

ВСТУП

У ряді виробництв хімічної, нафтової і інших галузей промисловості в результаті різних технологічних процесів отримують суміші рідин, які необхідно розділити на складові частини.

Для розділення сумішей рідин і зріджених газових сумішей в промисловості застосовують способи простої перегонки (дистиляції), перегонки під вакуумом і з водяною парою, молекулярної перегонки і ректифікації. Ректифікацію широко використовують в промисловості для повного розділення сумішей летких рідин, частково або цілком розчинних одна в іншій.

Суть процесу ректифікації зводиться до виділення з суміші двох або в загальному випадку декількох рідин з різними температурами кипіння однієї або декількох рідин в більш менш чистому вигляді. Це досягається нагріванням і випаровуванням такої суміші з подальшим багатократним тепло- і масообміном між рідкою і паровою фазами; в результаті частина легколетучого компонента переходить з рідкої фази в парову, а частина менш леткого компонента—з парової фази в рідку.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1 Перегонка рідини

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.

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 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 високо киплячий (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: проста перегонка (дистиляція) і 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. 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 дистилат, або ректифікат (верхній продукт) і флегму – рідину, що повертається для зрошування колони і взаємодії з парою, 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.

1.2 Апаратурне оформлення процесів перегонки рідини

Конструкції ректифікаційних колон

Апарати, призначені для проведення процесів перегонки, називають ректифікаційними колонами. 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 (пари) і рідини;

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

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

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

Апарати із змоченою насадкою виконуються у вигляді циліндричної колони, заповненої тілами насадки (колони насадкові).

У насадкових колонах доцільно розміщувати перегородки, що збирають рідину, відстань між якими дорівнює трьом-чотирьом діаметрам апарату. Збираючі перегородки виконуються у вигляді усічених конусів, або у вигляді тарілок із зливними патрубками. Перегородки останнього типу ефективніші.

До апаратів, в яких поверхня фазового контакту створюється потоками газу і рідини входять насадкові колони, що працюють в режимі підвисання і емульгування, а також колони з ситчастими, гратчастими, ковпачковими і іншими тарілками.

У апаратах, в яких поверхня фазового контакту створюється розбризкуванням рідини поверхня зіткнення фаз створюється шляхом розбризкування рідини в масі газу (пари) на дрібні краплі. Абсорбери цього типу часто виконуються у вигляді колон, в яких розбризкування рідини проводиться зверху, а газ рухається від низу до верху, і застосовуються головним чином для абсорбції згазового потоку добре розчинних газів.

Великий інтерес представляють багатоколонні ректифікаційні апарати. У них можна проводити розділення з мінімальною витратою теплоти, використовуючи можливості випару і конденсації при різному тиску.

Вся різноманітність апаратів для здійснення процесів дистиляції і ректифікації зводиться головним чином до різноманітності контактних пристроїв: насадок, тарілок.

Насадкові колони. Насадкові колони знайшли застосування в тих випадках, коли необхідно забезпечити малу величину затримки рідини в

колоні, невеликий перепад тиску, а також для малотонажних виробництв. Останніми роками були створені нові типи насадок (кільця Паля, поперечного металу, сіток і ін.), які виявилися ефективними в колонах великого діаметру. Це створило перспективи застосування насадок деяких типів для багатопверхових виробництв (вакуумна перегонка мазуту).

Основні типи насадок. Насадками є тверді тіла різної форми, які завантажують в корпус колони навалюванням або укладають певним чином. Розвинена поверхня насадок обумовлює значну поверхню контакту пари і рідини.

Для заповненнянасадкових колон широко застосовують кільця Рашига, виготовлені зрізних матеріалів, що забезпечує універсальність їх практичного використання. Проте кільця Рашига володіють невисокою продуктивністю і порівняно високим опором. Останнє є перешкодою для їх застосування для вакуумних процесів.

Створені останніми роками різні модифікації кілець Рашига - кільця Паля, кільця Борад та інші дозволили отримати кращі робочі характеристики, чим кільця Рашига.

У зв'язку з необхідністю створення насадок з низьким гідравлічним опором були розроблені різні варіанти регулярного укладання тіл насадок, блокові насадки, а також насадки з сіток різних конструкцій.

Основними розмірними характеристиками насадок є питома поверхня і вільний об'єм. Під питомою поверхнею насадки розуміють сумарну поверхню всіх тіл насадок в одиниці об'єму апарату. Чим більше питома поверхня насадки, тим вище її ефективність, але більше гідравлічний опір і менше продуктивність.

Під вільним об'ємом насадки розуміють сумарний об'єм порожнеч між тілами насадок в одиниці об'єму апарату. Чим більше вільний об'єм насадки, тим вище її продуктивність, менше опір і ефективність. Із збільшенням розмірів тіл насадок зростає продуктивність, але одночасно знижується ефективність розділення.

Тарільчасті колони найчастіше застосовують в ректифікаційних установках.

Застосовують ковпачкові клапанні, ситчасті, S-подібні, лускові, провальні і інші конструкції тарілок.

Клапанні тарілки показали високу ефективність при значних інтервалах навантажень завдяки можливості саморегулювання. Залежно від навантаження клапан переміщається вертикально, змінюючи поверхню перетину для проходу пари, причому максимальний перетин визначається висотою обмежувача підйому. Поверхня перетину отворів для пари складає 10—15% площини перетину колони. Швидкість пари досягає 1,2 м/с. Клапани виготовляють у вигляді пластин круглого або прямокутного перетину з верхнім або нижнім обмежувачем підйому.

