

РЕФЕРАТ

Бакалаврська робота на тему:

«Установка ректифікації суміші метанол – вода продуктивністю 2,5 т/год. по дистиляту з розробкою кип'ятильника».

Ключові слова: ректифікація, колона, кип'ятильник, контактні пристрої, тарелка, отвори.

Дипломна робота: Листів – ____, ілюстрацій – ____, таблиць – ____, посилань – ____.

Об'єкт дослідження – основне обладнання (колона та кип'ятильник) установки ректифікації суміші метанол-вода. Ціль роботи – розробка колони та кип'ятильника в установці ректифікації.

В роботі для суміші метанол-вода розроблені колона та кип'ятильник:

- визначені основні розміри апаратів;
- проведені розрахунки кип'ятильника на міцність;
- розглянуті питання техніки безпеки;

Зміст

Перелік умовних позначень

Вступ

1. Аналітичний огляд(перегонка рідини, апаратне оформлення процесів перегонки рідини, тощо).....
2. Опис технологічної схеми та конструкції колони, кип'ятильника.
3. Конструкційні матеріали для виготовлення кип'ятильника.
4. Визначення основних розмірів колони та кип'ятильника.
5. Розрахунки на міцність елементів заданого апарата.
6. Технологія виготовлення кип'ятильника.
7. Ремонт кип'ятильника
8. Техніка безпеки.

Висновки

Список літератури

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- B – ширина, м;
- C_p – масова теплоємність за сталого тиску, Дж/(кг·град);
- D – діаметр, м;
- d – діаметр штуцера, м;
- F – поверхня контакту, м;
- K – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·град);
- t – температура °С;
- w – швидкість потоку рідини, м/с;
- ω – кутова швидкість
- Q – тепловий потік, Вт;
- m – витрата речовини, кг/с;
- c – теплоємність речовини (питома), Дж/(кг·К);
- G_w – продуктивність кубового залишку, кг/год;
- G_p – продуктивність по дистилляту, кг/год;
- G_F – продуктивність повихідній суміші, кг/год;
- M_A, M_B – молярна маса компонента, кг/кмоль;
- R_{\min} – мінімальне флегмове число;
- K_R – коефіцієнт надлишку флегми;
- R – дійсне флегмове число;
- r – питома теплота пароутворення;
- H – висота середовища в апараті, м;
- g – прискорення вільного падіння, м/с²;
- P – розрахунковий тиск, МПа;
- P_k – тиск у сосуді під час дії запобіжного клапана, МПа;
- P_T – гідростатичний тиск, МПа;
- f – коефіцієнт міцности зварених швів;
- C – прибавка до розрахункової товщини, мм;
- Π – швидкість проникнення корозії, мм/рік;

S_1 – виконавча товщина стінки днища, мм;

S_{1p} – розрахункова товщина стінки днища, мм;

C_3 – прибавка для компенсації корозії, мм;

W_y – швидкість пару, м/с;

W_ϕ – швидкість руху потоку, м/с

V_ϕ – об'ємна продуктивність потоку, м³/с;

Вступ

Ректифікація - розділення рідких однорідних сумішей на складові речовини або групи складових у результаті проти точного взаємодії парової суміші та рідкої суміші. За способом проведення розрізняють - безперервну й періодичну ректифікацію. Основні області промислового застосування ректифікації – одержання окремих фракцій і індивідуальних вуглеводнів з нафтової сировини в нафтопереробній і нафтохімічній промисловості, окисі етилену, акрилонитрилу, акрилхлорсиланів - у хімічній промисловості. Ректифікація широко використовується й в інших галузях народного господарства: коксохімічної, лісохімічної, харчовий, хіміко-фармацевтичної промисловостях.

Ректифікація, як і інші процеси масопередавання, протікає на поверхні розділу фаз, тому апарати для ректифікації та апарати супутники, Такі як дефлегматори, холодильники, кип'ятильники, підігрівачі повинні забезпечувати розвинену поверхню контакту між паровою й рідкою фазою.

В дипломній роботі розроблені тарілчаста колона та кип'ятильник установки ректифікації суміші метанол - вода продуктивністю 2,5 т/рік по дистилляту.

1. Аналітичний огляд

Перегонка, ректифікація

Одним з найпоширеніших методів розділення рідких однорідних сумішей, що складаються з двох або більшої кількості літучих компонентів, є перегонка (дистиляція і ректифікація).

Перегонка – це процес, що передбачає часткове випаровування суміші, що розділяється, і подальшу конденсацію пари, що утворюється. Може здійснюватися одноразово або багато разів. У результаті конденсації одержують рідину, склад якої відрізняється від складу початкової суміші.

Якщо би початкова суміш складалася з леткого або нелеткого компонентів, то її можна було б розділити на компоненти шляхом випарювання. Перегонкою розділяють суміші, всі компоненти яких леткі, тобто мають значний, хоча і різний тиск пари. Розділення перегонкою засновано на різній леткості компонентів суміші за однакової температури. Тому при перегонці всі компоненти суміші переходять в пароподібний стан в кількостях, пропорційних їх фугітивності (леткості).

У спрощеному випадку початкова суміш є бінарною, тобто складається тільки з двох компонентів. Отримана під час перегонки пара містить відносно більшу кількість легколеткого (ЛЛК) або низькокиплячого (НКК) компоненту, ніж початкова суміш. Отже, під час перегонки рідка фаза збіднюється, а парова фаза збагачується ЛЛК. Рідина, що не випарувалася, має склад, багатший на важколеткий (ВЛК), або висококиплячий (ВКК) компоненти.

Ця рідина називається залишком, а рідина, отримана в результаті конденсації пари – дистилятом, або ректифікатом.

Ступінь збагачення парової фази ЛЛК за інших рівних умов залежить від виду перегонки. Існують два принципово відмінні види перегонки: 1) проста перегонка (дистиляція) і 2) ректифікація.

Проста перегонка є процесом одноразового часткового випаровування рідкої суміші і конденсації пари, що утворюється. Проста перегонка застосовується тільки для розділення сумішей, леткість компонентів якої істотно відрізняється, тобто відношення леткості (відносна леткість) компонентів значна. Її використовують лише для попереднього грубого розділення рідких сумішей, а також для очищення складних сумішей від небажаних домішок, смол і т.п. Відомі декілька різновидів простої перегонки, що розглядатимуться нижче.

Повніше розділення рідких сумішей на компоненти досягається шляхом ректифікації.

Ректифікація – процес розділення гомогенних сумішей летких рідин двостороннім масо- і теплообміном між нерівноважними рідкою і паровою фазами, що мають різну температуру і рухаються назустріч один одному. Розділення здійснюється в колонних апаратах при багатократному або безперервному контакті фаз. При кожному контакті з рідини випаровується переважно ЛЛК, яким збагачується пара, а з парової фази конденсується переважно ВЛК, що переходить в рідину. Обмін компонентами між фазами дає змогу отримати пару, яка є майже чистим ЛЛК. Ця пара, що виходить з верхньої частини колони, після конденсації в окремому апараті розділяється на *надистилят*, або *ректифікат* (верхній продукт) і *флегму* – рідину, що повертається для зрошування колони і взаємодії з паром, яка підіймається по колоні. Знизу колони відділяється рідина, що є майже чистим ВЛК, – *залишок* (нижній продукт). Частину залишку випаровують в нижній частині колони для отримання висхідного потоку пари.

Широко поширений в промисловості процес ректифікації, що проводиться періодичним методом в умовах постійного флегмового числа. Цей процес для малотоннажних виробництв має перевагу навіть в порівнянні з процесом безперервної ректифікації. Воно полягає в тому, що розділення суміші з будь-якого числа компонентів можливо за допомогою одного апарату ректифікації.

Проте чітка ректифікація засобом, що розглядався, за один прийом в більшості випадків нездійснена. Для досягнення бажаної чіткості розділення використовують технологічний прийом, що отримав назву фракційної ректифікації.

Суть цього процесу полягає в наступному (рис. 2).

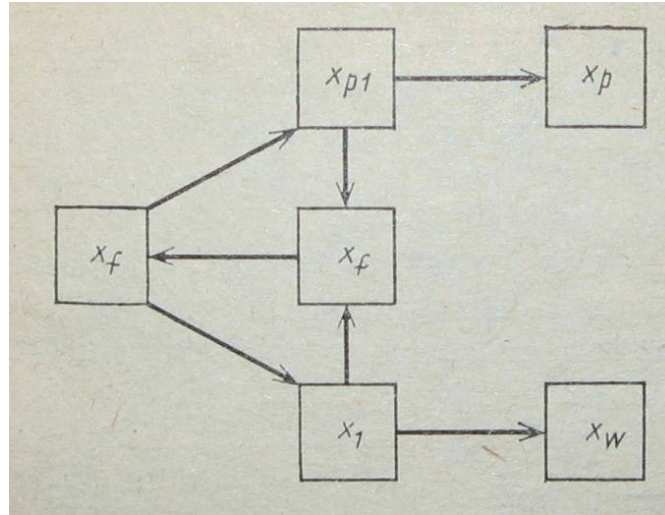


Рис. 1.1. Схема фракційної ректифікації.

Якщо суміш початкового складу x_f має бути розділена на дистилят x_p і залишок x_w , причому за один прийом розділення здійснити неможливо, ректифікацію проводять таким чином. З первинного завантаження рідини складу x_f в результаті ректифікації отримують першу фракцію складу x_p і залишок складу x_1 . Далі залишок піддають ректифікації і отримують дистилят складу x_f , а в залишку — кінцевий продукт складу x_w . Першу фракцію знов завантажують в куб і в результаті ректифікації отримують дистилят кінцевого складу x_p і залишок складу x_f . Цей залишок і дистилят, що має склад, додають до наступної партії початкової суміші, що направляється на ректифікацію. Таким чином забезпечується розділення початкової суміші з необхідною чіткістю.

Зрозуміло, що схема, приведена на рис. 2, повинна розглядуватися лише як приклад, що характеризує принцип фракційної ректифікації. Для кожного конкретного випадку ці схеми мають бути змінені відповідно найбільш вигідним концентраціям проміжних фракцій.

Установки ректифікацій, що безперервно діють, залежно від призначення працюють по різних схемах:

1) установки для ректифікації початкової суміші на два складники в апараті, що забезпечує як зміцнення, так і вичерпання летючого компоненту; 2) установки для екстрактної і азеотропної ректифікації; 3) установки для ректифікації багатокомпонентних сумішей.

Установка для розділення початкової суміші на два складники приведені на рис. 3.

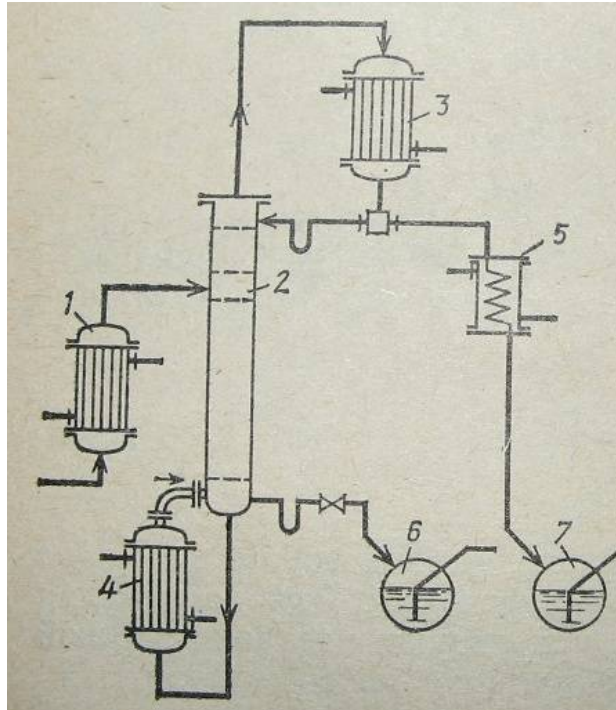


Рис. 1.2. Принципова схема установки ректифікації безперервної дії:

- 1 — підігрівач; 2 — колона ректифікації; 3 — дефлегматор;
4 — кип'ятильник; 5 — холодильник; 5 — сборник кубового залишку;
7 — сборник дистилляту

Початкова суміш поступає в підігрівач 1, де її температура підвищується за рахунок тепла гріючої водяної пари до температури кипіння. Нагріта суміш поступає в живлячу секцію колони ректифікації 2, приєднуючись до зрошування, яке забезпечується конденсацією пари в дефлегматорі 3.

Необхідне для проведення ректифікації багатокомпонентний випар рідини здійснюється в кип'ятильнику 4. У дефлегматорі 3 відбувається повна конденсація пари. З дільника потоку частка дистилляту, що відповідає флегмі, повертається в колону, а решта частки проходить через холодильник 5 і прямує в збірку 7. Менш

летка частка початкової суміші безперервно відбирається з нижньої частки апарату ректифікації і поступає в збірку 6.

У схемі, що розглядалася, не враховується можливість раціонального використання тепла. Практично тепло потоків, що відходять, можна використовувати для нагрівання тих, що входять, і зокрема, нагрівати початкову суміш за рахунок тепла рідини, що віддається з нижньої частини колони.

Живлення апарату ректифікації флегмою окрім способу, показаного на рис. 3, можливо і іншими способами, показаними на рис. 4.

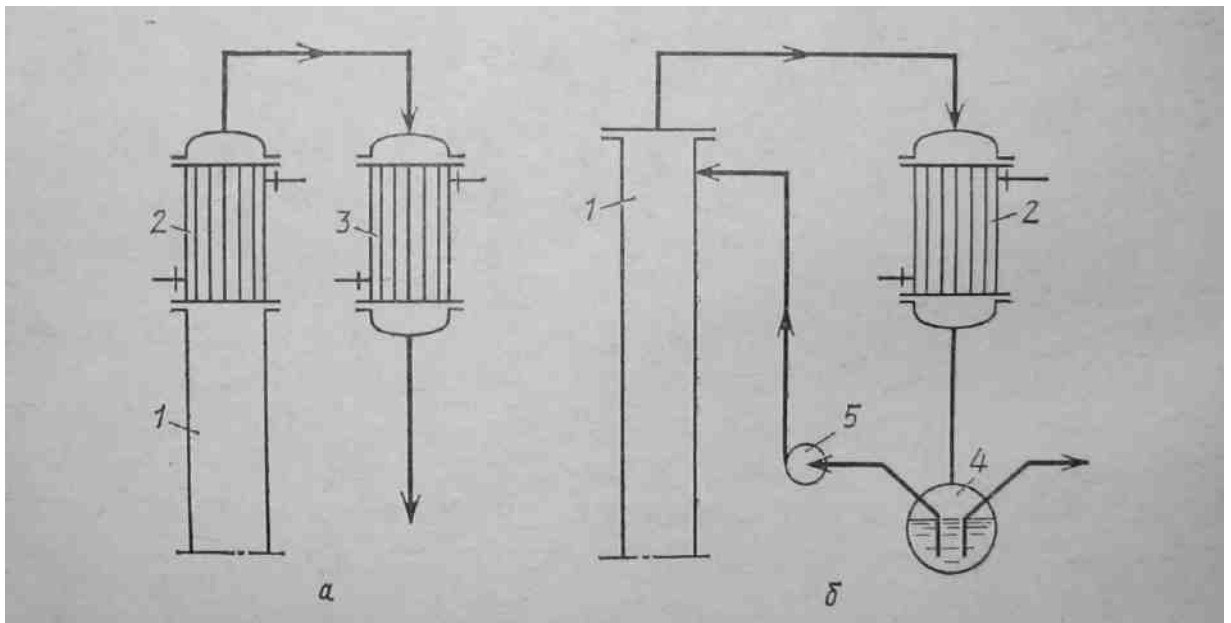


Рис. 1.3. Способи живлення апарату ректифікації флегмою:

а — при частковій конденсації пари; б — при повній конденсації пари; 1 — колона ректифікації; 2 — конденсатор; 3 — холодильник-конденсатор; 4 — збірник; 5 — насос.

У першому випадку (рис. 4, а) безпосередньо над апаратом ректифікації монтують дефлегматор 2, що здійснює часткову конденсацію пари, що виходить, і повернення отриманого конденсату в апарат 1. Частина пари, по кількості відповідна дистилату, проходить через холодильник-конденсатор 3 і у вигляді рідини прямує в збірники.

У другому випадку (рис. 4, б) що виходять з апарату 1 пари повністю конденсуються в конденсаторі 2, весь конденсат (дистилат) збирається в збірнику 4. Частина дистилату, необхідна для зрошування апарату 1,

перекачується в нього насосом 5. Решта кількості дистилляту прямує із збірника 4 або на подальшу переробку, або в ємкості готового продукту.

Слід зазначити, що останній спосіб живлення апарату ректифікації флегмою має значні переваги перед іншими, особливо в багатотоннажних виробництвах.

Апарати, призначені для проведення процесів абсорбції і ректифікації, називають відповідно абсорберами і колонами ректифікацій. Залежно від способу створення поверхні фазового контакту ці апарати можна підрозділити на три основні групи:

а) апарати, в яких поверхнею фазового контакту є поверхня рідини, що розтікається по спеціальній насадці;

б) апарати, в яких поверхня фазового контакту створюється потоками газу (пара) і рідини;

в) апарати, в яких поверхня фазового контакту створюється шляхом розбризкування рідини.

Апарати, в яких поверхнею фазового контакту є поверхня рідини, що розтікається по насадці. До апаратів цього типу відносяться плівкові апарати і апарати із змоченою насадкою.

Плівкові апарати виконують переважно у вигляді листової (плоско-паралельною) насадки, а в деяких випадках у вигляді трубчастих теплообмінників.

Теплообмінні апарати

Процеси теплообміну – нагрів, охолодження, конденсація і випарювання рідких, газових, парових середовищ та їх сумішей – знаходять широке розповсюдження в хімічній, нафтохімічній, нафтопереробній, харчовій та інших галузях промисловості.

