівачі 7, а далі охолоджують водою в холодильнику-конденсаторі 8 до температури 45-50°C. Хвостовий газ з колони абсорбції 9 спочатку нагрівають нітрозним газом в першому підігрівачі хвостового газу 7, а далі - в другому підігрівачі хвостового газу 5. Температура хвостового газу на виході з підігрівача 5 - 220-250°C.

Джерела інформації:

1. Справочник азотчика, под общей редакцией Е.Я.Мельникова. Производство азотной кислоты. М. Химия. 1987г., с.66-70.
2. Производство азотной кислоты, под редакцией В.М.Олевского. М. Химия. 1985г., с.94-98.
3. Постоянный технологический регламент №96 производства неконцентрированной азотной кислоты под давлением 0,73Мпа, утв.25.12.95г., г.Свердловск, с.10-29, с изменениями 2, утв.27.09.01г., с.1-33.