Тарілки, зібрані з S-подібних елементів, забезпечують рух пари і рідини в одному напрямку, сприяючи вирівнюванню концентрації рідини на тарілці. Поверхня перетину тарілки складає 12—20% від площини перетину колони. Коробчатий поперечний перетин елемента створює значну жорсткість, що дозволяє встановлювати його на опорне кільце без проміжних опор в колонах діаметром до 4,5 м.

Лускові тарілки подають пару у напрямі потоку рідини. Вони працюють найефективніше при струменевому режимі, що виникає при швидкості пари в лусках понад 12 м/с. Поверхня перетину складає 10% площини перетину колони. Луски бувають арочними і пелюстковими, їх розташовують на тарілці в шаховому порядку. Простота конструкції, ефективність і велика продуктивність — переваги цих тарілок.

Пластинчасті тарілки зібрані з окремих пластин, розташованих під кутом 4—9° до горизонту. У зазорах між пластинами минає пара із швидкістю 20—50 м/с. Над пластинами встановлені відбійні щитки, які зменшують унесення бризок. Ці тарілки відрізняються великою продуктивністю, малим опором і простотою конструкції.

До провальних відносять тарілки решітчасті, колосникові, трубчасті, ситчасті (плоскі або хвилясті без зливних пристроїв). Поверхня перетину

тарілок змінюється в межах 15—30%. Рідина і пара проходять поперемінно через кожен отвір залежно від співвідношення їх натисків. Тарілки мають малий опір, високий ККД, працюють при значних навантаженнях і відрізняються простотою конструкції.

Ситчасті колони застосовують головним чином при ректифікації спирту і рідкого повітря. Допустимі навантаження по рідині і парі для них відносно невеликі, і регулювання режиму їх роботи скрутне. Масо- і теплообмін між парою і рідиною в основному походять на деякій відстані від дна тарілки в шарі піни і бризок. Тиск і швидкість пари, що проходить через отвори тарілки, мають бути достатні для подолання тиску шару рідини на тарілці і створення опору її набряканню через отвори. Ситчасті тарілки необхідно встановлювати строго горизонтально для забезпечення проходження пари через всі отвори тарілки, а також щоб уникнути стікання рідини через них.

1.3 Конструкції теплообмінного обладнання

Апарати, призначені для проведення теплообмінних процесів, називають теплообмінними. Їх застосовують для робочих середовищ із різним агрегатним станом у широкому діапазоні тисків, температур та фізико-хімічних властивостей.

Теплообмінні апарати класифікуються за такими основними ознаками:

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

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

- за взаємним напрямом робочих середовищ – прототечийні, протитечийні та змішаного току.

Кожухотрубчасті теплообмінні апарати класифікуються наступним 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 компоуванням – одинарні та здвоєні;

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

До сучасних теплообмінних апаратів пред'являються такі основні вимоги:

- конструкція апарату має бути технологічною, надійною протягом передбаченого технічною документацією терміну служби, забезпечувати безпеку при виготовленні, монтажі і експлуатації, передбачати можливість огляду (у тому числі внутрішньої поверхні), очищення, промивання, продування і ремонту, а також забезпечувати можливість термообробки, передбаченої кресленням;

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

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

°C), 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.

Кожухотрубчасті теплообмінні апарати з розширником на кожусі є модифікацією апаратів з нерухомими трубними решітками та температурним компенсатором на кожусі.

Зберігаючи всі переваги апаратів з нерухомими трубними решітками, вони разом з тим забезпечують підвищення теплової ефективності порівняно з ними за рахунок:

- збільшення поверхні теплообміну завдяки більш повному заповненню міжтрубного простору трубами внаслідок введення розширників в районі штуцерів та застосування труб із завуженими кінцями в рядах біля подовжніх перегородок у розподільній камері;

- збільшення коефіцієнта теплопередачі завдяки спрямуванню спеціальними кільцевими відбійниками середовища міжтрубного простору на трубну решітку. В цьому випадку виключаються застійні зони, і в теплообміні бере участь вся поверхня.

Кожухотрубчасті теплообмінні апарати з плаваючою головкою (тип П) застосовуються при практично необмеженій різниці температур труб і кожуха а також в тому випадку, якщо необхідна чистка зовнішньої (при розміщенні теплообмінних труб по вершинам квадратів) та внутрішньої поверхонь труб. В цих апаратах можлива також заміна пошкоджених труб. Разом з тим апарати типу П відрізняються більш складною конструкцією від апаратів типів Н і К.

Кожухотрубчасті теплообмінні апарати з U-подібними трубами застосовуються при більшій різниці температур труб і кожуха ніж апарати з температурним компенсатором на кожусі та при відсутності необхідності механічної очистки зовнішньої і внутрішньої поверхонь труб. В цих апаратах практично неможлива заміна пошкоджених труб. Разом з тим

апарати типу ТУ відрізняються більш простою конструкцією порівняно з апаратами типу ТП.

2 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ТА КОНСТРУКЦІЇ КОЛОНИ І ПІДГРІВАЧА

2.1 Технологічна схема

Початкову суміш з проміжної ємкості Є1 центробежним насосом Н2 подають в підігрівач П, де вона підігрівається до температури кипіння. Нагріта суміш поступає на розділення в ректифікаційну колону КР 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 К.