Апарати, призначені для проведення теплообмінних процесів, називають теплообмінними. Ці апарати мають різноманітне конструктивне оформлення, яке залежить від характеру процесів, котрі протікають в них та умов їхнього проведення. Умови проведення процесів теплообміну в промислових апаратах

надзвичайно різноманітні. Їх застосовують для робочих середовищ із різним агрегатним станом у широкому діапазоні тисків, температур та фізико-хімічних властивостей.

Передача тепла в теплообмінних апаратах здійснюється від середовища, що має більш високу температуру, до середовища з більш низькою температурою. Рушійною силою процесу теплообміну є різниця температур середовищ.

Вимоги, що пред'являються до теплообмінних апаратів

Враховуючи широкий діапазон тисків та температур робочих середовищ, а також різноманітність їхніх властивостей, до сучасних теплообмінних апаратів пред'являються такі основні вимоги:

- конструкція апарата має бути технологічною, надійною протягом передбаченого технічною документацією строку служби, забезпечувати безпеку при виготовленні, монтажу та експлуатації, передбачати можливість огляду (у тому числі внутрішньої поверхні), очистки, промивки, продувки та ремонту, а також забезпечувати можливість термообробки, передбаченої креслеником;

- застосування конкретного типорозміру апарата повинно забезпечувати передачу потрібної кількості тепла від одного середовища до іншого з отриманням необхідних кінцевих температур кожного робочого середовища при заданому рівні гідравлічних опорів.

Класифікація теплообмінних апаратів

Теплообмінні апарати класифікуються за такими основними ознаками:

- за конструкцією – апарати з поверхнею теплообміну, виготовлюваною з труб (кожухотрубчасті, “труба в трубі”, зрошувальні, повітряного охолодження, занурювальні змійовикові); апарати, поверхня теплообміну яких виконується з листового прокату (пластинчасті, спіральні) та апарати, виготовлені з неметалевих матеріалів;

- за призначенням – теплообмінники, холодильники, конденсатори та випарники;

– за взаємним напрямом робочих середовищ – прямотечийні, протитечійні та змішаного току.

Кожухотрубчасті теплообмінні апарати класифікуються таким чином:

– за призначенням – теплообмінники (Т), холодильники (Х), конденсатори (К) та випарники (И);

– за конструкцією – апарати з нерухомими трубними решітками (тип Н), температурним компенсатором на кожусі (тип К), з розширником на кожусі (з нерухомими трубними решітками і температурним компенсатором на кожусі), з плаваючою головкою (тип П), U-подібними трубами (тип У) та для підвищених тисків і температур (тип ПК);

– за розташуванням у просторі – вертикальні (В) і горизонтальні (Г);

– за числом ходів у трубному просторі – одноходові та багатходові;

– за компонованням – одинарні та здвоєні;

– за матеріальним виконанням – основні вузли і деталі з вуглецевої, низьколегованої, корозійностійкої сталі, латуні та титану.

Кожухотрубчасті теплообмінні апарати з нерухомими трубними решітками та температурним компенсатором на кожусі

Кожухотрубчасті теплообмінні апарати з нерухомими трубними решітками є найпростішими за конструкцією, достатньо зручними при експлуатації та ремонті (можлива механічна очистка внутрішньої поверхні та заміна пошкоджених труб). Проте їх застосування обмежується порівняно невеликою різницею температур кожуха та теплообмінних труб (до 30-60 °С), а також неможливістю механічної очистки зовнішньої поверхні труб. Кожухотрубчасті теплообмінні апарати з температурним (лінзовим) компенсатором на кожусі застосовуються при більш високих різницях температур, але при цьому знижується умовний тиск у міжтрубному просторі та декілька ускладнюється конструкція апарата.

Теплообмінні апарати з нерухомими трубними решітками та температурним компенсатором на кожусі виготовляються із зовнішнім діаметром кожуха 159,

273, 325, 426, 630 мм і внутрішнім діаметром кожуха 400, 600, 800, 1000 та 1200 мм за технічними умовами [11].

Кожухотрубчасті теплообмінники типів ТН і ТК застосовуються для теплообмінювальних середовищ з температурою від мінус 70 до плюс 350 °С.

Апарати типу ТН діаметром 400 і 600 мм застосовуються на умовний тиск в трубах та кожусі 1,6; 2,5 і 4,0 МПа, діаметром 800 мм – на тиск 1,0; 1,6; 2,5 і 4,0 МПа, діаметром 1000 мм – на тиск 0,6; 1,0; 1,6; 2,5 і 4,0 МПа, діаметром 1200 мм – на тиск 0,6; 1,0; 1,6 і 2,5 МПа.

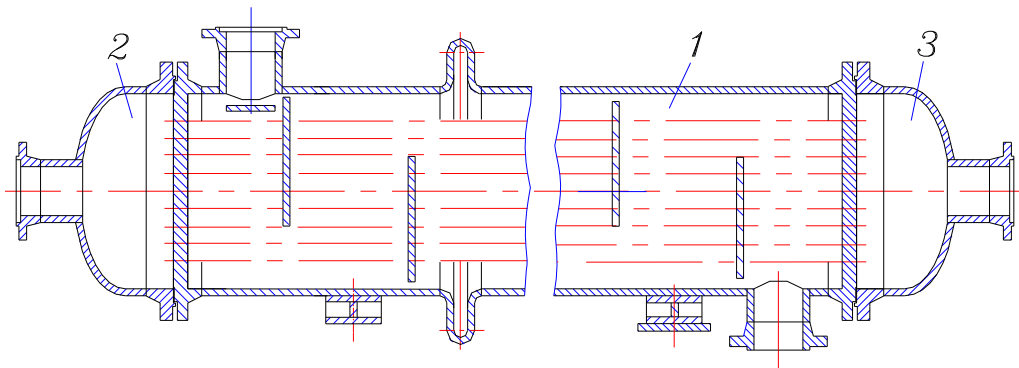
Апарати типу ТК діаметром 400 і 600 мм застосовуються для теплообмінювальних середовищ на умовний тиск в трубах та кожусі 1,6 МПа, діаметром 800 мм – на тиск 1,0 і 1,6 МПа, діаметром 1000 і 1200 мм – на тиск 0,6; 1,0 і 1,6 МПа.

Конструкції кожухотрубчастих теплообмінників з нерухомими трубними решітками та температурним компенсатором на кожусі

Кожухотрубчасті теплообмінники з нерухомими трубними решітками та апарати з температурним компенсатором на кожусі горизонтальні (рисунки 1.1, 1.3) і вертикальні (рисунки 1.2, 1.4) складаються з трубного пучка 1, розподільної камери 2 та кришки 3 (для багатоходових по трубному простору апаратів), які з'єднуються між собою за допомогою фланців. Апарати обладнуються штуцерами для підведення та відведення робочих середовищ, нарізними пробками або штуцерами для спорожнення трубного та міжтрубного просторів, а також штуцерами-повітряниками, які встановлюються в нижніх та верхніх точках відповідних порожнин. Штуцери для введення та виведення середовищ повинні мати відповідні фланці (на рисунках не показані). Апарати з температурним компенсатором на кожусі обладнуються лінзовим компенсатором, призначеним для зниження температурних напружин, що виникають в трубах та кожусі в робочих умовах. Горизонтальні апарати встановлюються на сідлових опорах, одна з яких нерухома, а друга – рухома (ковзна). Вертикальні апарати встановлюються на опорних лапах.

Для виготовлення окремих вузлів та деталей кожухотрубчастих теплообмінників застосовуються різні марки вуглецевих, низьколегованих, корозійностійких сталей, двошарові сталі, титан та кольорові метали (латунні теплообмінні труби). Вибір матеріалу залежить від розрахункових тисків та температур, а також від корозійних властивостей робочих середовищ у відповідних порожнинах теплообмінників.

При роботі кожухотрубчастих теплообмінників типів ТН і ТК в їхніх елементах виникають температурні напружини, обумовлені різними температурами і коефіцієнтами лінійного розширення матеріалів труб та кожуха, що обмежує галузь їхнього застосування.



6 Рис 1.4 – Кожухотрубчастий теплообмінник з нерухомими трубними решітками та температурним компенсатором на кожусі горизонтальний одноходовий по трубам

2. Опис технологічної схеми та конструкції колони, кип'ятильника

2.1 Технологічна схема

Початкову суміш з проміжної ємкості $\epsilon 1$ центробежним насосом $H 2$ подають в підігрівач Π , де вона підігрівається до температури кипіння. Нагріта суміш поступає на розділення в ректифікаційну колону KP на розподільну тарілку, де склад рідини дорівнює складу початкової суміші x_F . Стікаючи вниз по колоні, рідина взаємодіє з паром, що піднімається вгору, яка утворюється при кипінні кубової рідини в кип'ятильнику K .

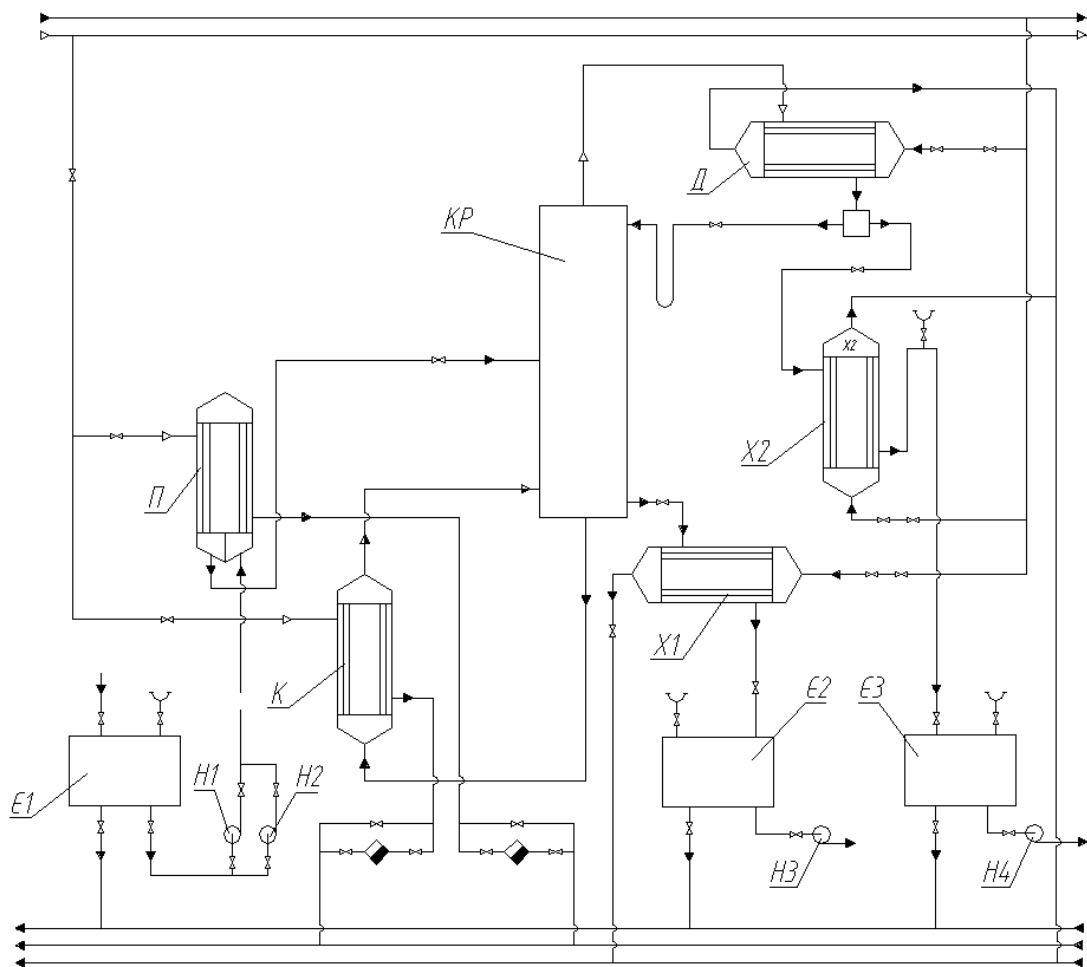


Рис. 2.1 Схема безперервно діючої ректифікаційної установки

Начальний склад пари приблизно дорівнює складу кубового залишку x_W , тобто збіднений легко летким компонентом. Для повнішого збагачення верхню частину колони зрошують відповідно до заданого флегмового числа рідиною (флегмою) складу x_p , що отримується в дефлегматоре D шляхом конденсації пари, що виходить з колони. Частина конденсату виводиться з

дефлегматора у вигляді готового продукту розділення – дистилату, який охолоджується в холодильнику X2 і прямує в проміжну ємність Є3.

З кубової частини колони безперервно виводиться кубова рідина – продукт збагачений труднолетучим компонентом, який охолоджується в холодильнику X1 і прямує в ємність Є2.

Таким чином, в ректифікаційній колоні відбувається безперервний нерівноважний процес розділення початкової бінарної суміші на дистилат і кубовий залишок.

Колона (рисунок 2.2) призначена для розділення рідких сумішей, складові яких мають різну температуру кипіння. Класична колона є вертикальний циліндр з контактними пристроями всередині.

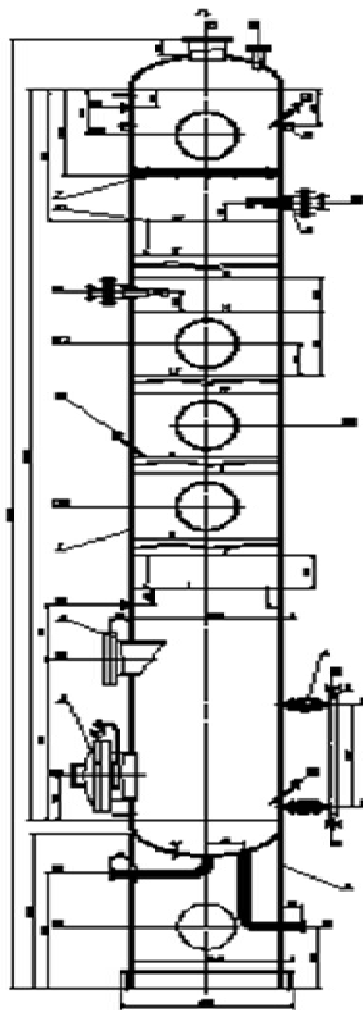


Рисунок 2.2 – Колона ректифікації

Колона ректифікації складається з корпусу, люка, пристрою вводу, вентиля, колонки рівнеміру, опори, відбійника сітчастого, штуцера входу пари, цапфи та тарілок. Колона працює наступним чином:

Пароподібна суміш надходить в колону з випарної ємності проходячи через насадки, після конденсується в дистиляторі і частина конденсату надходить назад до ректифікаційної частини установки. Цей конденсат називають флегмою. Тому в ректифікаційній зоні виникає протитечія рідини і парів, вони зустрічаються на насадках елементів апарату, де і відбувається ректифікація, пар нагріває насадки і на них виникає первинне, вторинне, третинне випаровування і конденсація. Але частину суміші відбирають в дистилятор, 2 частини повертають назад. Флегма, вступаючи в ректифікаційну частину колони, також захоплює і скидає назад в випарну ємність.

Даний апарат є кожухотрубчастим випарником у відповідності з ГОСТ 15119-79. У кожухотрубних випарниках в трубному просторі кипить рідина, а в міжтрубному просторі може бути рідкий, газоподібний, пароподібний, парогазовий або паро рідинний теплоносій. Він призначений для підігріву вихідної суміші. Потік пари в нижній частині колони найчастіше створюється в виносному кип'ятильнику з паровим простором, що обігрівається водяною парою чи будь-яким іншим теплоносієм (наприклад, гарячим нафтопродуктом). Залишок з колони направляється в кип'ятильник, де він частково випаровується. Пари з кип'ятильника повертаються в колону під нижню тарілку, а відпарений залишок виводиться з кип'ятильника.

Кип'ятильник зображено на рисунку 2.3.

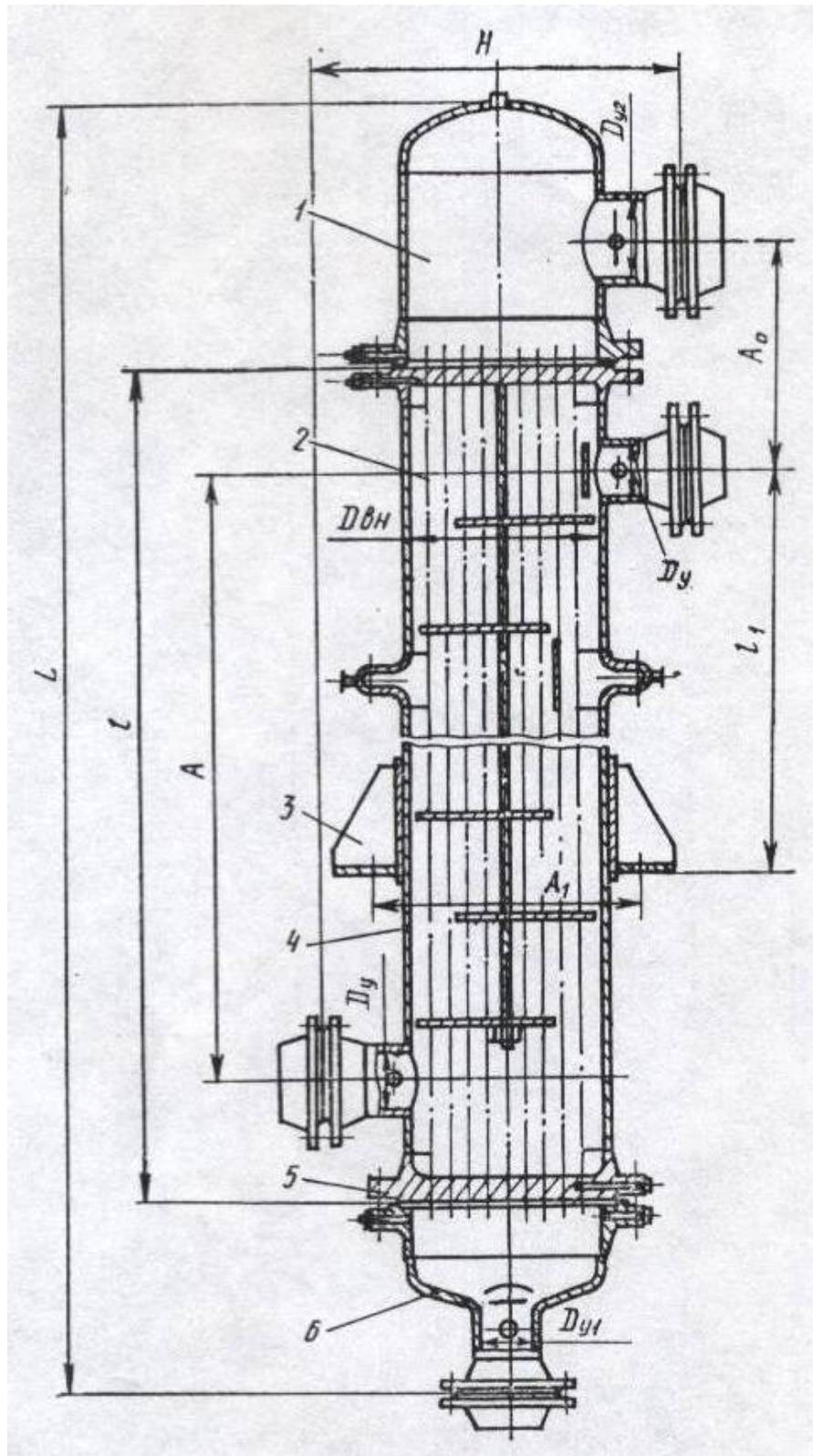


Рисунок 2.3 – Вертикальний випарник з температурним компенсатором на кожусі.

1-розподільна камера, 2-теплообмінна труба, 3-опора, 4-кожух, 5-трубна решітка, 6-кришка

3. Конструкційні матеріали для виготовлення кип'ятильника

При виборі і створенні теплообмінної апаратури необхідно враховувати такі важливі чинники, як теплове навантаження апарату, температурні умови процесу, фізико-хімічні параметри робочих середовищ, умови теплообміну, характер гідравлічних опорів, його корозійну стійкість та термін експлуатації.

Хімічні продукти в тій чи іншій мірі завжди викликають корозію матеріалу апарату, тому для виготовлення їх застосовуються різні метали (залізо, чавун, алюміній) і їх сплави. Найбільше застосування знаходять сталі. Завдяки здатності змінювати свої властивості залежно від складу, можливості термічної і механічної обробки сталі з низьким змістом вуглецю добре штампуються, але погано обробляються різанням. Добавки інших металів - легуючих елементів - покращують якість сталей і додають їм особливі властивості (наприклад, хром покращує механічні властивості, зносостійкість і корозійну стійкість; нікель підвищує міцність, пластичність; кремній збільшує жаростійкість)

В даній роботі обираємо сталь 20 для трубної решітки, самих теплообмінних труб, для фланців штуцерів трубного простору, для шпильок та гайок кріплень апаратних штуцерів трубного простору, так як саме ця сталь забезпечує всі вимоги, які наведені вище.

Застосування сталі 20

Сталь 20 застосовується в зварних конструкціях труб перегрівачів, колекторів та трубопроводів котлів високого тиску, листи для штампованих деталей, цементуємі деталі для тривалої і досить тривалої служби при температурах до 350 град.

Клас: Сталь конструкційна вуглецева якісна

Хімічний склад сталі: С до 0,24%, Si до 0,37%, Mn до 0,65%, Ni до 0,25%,

S до 0,04%, P до 0,04%, Cr до 0,24%, Cr до 0,25%, Cu до 0,25%, As до 0,08%

Фізичні властивості сталі 20

Густина $7,8 \cdot 10^3$ кг/м³.

Теплопровідність - $0,116 \cdot 10^2$ Вт/(м · К) при 100 °С.

Питомий електроопір - $0,486 \cdot 10^6$ Ом*м при 100 °С.

Питома теплоємність - $0,504 \cdot 10^3$, Дж/(кг · К) при 100 °С.

Модуль пружності - $20,3 \cdot 10^4$ Н/мм² при 100 °С.

Технологічні параметри сталі 20

Стали технологічні при операціях, пов'язаних з гарячою пластичною деформацією; інтервал гарячої деформації сталей 1200-850 ° С; для плавок, що містять 5-ферит, рекомендується деяке зниження температури початку деформації. Всі сталі допускають високі ступеня холодної пластичної деформації.

Зварювання сталі 20

Сталь добре зварюється за допомогою ручної і автоматичної електродугової і газоелектричним зварюванням. Для ручного дугового зварювання сталей 20, 10 (08) рекомендується використовувати електроди НИАТ-1, ЕА-400 / 10У і НЖ-13; для автоматичного зварювання - дріт Св-04Х19Н11 і Св-06Х19Н10МЗТ в поєднанні з флюсами АН-26, АНФ-14, АНФ-6. Для автоматичного дугового зварювання або зварювання під флюсом сталі 20 рекомендується використовувати присадний матеріал у вигляді дроту Св-01Х19Н18Г10АМ4, а для ручного дугового зварювання - електроди ОЗЛ-20, АНВ-17, АНВ-18 і АНВ-20.

Для кожуха кип'ятильника ми вибираємо Сталь 10

Сталь марки 10 найбільш поширена, відноситься до вуглецевої сталі для виробництва різноманітного конструкційний матеріал. З цього виду матеріалу виробляється найбільша кількість видів конструкцій і матеріалів.

У своєму складі Ст 10 сталь містить нікель, сірку, азот, хром, вуглець, миш'як, фосфор. Процентне співвідношення кожного з цих речовин у складі стали менше 1%.

Варто відзначити, що міцність ст10 залежить від кількості вуглецю в складі. Марка стали ст10 містить 0,07-0,14% вуглецю, а при 0,5% без використання спеціальних добавок, сталь не зварюється.

Питома вага матеріалу марки стали 10 дорівнює 7,86 г / см³. Зберігає свої властивості і якість при температурній розтяжці від -40 - +475 градусів. Щоб поліпшити якість стали використовують раскислители, які об'єднують кисень.

Сталь ст10 проводиться спокійною (сталь СтЗсп), напівспокійну (сталь стЗпс) і киплячій (сталь СтЗкп). Сталь гост ст10пс виробляються конструкції і матеріали для використання в будівництві.

Застосування

Вуглецеві сталі 10 стандартної якості призначені для різних типів виготовлення матеріалів при температурі рівній від -40 до +475, можуть бути виготовлені будь-які деталі і конструкції.

Виготовляються такі вироби, як арматура, балки, листи, трубопровідна арматура, сітка, труби, куточки, швелера, шестигранники і багато іншого.

Форма, яка використовується у виробництві:

- Сталева смуга;

- Сталевий круг;
- Сталевий квадрат.

Сталь третього класу достатньо міцна, витримує важкі навантаження і відносно недорога, завдяки широко поширеним елементам складу сплаву. Використовується для несучих елементів конструкцій, стійка до корозії, нехрупкій, зварювання можлива без рамок обмежень і особливих перешкод.

Для фланців штуцерів міжтрубного простору, шпильок та гайок фланцевих з'єднань штуцерів міжтрубного простору ми вибираємо Сталь 20.

Сталь конструкційна вуглецева якісна за видами обробки поставляється як ковани, калібрований, гарячекатана і сребрянка (кругла, із спеціальною обробкою).

Хімічний склад Сталі 20

До складу сплаву входять: вуглець (C) - 0,17-0,24%, кремній (Si) - 0,17-0,37%, марганець (Mn) - 0,35-0,65%; вміст міді (Cu) і нікелю (Ni) допускається не більше 0,25%, миш'яку (As) - не більше 0,08%, сірки (S) - не більше 0,4%, фосфору (P) - 0,035%.

Структура Сталі 20 являє собою суміш перліту і фериту. Термічна обробка Сталі 20 дозволяє отримувати структуру рейкового (пакетного) мартенситу. При таких структурних перетвореннях міцність зростає, і пластичність зменшується. Після термічного зміцнення прокат зі сталі 20 можна використовувати для виготовлення металевої продукції.

Застосування

Сталь 20 застосовують для виробництва малонавантажених деталей (пальці, осі, копіри, упори, шестерні), цементуємих деталей для тривалої і дуже тривалої служби (експлуатація при температурі не вище 350 ° C), тонких деталей, що працюють на стирання. Сталь 20 без термічної обробки або після нормалізації використовується для виробництва гаків кранів, вкладишів

підшипників і інших деталей для експлуатації під тиском в температурному діапазоні від -40 до 450 ° С. Сталь 20 після хіміко-термічної обробки йде на виробництво деталей, яким потрібна висока поверхнева міцність (черв'яки, черв'ячні пари, шестерні). Широко застосовують ст20 для виробництва трубопровідної арматури, труб, призначених для паропроводів з критичними і надкритичними параметрами пара, безшовних труб високого тиску, зварних профілів прямокутного і квадратного перетину і т.д.

4.Визначення основних розмірів колони та заданого апарата.

Розрахунок тарілчастої ректифікаційної колони для розділу суміші метанол-вода

Продуктивність по дистилляту – 2,5 т / год;

концентрація метанолу:

у вихідній суміші - $a_F = 47.5\%$ (мас.),

у дистилляті - $a_D = 98\%$ (мас.),

у кубовому залишку - $a_W = 2\%$ (мас.).

Температура:

охолоджуючої води - 13 °С,

дистилляту після холодильника - 21 °С,

кубового залишку після холодильника - 21 °С,

вихідної суміші - 17 °С.

Тиск насиченої водяної пари - 4,5 кгс/см²,

Коефіцієнт надлишку флегми - 1,5

Діаметр отв. $d_0=12\text{мм}$, $W=1,4\text{м/с}$, $\text{КПД}=0,75$

Колона – тарілчаста.

Колона працює під атмосферним тиском .

Вихідна суміш і флегма вводяться в апарат при температурі кипіння .

За розрахунками отримані такі значення колони ректифікації:

Визначення продуктивності по вихідній суміші і кубовому залишку

Продуктивність колони по вихідній суміші

$$G_F = G_P \cdot \frac{\alpha_P - \alpha_W}{\alpha_F - \alpha_W} = 2500 \cdot \frac{0,98 - 0,02}{0,475 - 0,02} = 5274,73 \text{ кг/ч} = 1,47 \text{ кг/с.}$$

Продуктивність колони по кубовому залишку

$$G_W = G_F - G_P = 5274,73 - 2500 = 2774,73 \text{ кг/ч} = 0,77 \text{ кг/с.}$$

Перевірка:

$$5274,73 \cdot 0,475 = 2500 \cdot 0,98 + 2774,73 \cdot 0,02$$

$$2505,9 = 2505,9$$

Визначення мінімального і дійсного флегмового числа

Перераховуємо масові концентрації в молярний за формулою

$$X = \frac{\frac{\alpha}{M_A}}{\frac{\alpha}{M_A} + \frac{1-\alpha}{M_B}},$$

Молярні маси: метиловий спирт – 32 кг/кмоль.

Вода – 18 кг/кмоль.

Тоді концентрація вихідної суміші :

$$X_F = \frac{\frac{\alpha_F}{M_A}}{\frac{\alpha_F}{M_A} + \frac{1-\alpha_F}{M_B}} = \frac{\frac{0,475}{32}}{\frac{0,475}{32} + \frac{1-0,475}{18}} = 0,341;$$

Дистиляту :

$$X_P = \frac{\frac{\alpha_P}{M_A}}{\frac{\alpha_P}{M_A} + \frac{1-\alpha_P}{M_B}} = \frac{\frac{0,98}{32}}{\frac{0,98}{32} + \frac{1-0,98}{18}} = 0,965;$$

$$\text{Кубового залишку : } X_W = \frac{\frac{\alpha_W}{M_A}}{\frac{\alpha_W}{M_A} + \frac{1-\alpha_W}{M_B}} = \frac{\frac{0,02}{32}}{\frac{0,02}{32} + \frac{1-0,02}{18}} = 0,011.$$

Мінімальне флегмове число визначаємо графо - аналітичним способом. Для цього на підставі досвідчених даних, в координатах у - х будуюмо криву рівноваги для суміші метанол-вода при атмосферному тиску і криву температур кипіння і конденсації.

Таблиця 1 - Рівноважні дані для суміші метиловий спирт – вода.

Зміст компоненту А, мол. %		Температура кипіння, t, °C
в рідині (x)	в парі (y)	
0	0,0	100,0
5	26,8	92,3
10	41,8	87,7
20	57,9	81,7
30	66,5	78,0
40	72,9	75,3
50	77,9	73,1
60	82,5	71,2
70	87,0	69,3
80	91,5	67,6
90	95,8	66,0
100	100,0	64,5

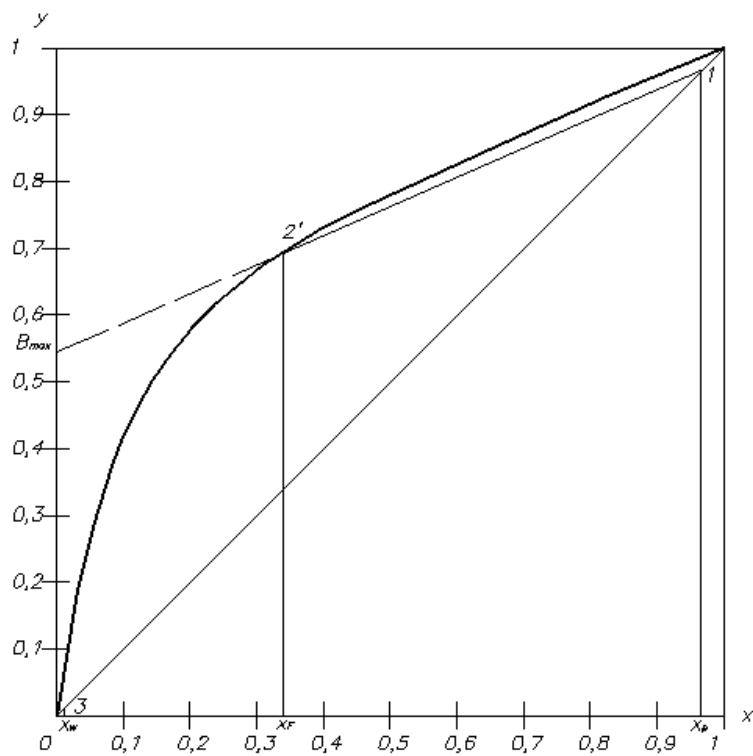


Рисунок 1. Визначення мінімального флегмового числа

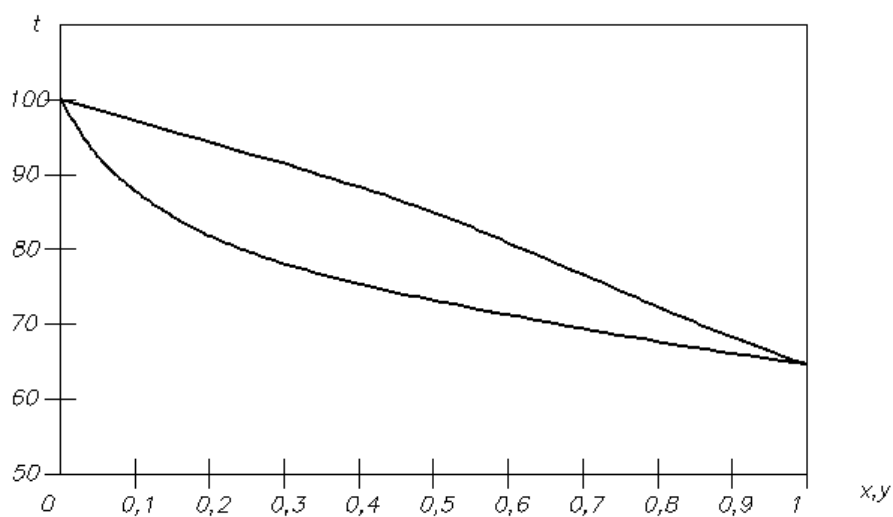


Рисунок 2. Ізобара температур кипіння та конденсації

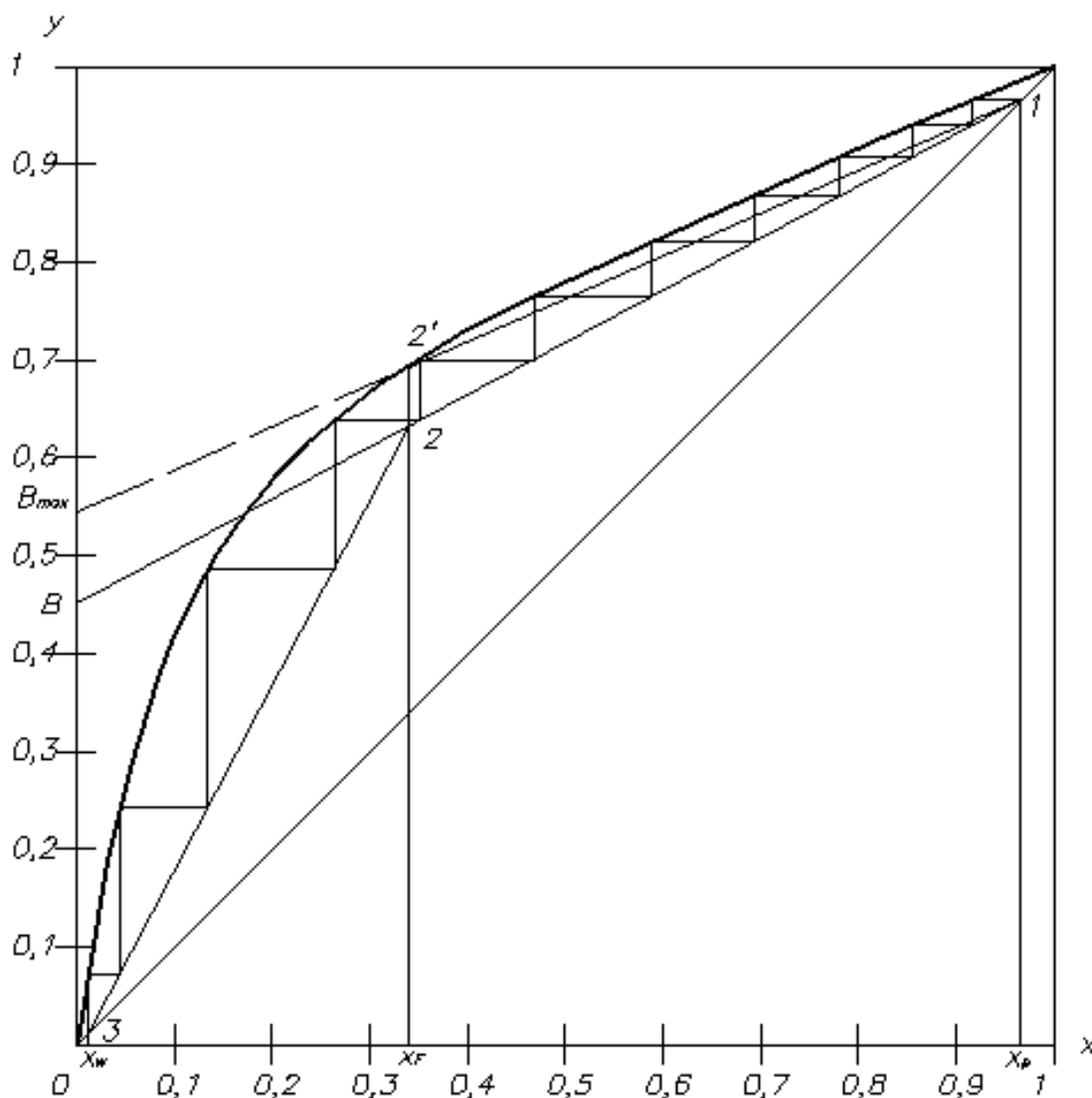


Рисунок 3. Визначення числа теоретичних тарілок

Число теоретичних тарілок визначаємо за графіком $NT = 11$;