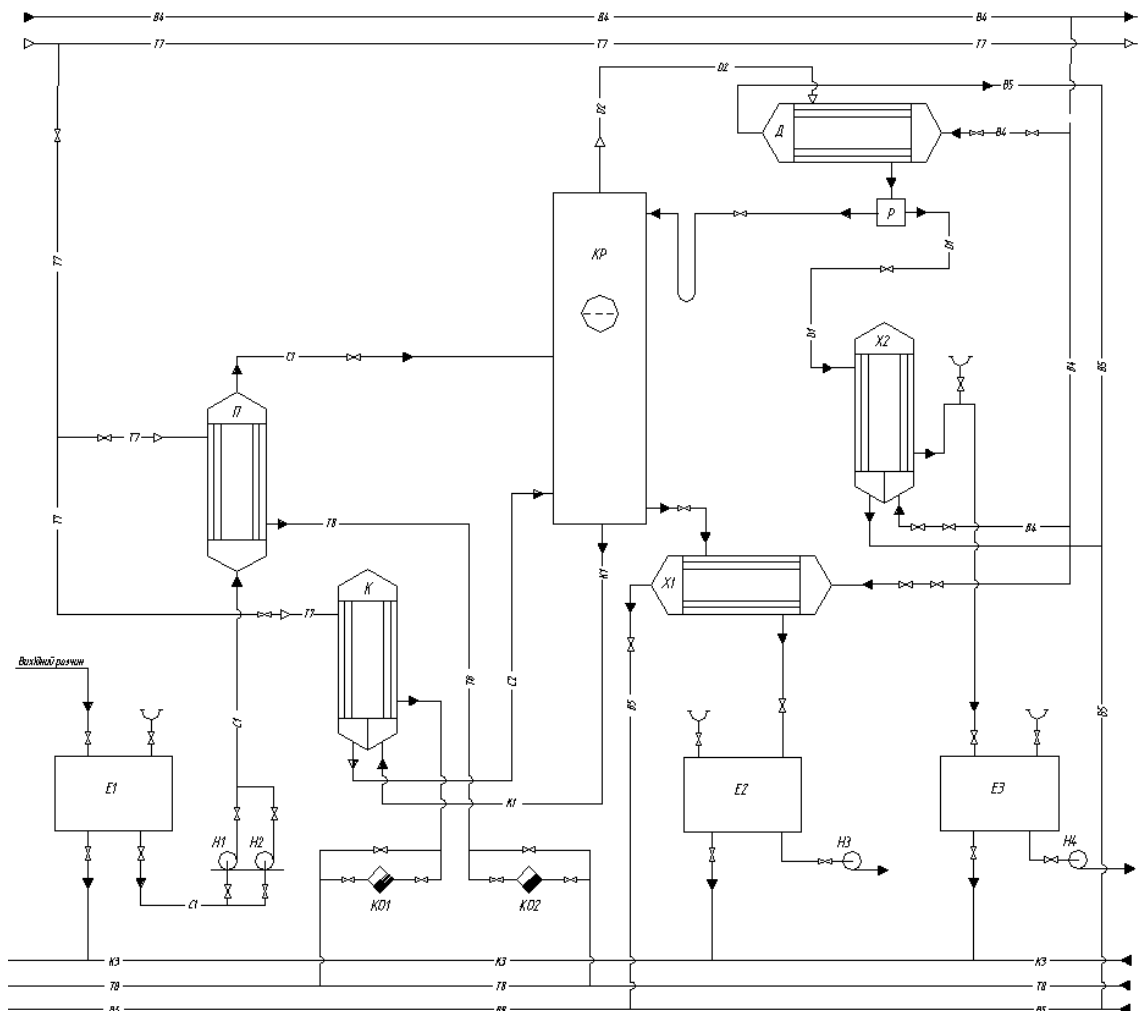


Рис. 2.1 Схема безперервно діючої ректифікаційної установки

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 Д шляхом конденсації пари, що виходить з колони. Частина конденсату виводиться з дефлегматора у вигляді готового продукту розділення – дистиляту, 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 нерівно-важний процес розділення початкової бінарної суміші на дистилят і кубовий залишок.

2.2 Опис конструкції ситчастої колони

В ректифікаційних установках використовують головним чином апарати двох типів: ректифікаційні колони насадкові і тарільчасті.

На рис. 2.2 показаний колонний апарат з ситчастими тарілками суцільнозварний циліндричний з еліптичними відбортованими днищами 2, корпусом 1, встановлений на циліндричній опорі 4, обладнаний люками 5 діаметром 500 мм (ОСТ 26-2002-83), через які відбувається збирання і розбирання внутрішніх пристроїв (тарілок), а також огляд внутрішньої поверхні апарату, його чищення і ремонт. Люки оснащені підйимально-поворотними пристроями 6. Апарат обладнаний технологічними штуцерами, призначеними для входу і виходу робочого середовища і штуцерами для приєднання контрольно–вимірювальних пристроїв. Також на колонному апараті розташовані цапфи для стропування 7, пристосування для вивірювання 8. Пристосування для вивірювання вертикальності встановлення колони при монтажі представляють собою спеціальні пристрої у вигляді нарізних шпильок, які встановлюються по двох взаємно перпендикулярним створюючим корпуси апарату, дві вгорі і дві внизу.

Всередині колони розташовані ситчасті тарілки 3.

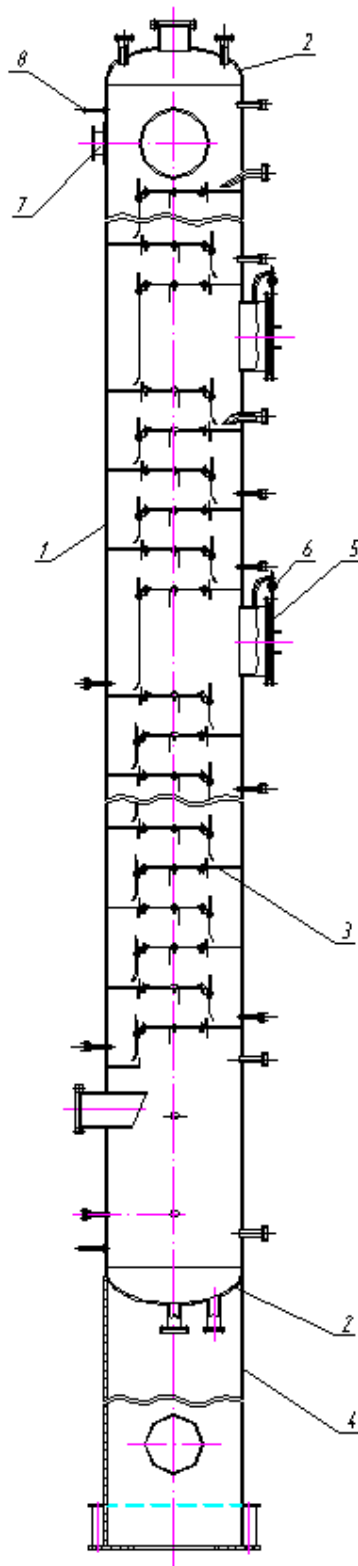


Рис. 2.2 Суцільнозварний колонний апарат з ситчастими тарілками

При барботажі пари через отвори на тарілці утворюється піна, в якій відбувається інтенсивний масообмін між рідиною і паром. Далі газ проходить через шар рідини, що перетікає по тарілці від одного зливного пристрою до іншого.

При русі через шар рідини значна частина дрібних струменів розпадається і газ розподіляється в рідині у вигляді бульбашок. Інтенсивність утворення піни безпосередньо в колоні або нижче за верх колони для того, щоб зменшити спільну висоту установки. У останньому випадку флегму з дефлегматора подають в колону насосом. Таке розміщення дефлегматора часто застосовують при установці ректифікаційних колон поза будівлями, що економічніше в умовах помірного клімату.

Принцип дії тарільчастих колон полягає в барботажі пари через рідину на кожній тарілці, на якій підтримують певний рівень рідини. Флегма перетікає з верхньої тарілки на нижню по переливних трубках.

Недолік тарільчастих колон - відносно високий гідравлічний опір - в умовах ректифікації не має такого істотного значення, як в процесах абсорбції, де величина гідравлічного опору пов'язана із значними витратами енергії на переміщення газу через апарат. При ректифікації підвищення гідравлічного опору приводить лише до деякого збільшення тиску і відповідно до підвищення температури кипіння рідини в кип'ятильнику колони.

2.3 Опис конструкції підігрівача

Підігрівач – це теплообмінник, в якому здійснюється теплообмін між двома теплоносіями, що мають різні температури.

Підігрівач – одноходовий кожухотрубчастий теплообмінний апарат з температурним компенсатором на кожусі вертикальний (рис. 2.3) складається з трубного пучка 1, розподільної камери 2 і кришки 3, які з'єднуються між собою за допомогою фланців. Апарат обладнаний штуцерами для підведення і відведення робочого середовища, нарізними пробками або штуцерами для спорожнення трубного і міжтрубного просторів, а також штуцерами-повітряниками, які встановлюються в нижніх і верхніх точках відповідних порожнин. Штуцери для введення і виведення середовища повинні мати

відповідні фланці. Апарат з температурним компенсатором на кожусі обладнаний лінзовим компенсатором, призначеним для зниження температурних напружин, яка виникає в трубах і кожусі в робочих умовах. Вертикальний апарат встановлюється на опорних лапах.

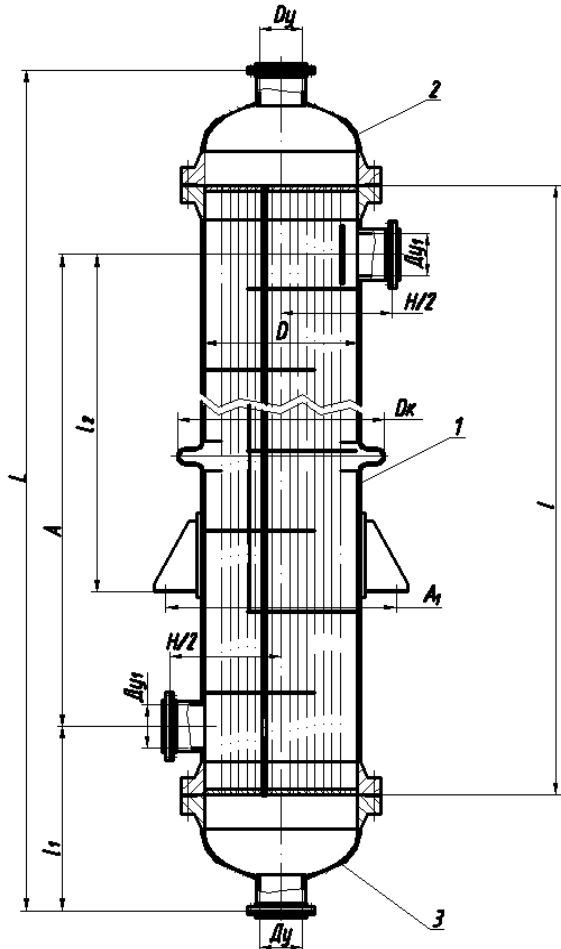


Рисунок 2.3 – Кожухотрубчастий теплообмінний апарат з температурним компенсатором на кожусі вертикальний одноходовий по трубах