Число дійсних тарілок $N_d = NT / \text{ккд} = 11 / 0.75 = 15$;

На діаграмі $y-x$ з точки 1 ($x_p = y_p$) через точку 2' (x_F, y_F^*) проводимо пряму лінію до перетину з віссю y . Відрізок, що відсікається на осі y , позначимо через $B_{\max} = 0,545$. За величиною цього відрізка знаходимо мінімальне флегмове число.

$$R_{\min} = \frac{x_p}{B_{\max}} - 1 = \frac{0,965}{0,545} - 1 = 0,77.$$

Дійсне флегмове число:

$$R = K_R \cdot R_{\min} = 1,5 \cdot 0,77 = 1,155.$$

На діаграмі у-х наносимо лінії робочих концентрацій (робочі лінії) для оптимального флегмового числа $R = 2,14$ (рис. 3.3): для цього на осі у відкладаємо відрізок, кінець якого з'єднуємо прямою з точкою 1 ($x_p = y_p$); точку перетину цієї прямої з вертикальною лінією, проведеної з абсциси X_F , позначимо точкою 2 (X_F, y_F) і, нарешті, крапку 2 з'єднуємо з точкою 3 ($x_W = y_W$). Лінії 1-2 і 2-3 з'єднуються робочими лініями для верхньої і нижньої частин колони, відповідно.

Визначення середніх значень параметрів по колоні, фізико-хімічних і термодинамічних констант фаз

Рідка фаза.

Середня мольна концентрація в нижній частині колони:

$$X_{cp}^n = \frac{X_W + X_F}{2} = \frac{0,011 + 0,341}{2} = 0,176$$

Середня мольна концентрація в верхній частині колони:

$$X_{cp}^g = \frac{X_F + X_P}{2} = \frac{0,341 + 0,965}{2} = 0,653$$

Середня мольна концентрація по колоні:

$$X_{cp} = \frac{X_{cp}^n + X_{cp}^g}{2} = \frac{0,176 + 0,653}{2} = 0,415$$

Середня масова концентрація по колоні:

$$a_{cp} = \frac{x_{cp} \cdot M_A}{x_{cp} \cdot M_A + (1 - x_{cp}) \cdot M_B},$$

$$a_{cp} = \frac{0,415 \cdot 32}{0,415 \cdot 32 + (1 - 0,415) \cdot 18} = 0,56$$

Середня температура по колоні:

$$t_{Xcp} = \frac{t_{Xcp}^H + t_{Xcp}^E}{2} = \frac{88 + 72}{2} = 80 \text{ } ^\circ \text{C}.$$

Значення t_{Xcp} взяті з діаграми $t - x, y$

Середня густина визначається за формулою:

$$\rho_{Xcp} = \frac{\rho_A \cdot \rho_B}{\rho_B \cdot a_{cp} + \rho_A (1 - a_{cp})}$$

де ρ_A і ρ_B - густина компонентів А і В при температурі t_{Xcp} .

$$\rho_A = 1214,1 \text{ кг / м}^3 \text{ при } t_{Xcp} = 51,45 \text{ } ^\circ \text{C}$$

$$\rho_B = 1533,7 \text{ кг / м}^3.$$

$$\rho_{Xcp} = \frac{736 \cdot 972}{972 \cdot 0,56 + 736(1 - 0,56)} = 824,03 \text{ кг / м}^3.$$

Середній поверхневий натяг визначаємо за рівнянням

$$\sigma_{Xcp} = \sigma_A \cdot X_{cp} + \sigma_B \cdot (1 - X_{cp}), \quad (3.4)$$

де σ_A і σ_B - поверхневі натягу компонентів А і В, н / м.

$$\sigma_A = 17,6 \cdot 10^{-3} \text{ н/м при } t_{x \text{ ср}} = 80 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\sigma_B = 62,6 \cdot 10^{-3} \text{ н/м.}$$

$$\sigma_{x \text{ ср}} = 17,6 \cdot 10^{-3} \cdot 0,415 + 62,6 \cdot 10^{-3} (1 - 0,415) = 43,93 \cdot 10^{-3} \text{ н/м.}$$

Парова фаза.

Середня мольна концентрація в нижній частині колони:

$$y_{cp}^n = \frac{y_W + y_F}{2} = \frac{0,011 + 0,635}{2} = 0,323$$

Середня мольна концентрація у верхній частині колони:

$$y_{cp}^e = \frac{y_F + y_P}{2} = \frac{0,635 + 0,965}{2} = 0,8$$

Середня мольна концентрація по колоні:

$$y_{cp} = \frac{y_{cp}^n + y_{cp}^e}{2} = \frac{0,323 + 0,8}{2} = 0,56$$

Середня температура по колоні:

$$t_{y \text{ ср}} = 81,5 \text{ }^\circ\text{C.}$$

Середня мольна маса:

$$\begin{aligned} M_{y \text{ ср}} &= M_A \cdot y_{cp} + M_B \cdot (1 - y_{cp}) = 32 \cdot 0,56 + 18 \cdot (1 - 0,56) = \\ &= 25,84 \text{ кг/кмоль.} \end{aligned}$$

Середня густина:

$$\rho_{y \text{ ср}} = \frac{M_{y \text{ ср}} \cdot P}{22,4 \cdot \frac{P}{P_o} \cdot \frac{T_o}{T}}$$

тут $T = 273 + t_{y \text{ ср}}$, $^\circ\text{C}$ $P = 1 \text{ кгс / см}^2$ (атмосферний тиск в колоні).

$$\rho_{yep} = \frac{25,84}{22,4} \cdot \frac{1}{1,033} \cdot \frac{273}{(273 + 81,5)} = 0,86 \text{ кг/м}^3.$$

За розрахунками отримані такі значення колони ректифікації:

Визначення діаметра колони

Діаметр колони визначаємо за рівнянням.

Витрата, що проходить по колоні пари, може бути визначена:

$$V_y = \frac{G_y}{\rho_{yep}} = \frac{G_p \cdot (R+1)}{\rho_{yep}} = \frac{2500 \cdot (1,155+1)}{3600 \cdot 0,86} = 1,74 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Тоді діаметр колони

$$D = \sqrt{\frac{V_y}{0,785 \cdot W}} = \sqrt{\frac{1,74}{0,785 \cdot 1,4}} = 1,26 \text{ м}.$$

Приймаємо стандартне значення діаметра колони $D=1,2\text{м}$

Визначення висоти колони

Висоту колони визначаємо за рівнянням

$$H = (n - 1) \cdot h + H_{сеп} + H_{куб} = (15 - 1) \cdot 0,5 + 0,8 + 2,0 = 9,8 \text{ м}.$$

Кип'ятильник(випарник)

Кількість теплоти Q_K , яке треба подати в куб колони, визначається з рівняння теплового балансу колони:

$$Q_K = Q_D + G_P \cdot C_P \cdot t_{Xp} + G_W \cdot C_W \cdot t_{Xw} - G_F \cdot C_F \cdot t_{XF} + Q_{пот}.$$

Теплові втрати приймаємо 3% від корисно витрачаємої теплоти; питомі теплоємкості взяті відповідно при $t_{Xp} = 66^\circ\text{C}$, $t_{XF} = 78^\circ\text{C}$, $t_{Xw} = 98^\circ\text{C}$.

$$C_P = a_P \cdot C_A + (1 - a_P) \cdot C_B = 0,98 \cdot 0,66 + (1 - 0,98) \cdot 1 =$$

$$= 0,6 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} = 2793,9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

$$C_F = a_F \cdot C_A + (1 - a_F) \cdot C_B = 0,684 \cdot 0,475 + (1 - 0,684) \cdot 1 =$$

$$= 0,85 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} = 3561,1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

$$C_W = a_W \cdot C_A + (1 - a_W) \cdot C_B = 0,02 \cdot 0,708 + (1 - 0,02) \cdot 1,01 =$$

$$= 1 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} = 4202,6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

$$Q_K = 1,03(1,677 \cdot 10^6 + \frac{2500}{3600} \cdot 2793,9 \cdot 66 + 0,77 \cdot 4202,6 \cdot 98 +$$

$$+ 1,47 \cdot 3561,1 \cdot 78) = 2530923,92 \text{ Вт}.$$

Витрата гріючого пара при $P = 4,5 \text{ кгс/см}^2$:

$$G_{z.n} = \frac{Q_K}{r} = \frac{2530923,92}{2129 \cdot 10^3} = 1,2 \text{ кг/с}.$$

Середня різниця температур дорівнює різниці між температурою насиченого пара при $P = 4,5 \text{ кгс/см}^2$ и температурою кипіння кубового залишку:

$$\Delta t_{cp} = 147 - 98 = 49^\circ\text{C}.$$

При орієнтовно прийнятій коефіцієнті теплопередачі $K = 2000 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$, [6, с. 47] поверхня кип'ятильника складе:

$$F = \frac{Q_K}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{2530923,92}{2000 \cdot 49} = 25,83 \approx 26 \text{ м}^2.$$

Примітка:

При розрахунку поверхні кип'ятильника температура кипіння кубової рідини $t_{XW} = 98^\circ\text{C}$ взята при атмосферному тиску. Не враховано збільшення температури кипіння кубової рідини у зв'язку зі збільшенням тиску в кубі колони на величину $\Delta P_K = 0,1-0,15 \text{ кгс/см}^2$.

5 .Розрахунки на міцність елементів заданого апарата.

Кип'ятильник (випарник)

Розрахунок на міцність, жорсткість та стійкість кожухотрубчастого теплообмінника з компенсатором на кожусі

Вихідні дані

Тип апарата – теплообмінник 426ТКВ-1,6-М1-О/25Г-3-1-И-гр.1 ТУ26-02-1090-88

Зовнішній діаметр кожуха D , мм	426
Довжина теплообмінних труб l , мм	3000
Зовнішній діаметр теплообмінної труби d_m , мм	25
Товщина стінки труби s_m , мм	2
Число ходів по трубах	1
Розрахунковий тиск у трубному просторі P_m , МПа	0,45
Розрахунковий тиск у міжтрубному просторі P_k , МПа	0,45
Розрахункова температура труб t_m , °С	98
Розрахункова температура кожуха t_k , °С	152
Матеріал кожуха	Ст10
Матеріал розподільної камери, кришки, трубної решітки та теплообмінних труб	сталь 20
Середовище в трубному просторі – пожежовибухонебезпечне, шкідливе, 3 класу безпеки за ГОСТ 12.1.007–76	
Середовище в міжтрубному просторі – пожежовибухонебезпечне, шкідливе, 3 класу безпеки за ГОСТ 12.1.007–76	
Група теплообмінника по трубному простору	1
Група теплообмінника по міжтрубному простору	1
Загальне число циклів навантаження N	1000
Строк служби	10

Розрахунок на міцність, жорсткість та стійкість

Розрахункова температура

Розрахункову температуру розподільної камери t_k^* , °С, визначаємо за формулою

$$t_{кам} = 2 t_m - t_k = 2 \cdot 98 - 152 = 44 \text{ °С}.$$

Розрахункову температуру ізолюваних фланців визначаємо за формулою:

$$t_\phi = t,$$

де t – розрахункова температура апарата, °С.

Розрахункову температуру ізолюваних апаратних фланців та фланців штуцерів розподільної камери теплообмінника приймаємо рівною температурі розподільної камери, тобто $t_\phi = t_{кам} = 44 \text{ °С}$.

Розрахункову температуру ізолюваних фланців штуцерів кожуха приймаємо рівною температурі середовища міжтрубного простору, тобто $t_\phi = t_k = 152 \text{ °С}$.

Розрахункову температуру болтів ізолюваних фланцевих з'єднань визначаємо за формулою

$$t_\sigma = 0,97 t.$$

Розрахункова температура болтів фланцевих з'єднань корпусів та фланців штуцерів розподільної камери дорівнює

$$t_\sigma = 0,97 t_{кам} = 0,97 \cdot 44 = 43 \text{ °С}.$$

Розрахункова температура болтів фланцевих з'єднань штуцерів міжтрубного простору

$$t_\sigma = 0,97 t_k = 0,97 \cdot 152 = 148 \text{ °С}.$$

Допустимі напружини

Допустимі напружини при розрахунковій температурі $[\sigma]$ і при температурі 20 °С $[\sigma]_{20}$, МПа, для матеріалів елементів апарата наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Допустимі напружини матеріалів елементів теплообмінника

Елементи апарата	Матеріал	Допустимі напружини, МПа		Відношення допустимих напружин $[\sigma]_{20} / [\sigma]$
		при температурі 20°C $[\sigma]_{20}$	при розрахунковій температурі $[\sigma]$	
Кожух	Сталь 10	130	122	1,07
Трубна решітка	Сталь 20	147	145,5	1,01
Труби	Сталь 10	130	128,5	1,01
Фланці апаратні	Сталь 20	147	145,5	1,01
Фланці штуцерів трубного простору	Сталь 20	147	145,5	1,01
Фланці штуцерів міжтрубного простору	Сталь 20	147	122	1,02
Шпильки	Сталь 35	130	126	1,01
Гайки	Сталь 20	124	120	1,06

Пробний тиск, при якому проводиться випробування апарата, визначаємо за формулою

$$P_{np} = 1,25 P_m \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]}.$$

Відношення $[\sigma]_{20}/[\sigma]$ приймаємо по тому із використовуваних матеріалів елементів кожної порожнини апарата, для якої воно є найменшим.

Для трубного простору при мінімальному відношенні допустимих напружин $[\sigma]_{20}/[\sigma]=1,068$ пробний тиск складає

$$P_{np\ m} = 1,25 P_m \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,25 \cdot 0,45 \cdot 1,01 = 0,57 \text{ МПа}.$$

Гідростатичний тиск при випробуванні трубного простору теплообмінника складає

$$P_{г\ mp} = \rho_g \cdot g \cdot H_c \cdot 10^{-6} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 3790 \cdot 10^{-6} = 0,037 \text{ МПа},$$

де H_c висота стовпа води у трубному просторі
– (відстань між фланцями штуцерів у розподільній камері).

Гідростатичний тиск при випробуванні трубного простору

$$P_{г\ mp} = 0,014 \leq 0,05 P_{np\ m} = 0,05 \cdot 0,585 = 0,029 \text{ МПа}$$

складає менше 5% від пробного, тому за розрахунковий тиск в умовах випробувань приймаємо пробний

$$P_{i\ m} = P_{np\ m} = 0,585 \text{ МПа}$$

Умова

$$P_{i\ m} = 0,288 \text{ МПа} \leq 1,35 P_m \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,35 \cdot 0,45 \cdot 1,01 = 0,61 \text{ МПа}$$

виконується, тому розрахунок елементів трубного простору в умовах гідравлічних випробувань проводити не потрібно.

Для міжтрубного простору (кожуха) при відношенні допустимих напружин $[\sigma]_{20}/[\sigma]=1,04$ пробний тиск складає

$$P_{np\ k} = 1,25 P_k \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,25 \cdot 0,45 \cdot 1,01 = 0,57 \text{ МПа}.$$

Гідростатичний тиск при випробуванні міжтрубного простору

$$P_{z\kappa} = \rho_{\epsilon} \cdot g \cdot H_{\kappa} \cdot 10^{-6} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 3 \cdot 10^{-6} = 0,029 >$$

$$> 0,05 P_{np\kappa} = 0,05 \cdot 0,57 = 0,0285 \text{ МПа}$$

складає понад 5% від пробного, тому розрахунковий тиск в умовах випробувань розраховуємо за формулою

$$P_{i\kappa} = P_{np\kappa} + P_{z\kappa} = 0,57 + 0,029 = 0,6 \text{ МПа.}$$

Умова

$$P_{i\kappa} = 0,275 \leq 1,35 P_{\kappa} \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,35 \cdot 0,45 \cdot 1,01 = 0,614 \text{ МПа}$$

виконується, тому розрахунок елементів міжтрубного простору в умовах гідравлічних випробувань проводити не потрібно.

Коефіцієнти міцності зварних швів

Трубний та міжтрубний простори теплообмінника за розрахунковим тиском, температурою та характером робочого середовища відноситься до 1 групи посудин [19], для якої довжина контрольованих швів складає 100 % від їх загальної довжини. Для стикових швів з двостороннім суцільним проваром, виконаних автоматичним зваренням, коефіцієнт міцності зварних швів приймаємо рівним $\varphi_p = 1,0$.

Для стикових (кільцевих) швів, які доступні зваренню лише з одного боку та мають в процесі зварення металеву підкладку з боку кореня шва, котра прилягає по всій довжині шва до основного металу, при контрольованій довжині швів 100 %, коефіцієнт міцності зварних кільцевих швів кожуха приймаємо рівним $\varphi_m = 1,0$.

Добавки до розрахункових величин

Суми добавок до розрахункових величин визначаємо за формулою

$$C = C_1 + C_2,$$

де C_1 – добавка для компенсації корозії та ерозії,
мм;

C_2 – добавка для компенсації мінусового
допуску, мм.

Добавку для компенсації корозії та ерозії C_1 розраховуємо за формулою

$$C_1 = \Pi \cdot \tau + C_3, \text{ мм},$$

де Π – швидкість проникнення корозії, мм/рік;

τ – розрахунковий строк служби
– теплообмінника, років;

C_3 – добавка для компенсації ерозії, мм.

Добавку для компенсації ерозії не враховуємо, приймаючи, що
теплообмінник працює з чистими рідкими середовищами (без твердих
абразивних частинок).

Швидкість проникнення корозії для матеріалу міжтрубного простору
приймаємо $\Pi_k = 0,05$ мм/рік, а трубного – $\Pi_m = 0$ мм/рік.

Добавка для компенсації корозії складає:

– для труб з боку трубного та міжтрубного просторів

$$C_{1m} = 0 \text{ мм};$$

– для кожуха

$$C_{1k} = \Pi_k \cdot \tau = 0,05 \cdot 10 = 0,5 \text{ мм}.$$

Добавку для компенсації мінусового допуску C_2 , мм, приймаємо за
стандартом .

Розрахунок кожуха теплообмінника

Розрахунок товщини стінки циліндричної обичайки кожуха теплообмінника

Розрахункову товщину стінки кожуха від дії внутрішнього тиску
визначаємо за формулою

$$S_{pk} = \frac{P_k \cdot D}{2[\sigma]_k \cdot \varphi_p - P_k},$$

де P_k – розрахунковий тиск у міжтрубному просторі теплообмінника при розрахунковій температурі, МПа;

D – внутрішній діаметр обичайки кожуха, мм;

φ_p – коефіцієнт міцності подовжніх зварних швів.

$$S_{pk} = \frac{0,2 \cdot 426}{2 \cdot 122 \cdot 0,9 - 0,45} = 0,87 \text{ мм.}$$

Відповідно до галузевого стандарту [19] виконавчу товщину стінки кожуха приймаємо рівною $S_k = 7$ мм. Додаток для компенсації мінусового допуску для сталевих листів товщиною 7 мм складає $C_2 = 0$ мм.

Виконавчу товщину стінки кожуха визначаємо за формулою

$$S_k \geq S_{pk} + C_k = 0,9 + 0,5 = 1,4 \text{ мм.}$$

Остаточно приймаємо виконавчу товщину стінки кожуха рівною $S_k = 7$ мм [19].

Допустимий внутрішній надлишковий тиск в кожусі визначаємо за формулою [14]

$$[P] = \frac{2[\sigma] \cdot \varphi_p \cdot (S - C)}{D + (S - C)} = \frac{2 \cdot 122 \cdot 0,9 \cdot (9 - 1,4)}{426 + (9 - 1,4)} = 3,85 \text{ МПа.}$$

Умова міцності

$$P_k = 0,45 \leq [P]_k = 3,85 \text{ МПа}$$

виконується.

Умова застосування розрахункових формул

$$\frac{S - C}{D} = \frac{9 - 1,4}{426} = 0,018 \leq 0,1$$

виконується.

Розрахунок лінзового компенсатора

Умови застосування розрахункових формул (7.99)

$$\frac{S_n}{d_n} \leq 0,035; \quad 1,08 \leq \frac{D_n}{d_n} \leq 3,00; \quad \frac{2r}{D_n - d_n} \leq 0,4.$$

$$\frac{S_n}{d_n} = \frac{7}{426} = 0,016 < 0,035;$$

$$1,08 < \frac{D_n}{d_n} = \frac{676}{426} = 1,59 < 3,00;$$

$$\frac{2r}{D_n - d_n} = \frac{2 \cdot 14}{676 - 426} = 0,112 < 0,4.$$

виконуються.

Визначення допоміжних величин

Розрахунковий діаметр западини хвилі компенсатора розраховуємо за формулою (7.100)

$$d_1 = d_n - S_n = 426 - 7 = 419 \text{ мм.}$$

Розрахунковий діаметр гребеня хвилі компенсатора визначаємо за формулою (7.101)

$$d_2 = D_n - S_n = 676 - 7 = 669 \text{ мм.}$$

Середній радіус тороїдального переходу хвилі компенсатора розраховуємо за формулою (7.102)

$$r_s = 0,5(2r + S_n) = 0,5(2 \cdot 14 + 7) = 17,5 \text{ мм.}$$

Допоміжну величину впливу переходу розраховуємо за формулою (7.103)

$$\rho_n = 2 - 100 \cdot \frac{r_s}{d_1 + d_2} = 2 - 100 \cdot \frac{17,5}{419 + 669} = 0,39 \text{ мм.}$$

Розрахункову ширину пластинчастої зони хвилі компенсатора визначаємо за формулою (7.104)

$$b_n = 0,5(d_2 - d_1 + \rho_n \cdot r_s) = 0,5 \cdot (669 - 419 + 0,39 \cdot 17,5) = 128,4 \text{ мм.}$$

Радіус закруглення пластинчастої зони хвилі компенсатора розраховуємо за формулою (7.105)

$$R_o = 0,25(d_2 + d_1 - 2b_n) = 0,25 \cdot (669 - 419 - 2 \cdot 128,4) = 2078 \text{ мм.}$$

Середній діаметр хвилі компенсатора визначаємо за формулою (7.106)

$$d_{cp} = 0,5(d_2 + d_1) = 0,5 \cdot (669 + 419) = 544 \text{ мм.}$$

Характеристики хвилі обчислюємо за формулами (7.107)-(7.111):

$$\xi = \frac{d_2}{d_1} - 1 = \frac{669}{419} - 1 = 0,6;$$

$$\eta = \frac{d_2 - d_1}{2 r_s} - 2 = \frac{669 - 419}{2 \cdot 17,5} - 2 = 5,14;$$

$$\alpha = S_n / d_1 = 7 / 419 = 0,017;$$

$$\lambda = b_n / R_o = 128,4 / 207,8 = 0,62;$$

$$\gamma = 1 + 1,25 \cdot \frac{d_2}{d_1} - \frac{3,2 \cdot r_s}{d_2 - d_1} = 1 + 1,25 \cdot \frac{669}{419} - \frac{3,2 \cdot 17,5}{669 - 419} = 2,77.$$

Розрахунок компенсатора на міцність

Розрахункову товщину s_3 , мм, розраховуємо за формулою (7.114)

$$s_3 = 0,25(d_2 - d_1 - \gamma \cdot r_s) \cdot \sqrt{P / [\sigma_n]} = \\ = 0,25 \cdot (669 - 419 - 2,77 \cdot 17,5) \cdot \sqrt{0,45 / 122} = 3,06 \text{ мм.}$$

Розрахункову товщину стінки компенсатора s_4 , мм, визначаємо за формулою (7.115)

$$s_4 = \frac{P \cdot d_{cp}}{2[\sigma]_n \cdot \varphi} \cdot \frac{L}{d_2 - d_1 + 2 l_k + 2,3 r_s} = \\ = \frac{0,45 \cdot 544}{2 \cdot 122 \cdot 0,9} \cdot \frac{74}{669 - 419 + 2 \cdot 5 + 2,3 \cdot 17,5} = 0,27 \text{ мм.}$$

Розрахункову товщину стінки компенсатора s_{np} , мм, визначаємо за формулою (7.113)

$$s_{np} = s_4 \cdot \sqrt{0,5 + \sqrt{0,25 + (s_3 / s_4)^4}} = \\ = 0,27 \cdot \sqrt{0,5 + \sqrt{0,25 + (3,06 / 0,27)^4}} = 3,07 \text{ мм.}$$

Суму добавок до розрахункової товщини стінки лінзового компенсатора при її товщині $s_n = 74,0$ мм приймаємо рівною 0 мм.

Виконавчу товщину стінки лінзового компенсатора розраховуємо за

формулою (7.112)

$$S_n \geq S_{np} + C_n = 3,07 + 0,5 = 3,57 \text{ мм.}$$

Остаточно приймаємо виконавчу товщину стінки компенсатора рівною 7 мм.

Допустимий тиск $[P]_1$ визначаємо за формулою (7.117)

$$\begin{aligned} [P]_1 &= 16 \left(\frac{S_n - C_n}{d_2 - d_1 - \gamma \cdot r_s} \right)^2 \cdot [\sigma]_n = \\ &= 16 \cdot \left(\frac{7 - 0,5}{669 - 419 - 2,77 \cdot 17,5} \right)^2 \cdot 122 = 2,03 \text{ МПа.} \end{aligned}$$

Допустимий тиск $[P]_2$ визначаємо за формулою (118)

$$\begin{aligned} [P]_2 &= \frac{2[\sigma]_n \cdot \varphi \cdot (S_n - C_n)}{d_{cp}} \cdot \frac{d_2 - d_1 + 2l_k + 2,3 \cdot r_s}{L} = \\ &= \frac{2 \cdot 122 \cdot 0,9 \cdot (7 - 0,5)}{544} \cdot \frac{669 - 419 + 2 \cdot 5 + 2,3 \cdot 17,5}{74} = 10,65 \text{ МПа.} \end{aligned}$$

Допустимий тиск визначаємо за формулою (116)

$$[P]_n = \frac{[P]_1}{\sqrt{1 + \left(\frac{[P]_1}{[P]_2} \right)^2}} = \frac{2,03}{\sqrt{1 + \left(\frac{2,03}{10,65} \right)^2}} = 1,99 \text{ Ма.}$$

6.Технологія виготовлення колони та теплообмінника.

Виготовлення обичайки.

Технологічний процес виготовлення обичайки, повинен бути розроблений відповідно до вимог встановленими правилами ДЕРЖНАГЛЯДОХОРОНПРАЦІ і галузевим стандартом ГСТУ 3-17-191-2000.

Типовий технологічний процес виготовлення обичайки:

1. Розконсервація листа сталі, процес видалення мастил консервацій або інших відкладень шкрябаннями, щітками, дрантям, обдування парою або стислим повітрям. Для видалення глибоких подряпин, застосовують струменеве очищення.

2. Правка листа (при необхідності). Здійснюється для усунення або зменшення кривизни в межах, що допускаються. Проконтролювати стрілу прогину - для даного апарату 12 мм на 1м довжини.

3. Розмітка заготовки, включає побудову розгортки і викреслювання її на площині. Розмір заготівки визначається по середній поверхні:

$$l = \pi \cdot (D + S)$$

$$l = 3,14 \cdot (2600 + 12) = 8205 \text{ мм}$$

Розкрій повинен здійснюватися з мінімальними відходами. Розкрій виконати камеральним методом, тобто перенести розміри на матеріал по задалегідь розроблених ескізах розгортки.

4. Різання заготівки. Різання заготовки здійснити термічним за допомогою газу - плазмової горелки.

5. Підготовка кромки під зварку на кромко - фрезерному верстаті.

6. Збірка під зварку і зварка листів заготовки. На спеціальних стендах встановити зазори під зварку і вирівняти листи в горизонтальній площині. Величина зазору до 2 мм.

7. Підгибка кромок. Виконати на спеціальних кромка - гибочних машинах або гідравлічних пресах.

8. Вальцювання виконати в гарячому перебуванні на трьох, або чотирьох валкових машинах. У цих машинах гнучка листа здійснюється валами, що обертаються. У тривалкових машинах гибочним є середній валок, а в чотиривалкових - бічні валки. Лист, що підлягає вальцюванню, вводять у валки і згинають його переміщенням вниз середнього валка або підйомом вверх бічних валків (чотирьох валкова машина). Гибку проводять за декілька пропусків. Після кожного пропуску кривизну листа збільшити до отримання замкнутої циліндрової обичайки.

9. Збірка подовжнього стику обичайки. Встановити необхідні зазори і усунути зсув кромок.

10. Зварка подовжнього стику.

11. Правка обичайки. Проводити на валкових машинах і на розсувних облямовуваннях радіальним розтягуванням.

12. Розмітка отворів.

13. Виконати обробку отворів, торців обичайки і скосів.

Виготовлення днищ

Процес виготовлення днищ включає три етапи:

1. Виготовлення заготовки:

- Розконсервація (як у обичайки);
- Розрахунок розгортки, розмітка. Способи розкрою заготовки регламентуються галузевим стандартом ГСТУ 3-17-191-2000. Так по центру нижнього днища розташований підп'ятник, то круговий сегмент не виготовляти;

- Різка;
- Обробка кромок;
- Збірка під зварку;
- Зварка.

2. Формування. Днища виготовити штампуванням на пресах і обкаткою роликками. При формуванні горизонтальну заготовку встановити на нижній штамп. Далі заготовку відцентрувати і притиснути верхнім штампом.

3. Завершуюча стадія:

- Обрізання;
- Обробка кромки під зварку з обичайкою.

Провести термообробку.

Технологічний процес виготовлення фланців.

1. Виготовлення заготовки;

2. Токарна обробка на токарних або токарно - карусельних верстатах. Здійснити підрізування торців, обробка зовнішнього діаметру, обробка конічної втулки, розточування внутрішнього діаметру, обробка поверхонь ущільнювачів.

3. Просвердлення отворів на вертикально-свердлувальних верстатах.

При збірці штуцерів і люка, необхідно забезпечити перпендикулярність осі патрубку до поверхні ущільнювача фланця, крім того необхідно витримати встановлені зазори при зварці. Для фланців приварних в стик, зазор між конічною втулкою і патрубком повинен складати 1-2 мм.

Контроль якості зварних з'єднань

Для виявлення дефектів проводиться контроль зварених сполук, як у процесі зварки, так і після її. У процесі зварки контролюють підготовку деталі до зварки, якість електродів, дотримання технології зварки.

Крайки зварюваних елементів очистити по обох сторони шва на ширину не менше 50мм від фарби, жиру, вологи й т.п.

Чистота поверхні підготовлених під зварку крайок повинна бути не нижче Ra25.

Спосіб обробки крайок під зварку повинен виключати можливість механічного ушкодження крайок і виникнення зон термічного впливу, які погіршують якість зварених сполук.

Зовнішній огляд звареного шва проводиться після попереднього очищення шва й прилеглих зон основного металу від шлаків і бризів, до повного видалення окисної плівки.

Для зачищення використати металеві щітки з неіржавіючої сталі й наждачний папір.

Зовнішній вигляд звареного шва повинні відповідати вимогам:

- поверхня шва повинна бути злегка опуклою, рівномірною;
- висота вала повинна бути в межах 2-4мм для товщини стінки зварюваних елементів 16-22мм;
- наплавлений вал повинні перекривати зовнішню крайку скосу на 2-3мм;
- не допускаються тріщини, напливи, не заварені кратери, свищі, висновок кратера на основний метал, подрізи й інші дефекти.

Для виявлення внутрішніх дефектів зварених сполук застосовують просвічування гама або рентгенівським променями.

Збирання колони

Технологічний процес збирання і зварки колонної апаратури складається з наступних технологічних операцій:

- збірка і зварка секцій корпусу;
- збірка корпусу колони;
- розмітка корпусу;
- установка деталей і складальних одиниць тарілок і інших елементів внутрішньої начинки, що приварюються до корпусу;
- збірка нижнього днища і корпусу вертикальної опори;
- контроль положення приварюваних внутрішніх деталей колони і їх зварки з корпусом;
- установка і приварювання штуцерів, люків до корпусу колони;
- установка знімних деталей і складальних одиниць внутрішніх елементів колони;

- збірка і зварка частин корпусу колони, випробування, обробка, і підготовка колони до відвантаження або монтажу у випадку до виготовлення на монтажному майданчику.

Збирання і зварювання секцій корпусу колони

При розбитті корпусу колони на секції враховуються наступні чинники: секції по довжині повинні бути транспортабельні по залізницях, вага секції колони без встановлених знімних деталей не повинна перевищувати вантажопідйомні можливості заводу-виготівника і підприємства-замовника.

Обичайки, що поступають на збірку, повинні бути виготовлені відповідно до технічних вимог і мати механічно оброблені і оброблені під зварку, згідно кресленню, кромки. Збірка секцій виконується послідовним нарощуванням обичайок згідно карті розкрою корпусу на стенді збірки кільцевих стиків. Розташування подовжніх швів обичайок повинне виключати можливість попадання люків і штуцерів діаметром більше 150 мм на подовжні шви обичайок. Після контролю секція подається на стенд для зварки кільцевих швів. Якість зварних з'єднань контролюється рентгенівськими променями або ультразвуком. Після виправлення дефектів секції поступають на стенд загальної збірки корпусу. Після установки секцій на стенд з метою усунення овальності проводиться калібрування корпусу роз'ємними і нероз'ємними калібрувальними кільцями. З метою фіксації досягнутої після калібрування форми застосовуються бандажні кільця, які встановлюються по кінцях секцій, а також усередині них на відстані 3-4 м одне від іншого. Після збірки і приварювання деталей тарілок бандажні кільця знімаються, за винятком розташованих поблизу монтажних стиків - ці кільця віддаляються тільки після збірки і зварки секцій корпусу на монтажі.