До корпусу по торцях приварені трубні решітки, в яких закріплені теплообмінні труби. В основному труби в решітках кріпляться розвальцьовуванням або якимсь іншим способом залежно від матеріалу труб і тиску в апараті. Трубні решітки закриваються кришками на прокладках і болтах або шпильках. На корпусі є патрубки, через які один теплоносій проходить через міжтрубний простір. Другий теплоносій через патрубки на кришках рухається по трубах. У багатоходовому теплообміннику в корпусі і кришках встановлені перегородки для підвищення швидкості теплоносіїв.

3 ВИБІР ОСНОВНИХ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Специфічні умови експлуатації хімічного устаткування, що характеризуються широким діапазоном тиску і температур при агресивній дії середовища, визначають наступні вимоги до конструкційних матеріалів:

- низька хімічна і корозійна стійкість матеріалів в неагресивному середовищі при робочих температурах;
- висока механічна міцність при заданому робочому тиску, температурі і додаткових навантаженнях, що виникають при гідравлічному випробуванні і експлуатації апаратів;
- хороше зварювання матеріалів із забезпеченням високих механічних властивостей зварних з'єднань;
- низька вартість і недефіцитність матеріалів.

Вибір матеріалів визначається робочим тиском, температурою стінки апарату, хімічним складом і характером середовища. Необхідно також враховувати технологічні властивості матеріалу.

При конструюванні необхідно враховувати економічну доцільність застосування вибраного матеріалу, тобто його витрату і вартість відповідно до вимог, що пред'являються до апаратів.

Для виготовлення обичайки корпусу і камери застосовуємо сталь СтЗсп5 за ГОСТ 380-94. Для виготовлення трубних решіток застосовуємо сталь 16ГС за ГОСТ 5520-74. Матеріал труб для виготовлення патрубків корпусу і камер, матеріал теплообмінних труб – сталь 10 за ГОСТ 8732-78.

Матеріал кріпильних виробів (болтів) по рекомендаціях [7] для фланців штуцерів з вуглецевих сталей - сталь 40 ГОСТ 1050-88, для гайок - сталь 20 ГОСТ 1050-88. Матеріал опори і цапф для стропування – сталь стЗсп5 по ГОСТ 380-94. Матеріал прокладок - паронит ПОН за ГОСТ 481-80.

4. РОЗРАХУНОК ТАРИЛЧАСТОЇ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ ДЛЯ РОЗПОДІЛУ СУМІШІ МЕТАНОЛ-ВОДА

Завдання

Продуктивність по вихідній суміші – 2,25 т/ч;

концентрація води:

| | |
|--------------------|--------------------------|
| у вихідній суміші | - $a_F = 46,5\%$ (мас.), |
| в дистилляте | - $a_P = 98,5\%$ (мас.), |
| в кубовому залишку | - $a_W = 1,8\%$ (мас.). |

Температура:

| | |
|-------------------------------------|----------|
| охолоджуючої води | - 12 °С, |
| дистилляту після холодильника | - 20 °С, |
| кубового залишку після холодильника | - 20 °С, |
| вихідної суміші | - 18 °С. |

Тиск насиченої водяної пари - 5 кгс/см²,

Коефіцієнт надлишку флегми - 1,8

Діаметр отв. $d_0=20$ мм, $W=1,6$ м/с, КПД=0,6, $h=0,5$ м

Колона – тарілчаста.

Колона працює під атмосферним тиском.

Вихідна суміш і флегма вводяться в апарат при температурі кипіння.

4.1. Визначення продуктивності по вихідній суміші і дистилляту

Продуктивність колони по дистилляту

$$G_F = G_P \cdot \frac{\alpha_P - \alpha_W}{\alpha_F - \alpha_W} = 2250 \cdot \frac{0,985 - 0,18}{0,465 - 0,18} = 6355,08 \text{ кг/ч} = 1,8553 \text{ кг/с.}$$

Продуктивність колони по кубовому залишку

$$G_W = G_F - G_P = 1,7653 - 0,625 = 1,1403 \text{ кг/ч} = 0,6965 \text{ кг/с.}$$

Перевірка:

$$1,7653 \cdot 0,465 = 0,625 \cdot 0,985 + 1,1403 \cdot 0,018$$

$$0,8208 = 0,8208$$

4.2. 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 :

$$X_F = \frac{\frac{\alpha_F}{M_A}}{\frac{\alpha_F}{M_A} + \frac{1-\alpha_F}{M_B}} = \frac{\frac{0,465}{32}}{\frac{0,465}{32} + \frac{1-0,465}{18}} = 0,3280;$$

Дистиляту :

$$X_P = \frac{\frac{\alpha_P}{M_A}}{\frac{\alpha_P}{M_A} + \frac{1-\alpha_P}{M_B}} = \frac{\frac{0,985}{32}}{\frac{0,985}{32} + \frac{1-0,985}{18}} = 0,974;$$

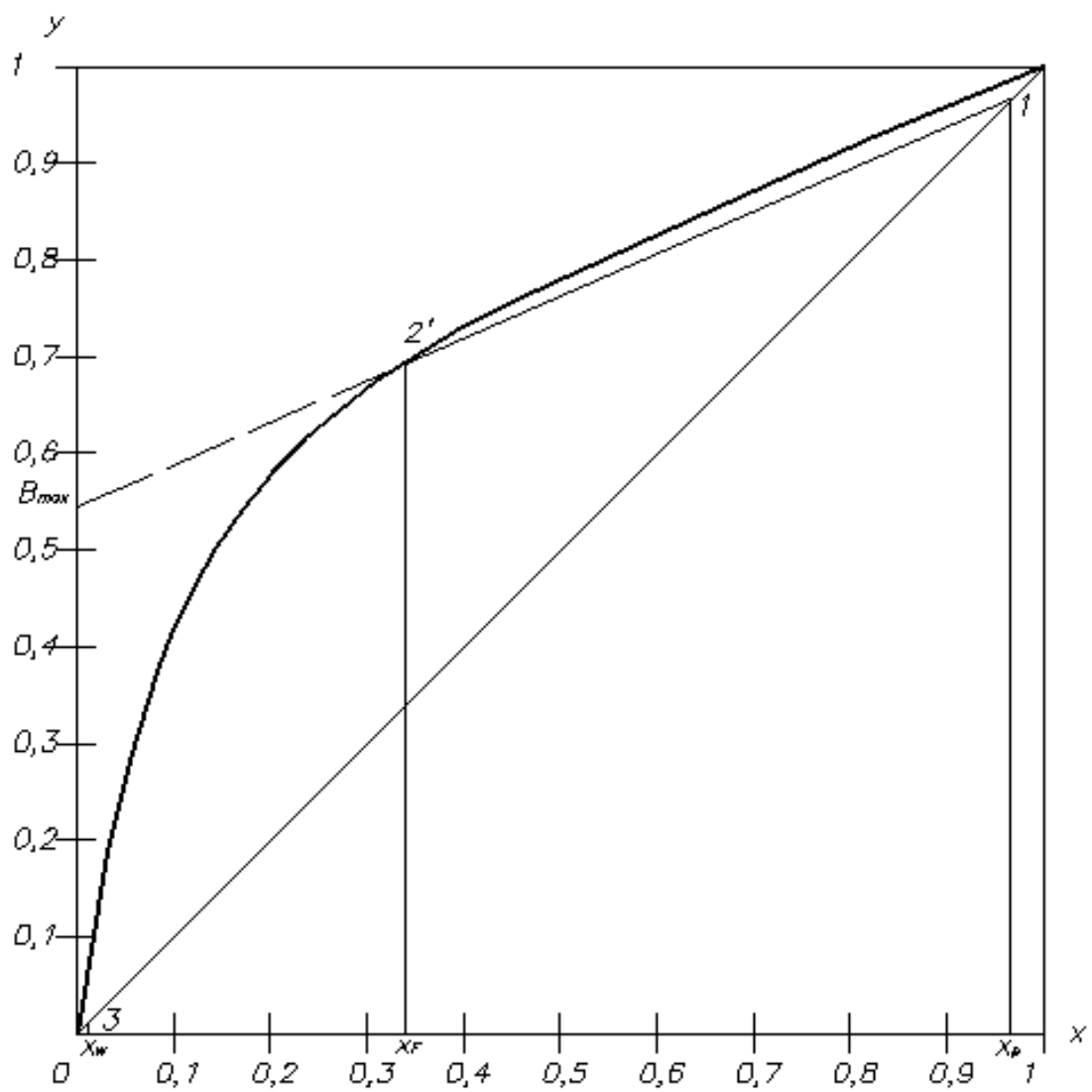
Кубового залишку :