Після підготовчих операцій проводиться збірка монтажних стиків секцій. Кромки секцій вирівнюються за допомогою струбцин або клинів, а збірка здійснюється на технологічних планках, які встановлюються через 400 - 500 мм. Зібраний корпус колони повинен відповідати наступним

вимогам: зсув кромок в кільцевих стиках секцій не повинен перевищувати 0,8 мм; овальність корпусу не більше 10 мм.

Розмітка є основною технологічною операцією, установки внутрішніх устроїв апарату, його люків, штуцерів і інших деталей і складальних одиниць, що істотно впливає на точність. Існують декілька способів розмітки корпусів: за допомогою лінійних мерительних інструментів і схилу, за допомогою теодоліта і гидроуровня, оптична розмітка із застосуванням лазерного візиря. Розмітка корпусу під установку люків, штуцерів і інших складальних одиниць і деталей корпусу колони проводиться шляхом нанесення розмірів від головних осей корпусу колони відповідно до креслення і його карти розкрою. Зовнішня розмітка корпусу повинна бути строго узгоджена з його внутрішньою розміткою.

Встановлення зовнішньої арматури

Після розмітки корпусу проводиться вирізка отворів для установки люків, штуцерів і інших елементів арматури колони. Вирізку отворів під люки і штуцери, розташовані поблизу від стиків днищ з корпусом проводять після приварювання днищ до корпусу і зварки монтажного стику. Цим усувається вплив місцевої деформації корпусу, пов'язаної з великим об'ємом металу, наплавленого при зварці. Після збірки арматури зварюють внутрішні шви з'єднання арматури з корпусом колони. Щоб зменшити вплив деформації від наплавленого металу зварних швів на точність корпусу, зварку зовнішніх швів з'єднань проводять після установки і приварювання внутрішніх незнімних деталей і складальних одиниць тарілок. Виняток становлять ті зварні з'єднання штуцерів і муфт, які перебиваються при установці внутрішніх устроїв колони, а тому неможливий або утруднений процес зварки вказаних складальних одиниць з корпусом колони і контроль її якості.

Установка опорних елементів тарілок. Перед установкою внутрішніх устроїв необхідно змонтувати в корпусі апарату технологічну двотаврову балку талью. Балка повинна бути приварена до корпусу апарату

переривистим швом. По її кінцях повинні бути встановлені обмежувачі руху. Приварювання опорних елементів тарілок до корпусу і між собою рекомендується виконувати згідно кресленню в наступному порядку з обов'язковою зачисткою місць під зварку: сегмент до корпусу назад - ступінчастим швом; косинець сегменту до корпусу; косинки до корпусу і сегменту; перегородка до корпусу назад-ступінчастим швом; косинець перегородки до корпусу; опорні півкільця до корпусу назад-ступінчастим швом; косинки до корпусу і півкілець. Після приварювання внутрішніх елементів колони зварюються зовнішні шви з'єднань люків, штуцерів, муфті інших елементів арматури з корпусом апарату.

Випробування і контроль цих з'єднань повинні бути проведені до постановки знімних внутрішніх устроїв.

Збирання корпусу з днищами і опорою.

Перед установкою днищ в корпусі колони повинні бути встановлені знімні деталі, включаючи полотна тарілок в зборі, не

встановлюються деталі тарілок, які заважатимуть збірці і зварці днищ з корпусом і монтажних стиків. Вірніше і ніжнеє днища поступають на збірку зібрані, зварені і оброблені згідно кресленню. Обов'язкове керніння рісок головних осей в місцях стиковки днищ.

Після установки і приварювання днищ з корпусу колони віддаляються калібрувальні і бандажні кільця. Подкладні обичайки зберігаються зазвичай для забезпечення збірки і зварки стиків на монтажі і віддаляються тільки перед завершальним гідроіспитанієм колони. Виготовлення циліндрових обичайок. Проводиться розмітка листових заготовок з метою вказівки меж обробки і раціонального розкрою листа для якнайповнішого використання металу. Розмітка проводиться на розмічальних столах або плитах. По маркіровці листа перевіряється відповідність марки металу, довжини, товщина і ширина листа вимогам креслення. Лист укладається на розмічальний стіл маркіровкою вгору і на нім розмічається базова риски уздовж кромки з найменшою серповидністю і перекосом. На листі

розмічаються ризики під відрізок, ризики з непаралельністю не більше 1 мм під стругання і контрольні ризики. Різання листа здійснюють на ножицях гільйотин. Після різання здійснюють обробку кромки на кромкострогальном верстаті. Після цього лист подається до пресу для подгибки кромки. Після подгибки кромки лист подається до лістогибочної машини з трьома валяннями розташованими симетрично, де листу додається необхідна кривизна з урахуванням пружнення матеріалу обичайки. Збірку подовжного стику проводять гідравлічно струбцинами. Після приварювання на ролікоопорах заводної і вихідної планок зварним трактором проводиться зварка внутрішнього шва на подушці флюсу, а після зачистки кореня шва зварюється зовнішній подовжній шов. Після зварки зовнішнього шва на стенді шов зачищають, знімають посилення і видаляють вхідну і вихідну планки. Далі обичайка подається до лістогибочної машини на правку, контролюються зварні шви ультразвуковою дефектоскопією. Отвори в обичайці під штуцера обробляють вирізкою газовим різакон з попередньою розміткою.

Збирання теплообмінника

Збірка кожухотрубчастого теплообмінника здійснюється наступним чином: Виробляють складання каркаса, для цього в одній з трубних решіток, наприклад лівої, по її окружності виконують різьбові гнізда, а в перегородках з отворами під теплообмінні труби виконують отвори під стяжки і пази під протівобайпасніе смуги. Далі, в різьбові гнізда трубної решітки вкручують стяжки. На стяжки по черзі встановлюють розпірні трубки і перегородки, а в пази встановлюють протівобайпасніе смуги. Кількість перегородок залежить від довжини теплообмінника. Після установки останньої перегородки на вільні кінці стяжок нагвинчують гайки, а кінці протівобайпасних смуг закріплюють на трубних решітках, наприклад, зварюванням. Потім на кінцях обичайки корпусу приварюють підкладні елементи в місцях кільцевих швів зварювання кожуха з трубними решітками. Далі виробляють складання

трубного пучка шляхом набивання теплообмінних труб через відповідні отвори трубних решіток і отвори перегородок. Одягають кожух. Проводять кріплення кінців теплообмінних труб в трубних решітках зварюванням з наступною розвальцовкою.

Опресовування теплообмінника

Всі теплообмінні труби повинні бути піддані гідравлічним випробуванням на підприємстві-виготовлювачі. При відсутності в сертифікатах даних про гідравлічні випробування підприємство-виготовлювач теплообмінні апарати зобов'язані провести вибіркові гідравлічні випробування по 3 % труб від кожної партії, але не менше 5 труб. При одержанні незадовільних результатів хоча б однієї із труб проводять повторні випробування на подвійній кількості труб, узятих з тієї ж партії.

Результати повторних випробувань є остаточними. При одержанні незадовільних результатів повторних випробувань треба провести гідравлічні випробування всієї партії труб.

Гідравлічні випробування на міцність і герметичність кріплення труб у трубних решітках здійснюється пробним тиском, що визначається галузевим стандартом [19].

Якщо умовний тиск для кожуха менше умовного тиску для трубного простору, випробування герметичності здійснюється повітрям, гасом, галоїдами, гелієм, хладоном, аміаком і т.п.. Якщо товщина трубної решітки розрахована на перепад тиску між трубним і міжтрубним просторами, умови гідравлічного випробування й випробування на герметичність кріплення труб у трубних решітках повинні проводитися відповідно вимогам галузевого стандарту [25].

Зварений шов приварки трубної решітки до фланця й кожуха в апаратах із трубним пучком, що не витягається з кожуха, повинні бути перевірені радіографічним методом або ультразвуковою дефектоскопією по всій його довжині.

У випадку неприступності шва або окремих його ділянок для перевірки радіографічним методом або ультразвуковою дефектоскопією метод контролю вибирається за РД 26-11-01-85.

7.Ремонт теплообмінника

У процесі тривалої роботи відбувається ерозійний і корозійний знос труб і стінок корпусу: теплопередаючі поверхні забруднюються і ефективність теплопередачі падає. Характерними дефектами є зменшення товщини стінки труби, днища, корпуси, свищі в зварних швах, пошкодження ущільнювальних поверхонь, тріщини на корпусних деталях і трубах, вм'ятини, нещільності і пропуски в вальцюванні труб в трубних решітках, збільшення діаметра отворів в трубних решітках, виразкова, межкристаллитная та інші види корозії, пошкодження опор, різьблення на кріпильних деталях, зволоження або пошкодження теплоізоляції.

Планово-попереджувальний ремонт (ППР)

Система планово-попереджувальних ремонтів (ППР) це комплекс організаційних і технічних заходів щодо догляду, нагляду, експлуатації та ремонту технологічного обладнання, спрямованих на попередження передчасного зносу деталей, вузлів і механізмів та утримання їх в працездатному стані.

Сутність системи ППР полягає в тому, що після відпрацювання обладнанням певного часу проводяться профілактичні огляди і різні види планових ремонтів, періодичність і тривалість яких залежать від конструктивних і ремонтних особливостей обладнання і умов його експлуатації.

Система ППР передбачає також комплекс профілактичних заходів з утримання та догляду за обладнанням.

Вона виключає можливість роботи обладнання в умовах прогресуючого зносу, передбачає попереднє виготовлення деталей і вузлів,

планування ремонтних робіт і потреби в трудових і матеріальних ресурсах.

Основний зміст ППР - внутрішньозмінне обслуговування (догляд і нагляд) і проведення профілактичних оглядів обладнання, яке зазвичай покладається на черговий і експлуатаційний персонал, а також виконання планових ремонтів обладнання.

Системою ППР передбачаються також планові профілактичні огляди устаткування інженерно-технічним персоналом підприємства, які виробляються за затвердженим графіком.

Системою ППР передбачаються ремонти обладнання двох видів: поточні і капітальні.

Поточний ремонт обладнання включає виконання робіт по частковій заміні швидкозношуваних деталей або вузлів, вивірки окремих вузлів, очищення, промивання і ревізії механізмів, зміні масла в ємностях (картерних) систем змащення, перевірки кріплення і заміні що вийшли з ладу кріпильних деталей.

При капітальному ремонті, як правило, виконується повне розбирання, очищення і промивання устаткування, що ремонтується, ремонт або заміна базових деталей (наприклад, станин); повна заміна всіх зношених вузлів і деталей; збірка, вивірка і регулювання обладнання.

При капітальному ремонті усуваються всі дефекти обладнання, виявлені як в процесі експлуатації, так і при проведенні ремонту.

Періодичність зупинок устаткування на поточні і капітальні ремонти визначається терміном служби зношуються вузлів і деталей, а тривалість зупинок - часом, необхідним для виконання найбільш трудомісткої роботи.

Система ППР передбачає безаварійну модель експлуатації та ремонту обладнання, проте в результаті зношеності устаткування або аварій проводяться і позапланові ремонти.

Переваги використання системи ППР:

контроль тривалості міжремонтних періодів роботи устаткування
регламентування часу простою обладнання в ремонті
прогнозування витрат на ремонт обладнання, вузлів і механізмів
аналіз причин поломки обладнання
розрахунок чисельності ремонтного персоналу в залежності від
ремонтосложності обладнання

Недоліки системи ППР:

відсутність зручних інструментів планування ремонтних робіт
трудомісткість розрахунків трудовитрат
трудомісткість обліку параметра-індикатора
складність оперативної коригування планованих ремонтів

Підготовчі роботи до ремонту

Перш, ніж приступитися до ремонту теплообмінника необхідно підготувати робоче місце, а саме:

- підготувати необхідний інструмент, пристосування для ремонту, матеріали, запасні частини, арматур, кріплення й ін.;

Зупинка апарата в ремонт

Зупинка апарата в ремонт здійснюється наступним чином:

Для зупинки апарата потрібно його відключити від всіх комунікацій, потім з трубного та міжтрубного простору вивести всі речовини для якісного для швидкого ремонту теплообмінника. Після виходу всіх речовин потрібно прочистити трубний та міжтрубний простір від залишків речовин, які там знаходились.

Також :

1) знижується надлишковий тиск до атмосферного і апарат звільняється від

продукту;

- 2) відключається арматура і ставляться заглушки на всіх підвідних і відвідних трубопроводах;
- 3) проводиться продування азотом або водяною парою з наступним промиванням водою і продувкою повітрям,
- 4) виконується аналіз на наявність отруйних і вибухонебезпечних продуктів;
- 5) складається план і виходить дозвіл на вогневі роботи, якщо вони необхідні в процесі ремонту;
- 6) складається акт здачі в ремонт.

Далі виконуються наступні роботи:

- 1) зняття кришок апарату, люків, демонтаж обв'язки і арматури;
- 2) виявлення дефектів вальцювання і зварювання, а також цілісності трубок гідравлічним випробуваннями на робочий тиск;
- 3) часткова зміна або відключення дефектних трубок, кріплення труб гнуття або зварюванням;
- 4) ремонт футеровки і антикорозійних покриттів деталей з частковою заміною;
- 5) ремонт або заміна арматури, трубопроводів, регулювання запобіжних клапанів;
- 6) зміна ущільнень розбірних з'єднань;
- 7) витяг трубок, чистка внутрішньої поверхні корпусу апарату і теплообмінних трубок, зачистка отворів в трубній решітці, зачистка решт трубок;
- 8) заміна частини корпусу, днищ (кришок) і зношених деталей;
- 9) виготовлення нових трубок;
- 10) вальцювання труб в решітці;

11) монтаж різьбових з'єднань;

12) гідравлічне випробування міжтрубному і трубної частин апарату пробним тиском.

Основні дефекти, які виникають при експлуатації апарата

У процесі тривалої роботи теплообмінні апарати піддаються забрудненню і зносу. Поверхня їх покривається накипом, маслом, відкладеннями солей і смол, окислюється і т.п. Зі збільшенням відкладень зростає термічний опір стінки і погіршується теплообмін.

Знос теплообмінного апарату виражається в наступному:

- 1) зменшення товщини стінки корпусу, днища, трубних решіток;
- 2) випучини і вм'ятини на корпусі і днищах;
- 3) свищі, тріщини, прогари на корпусі, трубках і фланцях;
- 4) збільшення діаметра отворів для труб в трубній решітці;
- 5) прогин трубних решіток і деформація трубок;
- 6) заклинювання плаваючих головок і пошкодження їх струбцин;
- 7) пошкодження лінзових компенсаторів;
- 8) порушення гідро- і теплоізоляції.

Відмови теплообмінників відбуваються в основному через пропуску продукту через вальцювальні з'єднання і через корозію труб трубного пучка.

Приховані дефекти теплообмінників встановлюють обпресуванням міжтрубному простору при відкритих з обох торців кришках. Зношену або лопнула трубу виявляють по появі в ній обпресувальна рідини, а нещільності в з'єднаннях кінців труб з трубними ґратами - за пропусками рідини

Промивання апарата

Із трубного й міжтрубного просторів через штуцера або спеціальні спускні муфти на кришках і корпусі видаляють середовища. Далі протягом

часу, обумовленого фізико-хімічними властивостями робітничого середовища, їх промивають водою, потім пропарюють, для чого в трубопровідній обв'язці теплообмінників передбачається можливість підключення парової лінії, надійно відглушеній при роботі апаратів у робочому режимі. Промиванням і пропарюванням досягають дві мети: підготовку апарата до розкриття шляхом видалення взриво- і пожежебезпечних або токсичних речовин і очищення поверхонь від відкладень. Варто мати на увазі, що промивання - єдиний можливий спосіб видалення відкладень із зовнішніх поверхонь труб і внутрішніх поверхонь корпусу. Тому промиванню міжтрубного простору теплообмінника необхідно приділяти особлива увага.

Бажано промивати апарати гарячою водою, що підігріває парою. На нафтопереробних установках практикують промивання апаратів сумішшю гарячої води й гасу. Гас розчиняє нафтопродукти, а кокс і інші механічні домішки несуться потоком суміші. Ефективність такого промивання зростає, якщо одночасно в трубний простір подається пара. Для економії гасу й скорочення витрати тепла на підігрів відпрацьовану промивну суміш зливають у ємність, де вона відстоюється від бруду й використовується знову. Як промивна рідина застосовують також підігріте до 100—120 °С солярове масло.

У тих випадках, коли відкладення на поверхнях погано розчиняються в гасі або соляровому маслі, застосовують кислотне очищення з використанням спеціальних інгібіторів, які запобігають інтенсивній корозії металу труб і корпусу. Звичайно застосовують соляну кислоту в суміші з інгібітором «уникол». Тривалість промивання визначають на підставі накопиченого досвіду для кожної групи теплообмінників залежно від фізико-хімічних властивостей відкладень.

Для більших груп теплообмінників доцільно мати стаціонарні промивні пристрої, які включають ємності для готування й відстоювання промивної рідини, насоси й комунікації. Для невеликих і не теплообмінників, які промивають часто, практикується застосування пересувних установок, змонтованих на автомобільних або тракторних причепах.

Промивання теплообмінників залежно від ступеня забруднення й гідравлічного опору, що виникає при промиванні, роблять по одному або окремих ділянках. Простіше промивати одночасно всі теплообмінники; для цього використовують існуючу трубопровідну обв'язку.

Трубопровідна обв'язка більших теплообмінних апаратів звичайно передбачає можливість поодиначного відключення їх від системи; для апаратів з невеликою поверхнею теплообміну передбачається попарне відключення. Така обв'язка (байпасування) дозволяє відключити теплообмінники з дефектами від інших апаратів працюючої технологічної установки або блоку.

Аналогічно промивають трубний простір, тобто внутрішні поверхні теплообмінних труб і кришок апарата.

Розбирання й ремонт теплообмінника

До початку розбирання й ремонту теплообмінника необхідно перевірити справність робочих площадок, поруччя й поруччя.

Після промивання апарат надійно від'єднують від комунікацій глухими заглушками й приступають до його розбирання.

Розбирання теплообмінника провести в наступній послідовності:

- а) роз'єднати фланцеві сполуки трубного простору;
- б) роз'єднати фланцеві сполуки трубопроводів міжтрубного простору;
- в) від'єднати трубопроводи від обв'язування теплообмінника, від штуцерів і вийняти прокладки;
- г) демонтувати трубопровідні запорну, регулюючу й вимірвальну арматури;
- д) зняти теплову ізоляцію.

Для розбирання днищ іноді доводиться демонтувати частина трубопроводної обв'язки. Маса кришок твердих кожухотрубчатих теплообмінників значна, тому для їхнього зняття й наступної установки користуються кранами, триногами.

Виявлення й усунення дефектів

Фактичну товщину стінки днищ і секційних перегородок у них вимірюють шляхом висвердлювання отворів, а також за допомогою ультразвукових товщиновимерів. Якість приварки секційних перегородок до днищ перевіряють, заливаючи воду. Її подають по черзі в кожен секцію, для чого на кришці попередньо заглушають усе штуцера, а кришку встановлюють відкритою стороною (чашею) нагору.

Стан кріплення кінців труб у трубних решітках спочатку перевіряють шляхом візуального огляду. Широко поширене кріплення кінців труб у гніздах трубних решіток, розвальцьовуванням. Відмінна риса теплообмінних труб — мала товщина їх, тому кріплення кінців труб у трубних решітках варто перевіряти особливо ретельно. Якість розвальцьовування оцінюють по стані розвальцьованої поверхні, що повинна бути рівномірно деформована, а також за результатами вимірів внутрішнього діаметра розвальцьованого кінця труби; геть повинен перевищувати вихідний діаметр на 15-30% товщини стінки труби. Якість нового розвальцьованої сполуки характеризують ступенем розвальцьовування, обумовленої по формулі:

$$r = \frac{d_B^1 - d_B + D + d_H}{D} \cdot 100$$

де r -ступінь розвальцьовування, %; для теплообмінників $r=0,5-1\%$, d і d^1 - внутрішній діаметр кінця труби відповідно після розвальцьовування й до її, pp ; D — діаметр гнізда труб ний решітки під розвальцьовування, pp ; d_H - зовнішній діаметр кінця труби до розвальцьовування, pp .

Необхідно, щоб кінці труб виступали над поверхнею решітки на довжину, рівну товщині стінок труб, і були відбортовані. Дзвіночок (відбортована ділянка) кінця труби повинен бути цілим, без розривів і тріщин. Варто звертати увагу на ділянки переходу от розвальцьованої поверхні стінки труби до нерозвальцьованого: вони повинні бути плавними, без гострих підрізів стінок.

У більшості випадків труби швидше зношуються по кінцях, тому, вимірюючи їхню товщину, можна судить у стані теплообмінних труб у цілому.

Надмірно зношені труби не можуть забезпечити надійність розвальцьованої сполуки.

У теплообмінниках застосовують також зварене кріплення труб у трубних решітках, якщо решітки й труби виготовлені з металів, що зварюють добре. Більша різниця товщини решітки й стінки труби затрудняє якісне виконання зварювальних робіт. При огляді звертають особливу увагу на рівномірність звареного шва і його товщину, тому що шви в процесі експлуатації піддаються корозійному й ерозійному ізносом.

Візуальним оглядом і шляхом виміру діаметрів вільних перетинів установлюють ступінь забруднення внутрішніх поверхонь труб відкладеннями, які не були вилучені при промиванні. Ці відкладення знімають механічним чищенням; вона полягає в розпушуванні й видаленні з поверхні труб відкладень за допомогою різних інструментів. Процес механічного чищення трудомісткий. У найпростішому випадку труби вручну пронизують шомполами - довгими прутками з наконечником - йоржем. Після цього (а іноді й одночасно) труби продувають пором, що подається в кожну з них окремо. При необхідності ці операції чергують кілька разів, поступово збільшуючи діаметр наконечник-настовбурчуючи.

На заводах знайшли застосування різні пристосування для механізації чищення. В основу їхній покладений принцип обертального буравлення. Обертовий наконечник-бур повільно проштовхується в очищає трубу, що, під дією власної ваги (у випадку вертикально встановлених теплообмінників) або зусиллям робітника (у випадку горизонтально встановлених теплообмінників). Бур па різьбленню з'єднаний з порожнім (трубчастим) валом, довжина якого дорівнює довжині очищає труби, що. Вал приводиться в обертовий рух от пневмо- або електродвигуна через редуктор. Пристосування постачене золотниковим пристроєм для подачі усередину труб промивної води, що через наскрізні отвори на поверхні бура виходить назовні, змиваючи розпушений бруд. У деяких випадках замість води в труби подають водяну пару; при цьому слід особливо дотримуватися правил безпеки щоб уникнути опіків.

Після механічного чищення внутрішні поверхні труб бажано на протязі деякого часу промивати гарячою водою.

Приховані дефекти теплообмінників жорсткої конструкції встановлюють обпресуванням міжтрубного простору при відкритих з обох торців кришках. Зношену або трубу, що лопнула, виявляють по появі в з обпресувальній рідині, а нещільності в сполуках кінців труб із трубними решітками - по пропусканню рідину, що, і запотіванню.

Заміна, що вийшла з ладу труб-складна операція. За трубними решітками труби ріжуть ножівкою (якщо вони доступні для цього), а труби, розташовані з боку решітки, - спеціальною голівкою з різцем, приводом для якого служить вальцювальна турбина або електродріль. Невеликий різець устанавлюють у проріз барабана робочою частиною нагору так, що своєю нижньою скошеною торцевою поверхнею геть сідає на поверхню конуса, що подає, що пов'язаний з барабаном ковзною шпонкою. На барабан насаджена фіксуєча завзята шайба, який геть притискається до трубної решітки й фіксує положення різця в того аркуша, де труба повинна бути відрізана. Обертаючи конус, що подає (а з ним і барабан з різцем), легким осьовим натиском на нього поступово висувають назовні різець, забезпечуючи його поперечну подачу. кінці, що залишилися в гніздах решіток, труб зубилом або бородком сплющують або вибивають. Змінювану трубу за допомогою виточеної по її зовнішньому діаметрі оправлення витягають через одну з решіток і замість її вставляють нову, кінці якої розвальцьовують у решітках або приварюють до них.

Суужніше міняти трубу із привареними кінцями. Для цього вручну або пневматичним молотком зрізують шов, а іноді механічно обробляють гніздо в решітці. На практиці зношені труби заміняють новими дуже рідко; їх звичайно заглушають із двох кінців металевими (наприклад, сталевими) пробками, що мають невелику конусність (3-5°). Пробки забивають туго, щоб вони надійно протистояли максимальному тиску в трубах.

Число відглушених труб не повинне перевищувати 10% загального їхнього числа в пучку, що доводиться на один потік, інакше значно зростає

гідравлічний опір і помітний зменшується поверхня теплообміну. У загальному випадку виявлення декількох дефектних труб у давно працюючих теплообмінниках указує на можливість виходу з ладу всіх труб, оскільки вони працюють в однакових умовах. Підлоги відглушених зношених труб можна підтримати експлуатаційну придатність теплообмінника до найближчого капітального або середнього ремонту, під час якого теплообмінник або його пучок повністю замінюють новим.

У залежності от конструктивного рішення нещільні з'єднання кінців труб із трубними решітками підварюють електрозварюванням або підвальцьовують. Ділянки, що зварюють, зачищають металевими щітками, виявлені тріщини вирубують зубилом. Велике значення мають якість і діаметр електрода, а також величина струму сварки. Підвальцьовка також вимагає високої кваліфікації виконавця. Надмірної підвальцьовкою сполука можна вивести зі строю, тому, якщо одне- або дворазова підвальцьовка не дає результату, трубу з обох кінців приварюють до торців трубних решіток. У цьому випадку прилеглі кінці труб після сварки треба підвальцьовати, щоб зняти вплив нагрівання при зварюванні.

Зношені ділянки корпусу знаходять за допомогою гідравлічного обпресування або ультразвукового дефектоскопа. Підозрілі ділянки свердлять для того, щоб виміряти залишкову товщину звичайними вимірювальними інструментами (штангенциркулем, лінійкою й ін.). Корпус ремонтують, накладаючи на його зовнішню поверхню латки з листової сталі той же марки, з якої виготовлений корпус. Латки приварюють внахлест. Не слід вирізати ушкоджена ділянка корпусу газорезкою для того, щоб приварить потім латку стиковим швом: газорезкою можна ушкодити прилеглі труби, і, крім того, підганяти латку для стикової сварки досить важко. Розміри накладає заплата, що, повинні бути такими, щоб, по-перше, вона повністю покривала зношена ділянка й, по-друге, сварка доводилася на ділянки корпусу з достатньою товщиною.

Корпус

Виявлення дефектів корпусу включає: візуальний огляд для визначення загального стану корпусу й ділянок схильних до найбільшого зносу, виміру залишкової товщини корпусу за допомогою ультразвукового товщиномера, визначення міжкристалевої корозії капілярним методом і виявлення внутрішніх дефектів зварених сполук і основного металу рентгенографією. Особлива увага при огляді варто звернути на стан зварених швів.

При відсутності видимих дефектів і ушкоджень може здійснюватися вибірковий контроль за допомогою кольорової дефектоскопії. При необхідності, для виявлення характеру й розмірів внутрішніх дефектів, контроль здійснюється рентгенівським або гамапроменевим просвічуванням.

По характері знайденого дефекту встановлюють об'єм і спосіб ремонту корпусу.

При наявності механічних ушкоджень і тріщин - проводиться вибірка дефектного металу шляхом вишліфовування корундовським навкруги з періодичним контролем кольоровою дефектоскопією.

При вишліфовуванні не можна допускати перегріву металу. Форма обробки повинна мати плавне переходи до поверхні основного металу. Оброблені місця підлягають перевірці кольоровою дефектоскопією для виявлення залишкових дефектів.

При необхідності проводяться дослідження металографії.

Підготовлені до ремонту ділянки заварюють і зачищають зварений шов.

Гніздообразні тріщини на корпусі апарата ремонтують шляхом установки латок.

Латки встановлюють також у місцях значного корозійно-ерозійного зносу. Визначивши границі ушкодження, намічають контур вирізу; розмір латки повинен перевищувати ушкоджена ділянка на 100-150 мм.

Матеріал для виготовлення латок по механічних і хімічних властивостях повинен відповідати матеріалу ремонтowanego корпусу, товщина аркуша повинна бути не менше проектної. Форма латок може бути круглої, овальної,

прямокутної із закругленими кутами. Радіус закруглення повинен бути не менше 50мм.

Латку вальцюють. Радіус вальцювання повинен бути на 10% менше необхідного, оскільки при зварці латка розпрямляється. Латка вварюється тільки встик.

Заміну обичайки або днища проводять за індивідуальною технологією. Дефектні обичайки замінюють цілою обичайкою або полистно.

При листовій зміні кожний аркуш повинен бути звальцьованим радіусом рівним радіусу обичайки.

Довжина ділянки, що вирізує, повинна бути не більше $1/5$ довжини кола корпусу.

Дефектні днища при неможливості їхнього виправлення на місці замінюють новими.

Штуцера підлягають заміні при наявності на них тріщин всіх видів і напрямків, корозії й розшарування металу.

Заміну штуцерів виконують установкою нового штуцера із заміною зміцнюючого кільця. Штуцер відрізають вогневим способом на відстані 10-12мм від поверхні зміцнюючого кільця, механічним способом видаляють частину штуцера й шов приварювання зміцнюючого кільця, що залишилася, до корпусу. Знімають зміцнююче кільце, зачищають корпус від залишків шва абразивним колом і за допомогою шлифувальної машинки готують крайки отвору під новий штуцер.

При одержанні отвору більшого діаметру або неправильній формі варто виконати наплавлення.

Новий штуцер установлюють в отвір і прихоплюють до корпусу, число прихваток повинне бути не менше трьох з найбільшою відстанню між ними 200-250мм.

Штуцер приварюють до корпусу, зачищають корінь шва й виконують підварку шва при У-образній обробці.

Готовий шов піддають контролю проникаючою радіацією, а у випадку неможливості просвічування - кольоровою дефектоскопією.

Установлюють на корпус зміцнююче кільце й прихоплюють в 4-6 місцях при відстані між прихватами не більше 200-250мм. Приварюють зміцнююче кільце до патрубку штуцера й корпусу.

Зварені шви корпусу й корпусних елементів з постійні 08Х21Н6М2Т випробувати на міжкристалу корозію методом АМ за ДСТ 6032-73.

Зварювальні матеріали, призначені для виконання зварених сполук, до яких пред'являються вимоги по стійкості до міжкристалевої корозії, перед запуском у виробництво повинні бути випробуваними на схильність до міжкристалевої корозії за ДСТ 6032-73.

Технологія зварки на виконання ремонтних робіт повинна бути розроблена зварювальною лабораторією й затверджена головним механіком підприємства.

Ущільнюючі поверхні

Оглянути поверхні ущільнювачів фланцевих сполук. Очистити їх від бруду, видалити задирки (якщо вони є).

При виявленні вм'ятин, рисок, раковин на ущільнюючих поверхнях, їх відстороняють шляхом шліфування. Якщо неможливо провести ремонт фланця на місці, його заміняють.

Перевірити стан штуцерів.

Зношені штуцери вирізати й замінити новими з обов'язковою установкою зміцнюючих кілець.

Перевірити стан кріплення фланцевих сполук. Якщо знайдені шпильки із зірваним різьбленням, зі слідами корозії, мають кривизну більше 0,2мм на 100мм довжини, їх заміняють новими. Перед установкою кріплення змазати графітним мастилом.

Розвальцювання труб у трубних решітках

Інструмент, устаткування й технологія розвальцювання труб вальцьованих і комбінованих сполук повинні відповідати вимогам галузевого стандарту [20].

Конусність внутрішньої поверхні труби після розвальцювання не повинна бути більше 0,3 мм на довжині розвальцювання l_6 . Гострі крайки в місці переходу від розвальцьованої частини труби до нерозвальцьованого, а також відшарування й шелушіння металу на внутрішній поверхні труби не допускаються.

Зварювання труб із трубною решіткою

Перед зварюванням труб із трубними решітками кінці труб, а також лицьову поверхню решітки й отвори в трубній решітці варто зачистити до чистого металу від іржі, бруду, масла й ретельно знежирити.

Діаметральний зазор між трубною решіткою й трубою не повинен перевищувати 0,3 мм. Для забезпечення цієї вимоги рекомендується конічне розвальцювання труби перед зварюванням до зіткнення зовнішньої поверхні труби із краєм трубного отвору.

Прийом теплообмінника з ремонту

Прийом апарата з ремонту в експлуатацію проводиться після виконання всіх робіт і проведення гідравлічного випробування.

Прийом теплообмінника проводиться на підставі вимог інструкції «Про порядок здачі й прийому встаткування в ремонт і з ремонту» діючого виробництва зі складанням акту за установленою формою.

8. Техніка безпеки .

Основні відомості техніки безпеки.

Кожна теплообмінна установка являє собою джерело підвищеної небезпеки, так як при експлуатації даний агрегат виробляє пар або воду, що має підвищену температуру. Варто ще підкреслити, - робота теплообмінника пов'язана з підвищеним тиском, що також є потенційним джерелом небезпеки. За вищезгаданих причин, експлуатацію, ремонт і обслуговування даних установок слід виконувати згідно з вимогами техніки безпеки, прийнятої для даної галузі.

До експлуатації та ремонту вищевказаних агрегатів допускаються тільки особи, які мають певний досвід роботи, які пройшли відповідне навчання з перевіркою якості засвоєних знань і вік не менше 18 років.

При установці теплообмінника потрібно правильно підготувати підставу, а під час проведення зварювальних робіт забезпечити наявність заземлення. Перед пуском апарату в обов'язковому порядку проводиться перевірка правильності монтажу трубопроводів і герметичності з'єднань.

При експлуатації теплообмінника періодично проводиться очистка його теплообмінних поверхонь і перевірка герметичності з'єднань. Промивання теплообмінників проводиться з певною періодичністю, незважаючи на те, що в якійсь мірі теплообмінники здатні до самоочищення. Примусова промивка проводиться з наступних причин:

Накопичення малорозчинних забруднень, які мають тенденцію до коксування, що значно ускладнює подальший процес очищення;

Профілактичні роботи завжди проводяться швидше і обходяться дешевше, ніж усунення наслідків;

Нехтування регулярної очищенням може привести до пошкодження або повного виходу з ладу теплообмінного апарату.

Перед ремонтом теплообмінник необхідно відключити від підвідних і відвідних трубопроводів, повністю звільняють його від пари і води, і після дозволу начальника цеху, де знаходиться даний агрегат, приступають до його ремонту. Попередньо замикають відкриває арматуру і встановлюють попереджувальні таблички.

При відключенні теплообмінника від трубопроводів потрібно ретельно дотримуватися черговість дій, встановлену для даного виду робіт.

Про кожному етапі дій проводиться запис у відповідному журналі, причому начальник зміни повинен особисто переконатися в безпеці місця роботи. Після закінчення ремонтних робіт також проводиться запис, прибираються таблички і проводяться необхідні роботи для введення теплообмінника в лад. Розглянемо ці положення більш докладніше.

Заходи для запобігання шкідливим і небезпечним чинникам при ремонті технологічного устаткування.

Допуск для проведення робіт

Для виконання ремонтно-монтажних робіт існує система допуску, дозволів і нарядів на проведення особливо небезпечних робіт.

Допуск - це спеціальний документ, в якому містяться наступні дані: місце, час, склад бригади і відповідальна особа за проведення ремонтних робіт. Тут же вказані засоби безпеки для проведення робіт і зафіксований факт перевірки цих засобів, закріплений підписами цих осіб, які провели перевірку. Допуск затверджений головним інженером підприємства і узгоджений з пожежною охороною, з газорятівною службою.

Перед проведенням ремонтних робіт необхідно скласти план організації робіт (ПОР); всі учасники робіт повинні бути ознайомлені з ППР і пройти інструктаж по техніці безпеки.

Всі роботи по монтажу колони необхідно виконувати у відповідності з ПОР.

Організація робочого місця.

При ремонтно-монтажних роботах кожне робоче місце повинне відповідати вимогам ТБ:

- вільні проходи (шляху доставки деталей, інструментів);
- огорожа зон робіт (оберігаючі і застережливі пристрої);
- у нічний час спеціальне освітлення.

При виконанні ремонтних робіт підрядчик не повинен допускати захаращування матеріалами та будівельними відходами проїздів до пожежних гідрантів, місць, а також території навколо та в середині цехів до різного устаткування. Щодня після закінчення робіт безпосередній керівник зобов'язаний забезпечити прибирання місць. У місцях, що представляють небезпеку при проведенні ремонтних робіт, підрядчиком повинен бути вивішений застережливий плакат, та захищені отвори для передачі устаткування і матеріалів в ремонтну зону. Ліси, підмостки та інші пристосування для виконання будівельних та монтажних робіт на висоті повинні бути інвентарними, виготовлятися за типовими проектами та відповідати вимогам ГОСТ 12.2.012-75. Для лісів повинні застосовуватися тільки металеві кріпильні елементи (болти, хомути скоби), стійки, рами, опорні сходи та інші вертикальні елементи лісів повинні бути встановлені по схилу і розкріплюватися відповідно до проекту. Нижні частини стійки, розміщені біля проїздів повинні бути захищені від ударів проїжджаючого транспорту.

Забороняється встановлювати ліси на нерівній поверхні, а також вирівнювати під ними підкладку за допомогою цегли, каменів, обрізків дощок, та інших предметів. Забороняється кріпити ліси до парапетів балками та іншими виступаючими частинами будівель і споруд.

При висоті лісів (стоячих та підвісних) більше 6 м повинно бути не менше 2х настилів: робочій (верхній) та захисний (ніжній). Роботи на декількох ярусах по одній вертикалі без проміжних захисних настилів між ними не допускається.

Підйом і спуск людей на ліси допускається тільки по сходах, розташованих на відстані не більше 40 м один від одного, закріпленим верхнім кінцем до поперечини лісів, ухил сходів не повинен перевищувати 60 градусів до горизонталі.

Зміцнення гачків, хомутів і пальців підвісних монтажних лісів на вмонтованих елементах конструкції повинно проводитися до їх підйому.

Порядок підготовки устаткування до проведення ремонтних робіт.

При підготовці до ремонту устаткування і комунікації повинні бути:

- зупинені згідно вимогам технологічного регламенту;
- звільнені від продуктів, що залишилися в них;
- продуті азотом, повітрям;
- очищені від забруднень;
- відключені від устаткування, що діє, і комунікацій за допомогою заглушок;
- здані в ремонт по відповідній інструкції.

Розтин апарату необхідно проводити тільки у присутності начальника зміни або відповідального за проведення робіт.

Техніка безпеки при роботі на висоті.

Роботи, що виконуються на висоті 1,5 м від поверхні ґрунту або перекриття, над якими проводяться роботи з монтажних пристосувань або безпосередньо з елементів конструкцій, устаткування, машин і механізмів при їх установці, експлуатації, монтажі і ремонті, називаються роботами на висоті.

Ці роботи повинні виконуватися із застосуванням приставних сходів, драбин, підмостків, лісів, що мають огорожі або при обов'язковому застосуванні перевірених і випробуваних запобіжних поясів, якщо робота проводиться з необгороджених поверхонь.

При роботі на висоті необхідно враховувати вимоги до лісів, до підмостків, до кріплень сходів, до підвісних і підйомних пристроїв.

Роботи на висоті ведуться з використанням телескопічних веж, підвісних люльок з лебідками, а також приставних сходів - драбин і пристосувань перевірених на міцність і таких, що забезпечують безпеку ведення робіт.

До засобів індивідуального захисту монтажників відносяться:

- запобіжний пояс;
- спецодяг;
- каска;
- взуття;
- сумка для інструменту.

Для огорожі робочих місць допускається застосовувати металеву сітку заввишки не менше 1 м з поручнем.

Огорожі і поручні повинні витримувати зосереджене навантаження 70 кгс.

При неможливості і недоцільності пристрою огорож робочі повинні бути забезпечені запобіжними поясами.

Підйом та спуск людей на ліси допускається тільки по сходах, із закріпленим верхнім кінцем до поперечини лісів, ухил сходів не повинен перевищувати 60° до горизонтальної поверхні.

Люди, які працюють на висоті повинні бути забезпечені індивідуальними сумками або інструментальним ящиком, забезпечені захисними касками.

При установці подмостей висотою більше 2,5 м вони повинні кріпитися до стіни.

Лінії електропередачі, розташовані ближче 5 м від металевих лісів необхідно (на час установки або розбирання лісів) зняти, знеструмити або укласти в дерев'яні коробки.

Підйом людей на підмостки допускається тільки по приставних сходах або трапах.

Прогин при максимальному розрахунковому навантаженні не повинен бути більше 20 мм.

При довжині трапів і мостків більше 3 м під ними повинні встановлюватися проміжні опори. Ширина трапів і мостків не повинна бути менше 0,6 м. Трапи і мостки повинні мати огорожі. По всій довжині трапа

через кожних 30-40 см повинні бути планки для упору ніг перетином 20x40 мм.

Переносні сходи і драбини повинні мати пристрої, що запобігають при роботі можливості зрушення і перекидання.

Нижні кінці переносних сходів і драбин повинні мати оковування з гострими наконечниками, а при користуванні ними на асфальтових, бетонних і подібних підлогах повинні мати черевики з гуми або іншого нековзного матеріалу. При необхідності верхні кінці сходів повинні мати спеціальні крюки для закріплення до конструкцій.

Переносні дерев'яні сходи і розсувні сходи-драбини завдовжки більше 3 м повинні мати не менш 2-х металевих стяжних болтів, встановлених під ступенями. Розсувні сходи-драбини повинні бути обладнані пристроями, що виключають можливість їх мимовільного зрушення.

Загальна довжина сходів не повинна перевищувати 5 м.

Вертикальні сходи, сходи з кутом нахилу до горизонту більш 75° при висоті більше 5 м повинні мати, починаючи з висоти 3 м, огорожі у вигляді дуг.

Загальна довжина (висота) приставних сходів повинна забезпечувати робочому можливість проводити роботу в положенні стоячи на ступені, що знаходиться на відстані не менше 1 м від верхнього кінця сходів.

При роботі з приставних сходів на висоті більше 1,3 м слід застосовувати запобіжний пояс, прикріплених до конструкції споруди або до сходів за умови кріплення її до конструкції.

Дерев'яні сходи випробовуються два рази у рік, металеві - один раз в рік.

Перевірка справності приставних сходів проводиться щомісячно відповідальною особою.

Місця установки приставних сходів на ділянках руху транспорту або людей належить захищати або охороняти.

Забороняється працювати з механізованим інструментом з приставних сходів.

Організація безпечного проведення вогняних робіт

До вогняних робіт відносяться виробничі операції, зв'язані із застосуванням відкритого вогню, іскроутворюванням і нагріванням до температур, здатних викликати займання матеріалів і конструкцій (електрозварювання, електрорізка, бензорізка, паяльні роботи, обробка металу з виділенням іскр і тому подібне).

До виконання вогняних робіт допускаються особи не молодше 18 років, що пройшли медичний огляд, навчені безпечним методам і прийомам роботи, що пройшли перевірку знань і посвідчення, що отримали, талон-попередження по пожежній безпеці.

Місця проведення вогняних робіт можуть бути постійними і тимчасовими.

Вогняні роботи на тимчасових місцях проводяться безпосередньо в приміщеннях або на території підприємства в цілях ремонту устаткування або монтажу комунікацій і будівельних конструкцій по спеціальному дозволу.

Постійні місця організуються в спеціально обладнаних відповідно до протипожежних норм майстерень або на відкритих майданчиках.

Вогняні роботи на цих місцях проводяться без письмового дозволу.

На проведення вогняних робіт оформляється дозвіл, що передбачає розробку і подальше здійснення комплексу заходів щодо підготовки до безпечного проведення робіт.

Устаткування і комунікації, на яких проводитимуться вогняні роботи повинні бути зупинені, підготовлені до проведення вогняних робіт і здані по акту згідно інструкціям, що діють на підприємстві.

Місце проведення вогняної роботи повинне бути позначено (захищено), а при необхідності виставлені пости з метою недопущення перебування сторонніх осіб в небезпечній зоні.

Перед початком і періодично в процесі проведення вогняних робіт необхідно проводити аналізи стану повітряного середовища на місці робіт. Результати аналізів записуються в дозволі. У разі проведення аналізів більш 1-го разу в зміну результати записуються в цеховому журналі аналізів повітряного середовища, який повинен знаходитися у начальника зміни.

Організація безпечного проведення газонебезпечних робіт

До газонебезпечних робіт відносяться роботи, пов'язані з оглядом, чищенням, ремонтом, розгерметизацією технологічного устаткування, комунікацій, зокрема роботи усередині ємкостей, при проведенні яких є або не виключена можливість виділення в робочу зону взриво-пожежебезпечним або шкідливої пари, газів і інших речовин, здатних викликати вибух, загоряння, надати шкідливу дію на організм людини, а також роботи при недостатньому змісті кисню (об'ємна частка нижче 20 %).

У цеху складений перелік газонебезпечних робіт. У переліку роздільно вказані газонебезпечні роботи:

I - що проводяться з оформленням наряду-допуску;

II - роботи, що проводяться з оформленням наряду-допуску без засобів захисту;

III - що проводяться без оформлення наряду-допуску, але з обов'язковою реєстрацією таких робіт перед їх початком в журналі;

IV - викликані необхідністю ліквідації або локалізації можливих аварійних ситуацій і аварій.

На проведення газонебезпечних робіт оформляється наряд-допуск, що передбачає розробку і подальше здійснення комплексу заходів щодо підготовки і безпечного проведення робіт.

Газонебезпечні роботи, що періодично повторюються, є невід'ємною частиною технологічного процесу, характеризуються аналогічними умовами їх проведення, постійністю місця і характеру робіт, певним складом виконавців (установка і зняття заглушок на насосах, заміна всмоктуючих і нагнітальних клапанів на компресорах природного газу) можуть проводитися

без оформлення наряду-допуску. Всі ці роботи включаються в перелік газонебезпечних робіт.

Реєструються ці роботи в цеху в журналі обліку газонебезпечних робіт, що проводяться без оформлення нарядів-допусків. Журнал повинен бути пронумерований, прошнурований і скріплює мастичним або сургучним друком. Термін зберігання журналу - три місяці з дня його закінчення.

Порядок оформлення документації на проведення газонебезпечних робіт.

Наряд-допуск на проведення газонебезпечних робіт з діагональною жовтою смугою складається і підписується спільно заст. начальника цеху і механіком цеху, підписується начальником цеху або особою що його заміщає, узгоджується з командиром ВГСО, інженером по охороні праці виробництва, при необхідності з суміжними цехами, і затверджується начальником виробництва.

Головним інженером підприємства або його заступником по виробництву наряд-допуск затверджується у випадках, коли газонебезпечні роботи проводяться усередині ємкостей без засобів захисту органів дихання, при необхідності роботи в киснево-ізолюючих протигасах і коли начальник виробництва не може ухвалити рішення по безпечному проведенню газонебезпечних робіт.

При затвердженні наряду-допуску головним інженером або його заступником по виробництву, додатково узгоджується з начальником виробництва і заступником генерального директора по охороні праці або начальником відділу охорони праці.

Наряд-допуск оформляється в двох екземплярах, і після твердження обидва екземпляри передаються в цех для остаточного оформлення.

Після виконання підготовчих робіт особа, відповідальна за підготовку до проведення газонебезпечних робіт, здає об'єкт особі, відповідальній за проведення газонебезпечних робіт, що підтверджується підписами в наряді-допуску.

Під час проведення газонебезпечної роботи один екземпляр наряду-допуску знаходиться у начальника зміни, другої, - у відповідального за проведення цієї роботи.

Після закінчення газонебезпечної роботи обидва екземпляри наряду-допуску передаються механікові цеху. Один екземпляр зберігається в справах механіка цеху не менше трьох місяців, другий екземпляр механік цеху не пізніше за п'ять днів після закінчення газонебезпечної роботи передає у ВГСО.

Якщо по оформленому наряду-допуску робота не проводилася протягом одного місяця, то в п.18 робиться відмітка "Робота не проводилася" і один екземпляр передається у ВГСО.

Наряд-допуск оформляється на одну одиницю устаткування і може діяти підряд протягом п'яти календарних днів.

У всіх випадках проведення робіт в ємкостях, а також робіт пов'язаних з розгерметизацією устаткування і трубопроводів (зняття і установка заглушок і ін.), до наряду-допуску повинні бути прикладені схеми розташування запорної арматури, видалення продукту, промивки, пропарювання апарату і установки заглушок, підписана начальником цеху або його заступником.

Техніка безпеки при випробуваннях устаткування.

Агрегати і газові колектори, що працюють з пальними, вибухонебезпечними і токсичними середовищами, перед включенням їх в роботу після проведення ремонтів і оглядів з розтином або розбиранням, повинні піддаватися випробуванню на герметичність.

Знов змонтовані або такі, що пройшли ремонти із застосуванням зварки судини та трубопроводи, до пневматичного випробування на герметичність повинні бути випробувані на міцність.

При випробуванні на герметичність агрегати повинні бути заздалегідь від'єднані від решти апаратів та трубопроводів, що не вимагають перевірки, а також тих, що вимагають перевірки на герметичність, але при іншому

випробувальному тиску. Відключення проводиться шляхом закриття запорної арматури і установки заглушок.

Гідравлічні випробування проводяться з періодичністю, яку разом з величиною пробного тиску і порядком його підйому вказано в паспорті на ємкість. Треба навести вимоги техніки безпеки до гідравлічних випробувань стосовно даного проекту.

До таких вимог відносять:

- попередню підготовку апарату;
- попередній його огляд;
- температурні межі випробувань;
- заборону використання повітря для підйому тиску;
- поступовий підйом тиску, згідно рекомендаціям паспорту;
- для контролю тиску використання двох манометрів.

Пневматичні випробування повинні проводитися відповідно до інструкції про порядок проведення випробування на герметичність судин, що працюють під тиском.

При проведенні випробувань необхідно дотримання наступних засобів безпеки:

- попередній зовнішній і внутрішній огляд зварних швів;
- апарат, повинен бути очищений, промитий і продутий;
- межі зон повинні бути захищені (вивішені попереджувальні прапорці);
- у зоні огорож ніхто не повинен знаходитися;
- підйом тиску повинен проводитися плавно і припиняється під час проміжного огляду;
- манометри повинні знаходитися поза зоною, що охороняється;

Агрегати, призначені для роботи із пожежебезпечними середовищами, допускається випробувати повітрям лише в тому випадку, якщо вони не були в роботі, або перед випробуванням були повністю

очищені і лабораторним аналізом встановлена безпека середовища в судинах і трубопроводах.

Висновки

Конструкція кип'ятильника, його основних складових одиниць і розрахунки виконані відповідно до діючої в хімічному машинобудуванні нормативно – технічної документації.

Розрахунки кип'ятильника на міцність виконані в повному обсязі і підтверджують працездатність розробленої конструкції апарата.

У ході виконання дипломної роботи були розраховані матеріальний і тепловий баланси. Визначено основні розміри проектованої колони та кип'ятильника:

Визначено діаметри штуцерів, підібрані стандартні конструктивні елементи.

Накреслена графічна частина : загальний вигляд кип'ятильника, загальний вид колони ректифікації, технологічна схема ректифікаційної установки, складові одиниці апаратів.

Список літератури

1. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1987. – 576с.
2. Справочник химика, т. 5. – М.: Химия, 1968. – 975 с.
3. Отраслевой стандарт (Ост 26-01-1488-83).
4. Доманский И.В., Исаков В.П. и др. Под общей редакцией Соколова В.Н. Машины и аппараты химических производств: Примеры и задачи. – Л.: Машиностроение, 1982. – 384 с.
5. Расчеты основных процессов и аппаратов нефтепереработки. Справочник/Под редакцией Судакова Е.Н., 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1979. – 568 с.
6. Борисов Г.С., Брыков В.П., Дытнерский Ю.И. и др. Под ред. Дытнерского Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии, 2-е изд., перераб. и дополн. – М.: Химия, 1991. – 496 с.
7. Коган В.Б., Фридман В.М, Кафаров В.В. Равновесие между жидкостью и паром. Справочное пособие, книга 1-я и 2-я. – М.-Л.: Наука, 1966. – 640 с. + 786 с.
8. Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. Процессы и аппараты химической технологии, 4-е изд. – М.: Химия, 1967. – 848 с.
9. Романков П.Г., Курочкина М.И. Расчетные диаграммы и номограммы по курсу "Процессы и аппараты химической промышленности". – Л.: Химия, 1985. – 54 с.
10. Чернышев А.К., Коптелов В.Г., Листов В.В., Заичко Н.Д. Основные теплофизические свойства газов и жидкостей. Номографический справочник. – Кемеровское изд-во, 1971. – 225 с.
11. Дытнерский Ю.И. и др. Колонные аппараты. Каталог/ Под ред. Дытнерского Ю.И., 2-е изд-во. – М.: ЦИНИНЕФТЕХИММАШ, 1978. – С. 220.
12. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии, 3-е изд. – М.: Химия, 1987. – 496 с.
13. В.В. Іванченко, О.І Барвін, Ю.М Штонда Конструювання та розрахунок кожухотрубчастих теплообмінних апаратів: – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля. – 2006. – 208 с.