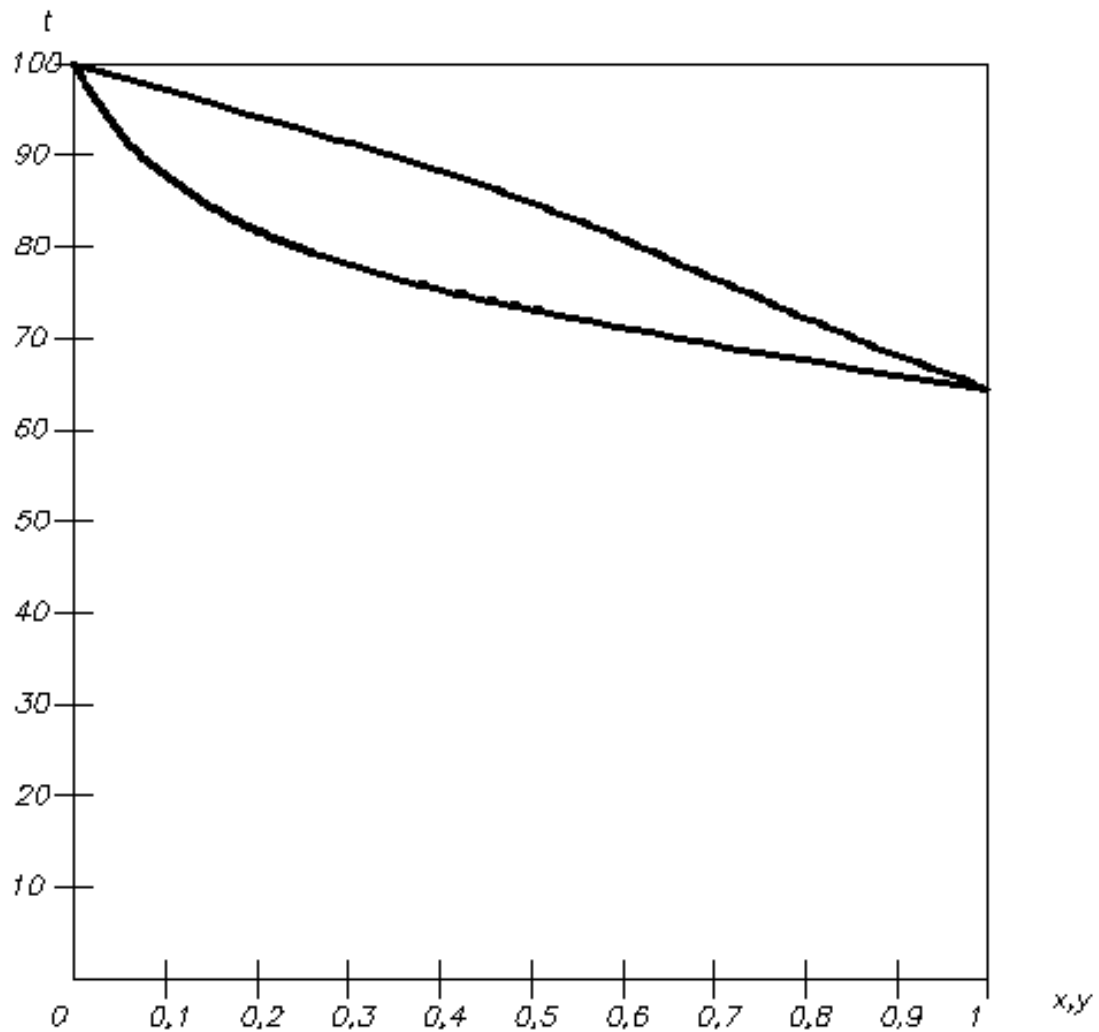
$$X_W = \frac{\frac{\alpha_W}{M_A}}{\frac{\alpha_W}{M_A} + \frac{1-\alpha_W}{M_B}} = \frac{\frac{0,18}{32}}{\frac{0,18}{32} + \frac{1-0,18}{18}} = 0,0109 .$$

Мінімальна флегмове число визначаємо графо - аналітичним способом . Для цього на підставі досвідчених даних, в координатах у - х будуємо криву рівноваги для суміші метанол-вода при атмосферному тиску і криву температур стосу - ня і конденсації. Дані по рівноваги для інших бінарних сумішей наведені в Додатку А даного методичного посібника.

Таблиця 3.1 - 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 |





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 $B_{\max} = 0,53$. За величиною цього відрізка знаходимо мінімальне флегмове число (формула 2.6):

$$R_{\min} = \frac{x_p}{B_{\max}} - 1 = \frac{0,985}{0,53} - 1 = 0,858.$$

Дійсне флегмове число , використовуючи рівняння (2.7)

$$R = K_R \cdot R_{\min} = 1,5 \cdot 0,858 = 1,5444.$$

На діаграмі у-х наносимо лінії робочих концентрацій (робочі лінії) для оптимального флегмового числа $R = 1,5444$ (рис . 3.3): для цього на осі у відкладаємо відрізок

$$B = \frac{x_p}{R + 1} = \frac{0,98}{1,5444 + 1} = 0,38,$$

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 є робочими лініями для верхньої і нижньої частин колони, відповідно.

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

Рідка фаза.

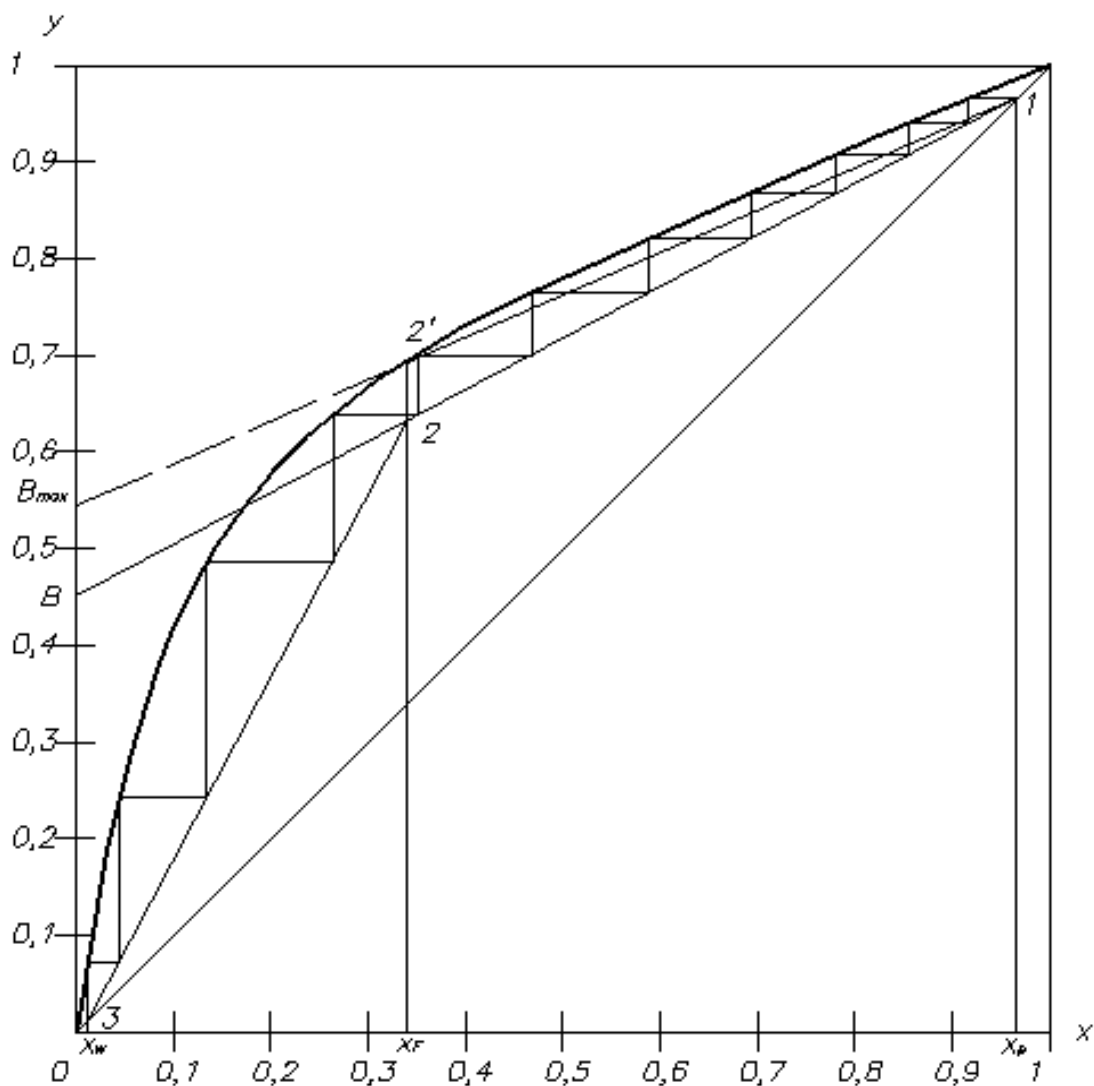
Середня мольна концентрація в нижній частині колони:

$$X_{cp}^n = \frac{X_W + X_F}{2} = \frac{0,0109 + 0,3280}{2} = 0,1694.$$

Середня мольна концентрація у верхній частині колони:

$$X_{cp}^a = \frac{X_F + X_P}{2} = \frac{0,3280 + 0,9746}{2} = 0,6513.$$

Середня мольна концентрація по колоні:



$$X_{cp} = \frac{X_{cp}^n + X_{cp}^6}{2} = \frac{0,1694 + 0,6513}{2} = 0,4103$$

Середня масова концентрація по колоні:

$$\alpha_{cp} = \frac{x_{cp} \cdot M_A}{x_{cp} \cdot M_A + (1 - x_{cp}) \cdot M_B}, \quad (4.1)$$

$$\alpha_{cp} = \frac{0,4103 \cdot 32}{0,4103 \cdot 32 + (1 - 0,4103) \cdot 18} = 0,55.$$

Середня температура у нижній частині колони:

$$t_{xcp}^n = \frac{t_{xW} + t_{xF}}{2} = \frac{98 + 77}{2} = 87,7 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Середня температура у верхній частині колонни:

$$t_{xcp}^e = \frac{t_{XF} + t_{XP}}{2} = \frac{77 + 65}{2} = 71^\circ\text{C}.$$

Середня температура по колоні:

$$t_{Xcp} = \frac{t_{xcp}^n + t_{xcp}^e}{2} = \frac{77 + 65}{2} = 71^\circ\text{C}.$$

Значення t_{XW} , t_{XF} , t_{XP} взяті з діаграми $t - x$, y (рис. 3.2).

Середня густина визначається за формулою:

$$\rho_{xcp} = \frac{\rho_A \cdot \rho_B}{\rho_B \cdot \alpha_{cp} + \rho_A (1 - \alpha_{cp})}, \quad (4.2)$$

де ρ_A и ρ_B – густина компонентів А і В при температурі t_{xcp} .

$\rho_A = 736,35 \text{ кг/м}^3$ при $t_{xcp} = 79,25^\circ\text{C}$ [1, с. 512]; Додаток Б.

$\rho_B = 972,2 \text{ кг/м}^3$.

$$\rho_{xcp} = \frac{736,35 \cdot 972,2}{972,2 \cdot 0,4103 + 736,35(1 - 0,4103)} = 858,009 \text{ кг/м}^3.$$

Середній поверхневий натяг визначаємо за рівнянням:

$$\sigma_{xcp} = \sigma_A \cdot X_{cp} + \sigma_B \cdot (1 - X_{cp}), \quad (4.3)$$

де σ_A и σ_B – поверхневі натяги компонентів А и В, н/м.

$\sigma_A = 17,63 \cdot 10^{-3} \text{ н/м}$ при $t_{xcp} = 79,25^\circ\text{C}$ [1, с. 526]; Додаток Б.

$$\sigma_B = 62,663 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м.}$$

$$\sigma_{x \text{ ср}} = 17,63 \cdot 10^{-3} \cdot 0,4103 + 62,663 \cdot 10^{-3} (1 - 0,4103) = 44,185 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м.}$$

Парова фаза.

Середня мольна концентрація у нижній частині колони:

$$y_{cp}^n = \frac{y_W + y_F}{2} = \frac{0,60 + 0,68}{2} = 0,64.$$

Середня мольна концентрація у верхній частині колони:

$$y_{cp}^e = \frac{y_F + y_P}{2} = \frac{0,60 + 0,98}{2} = 0,79.$$

Середня мольна концентрація по колоні:

$$y_{cp} = \frac{y_{cp}^n + y_{cp}^e}{2} = \frac{0,64 + 0,79}{2} = 0,715.$$

Середня температура у нижній частині колони:

$$t_{y \text{ ср}}^n = 79 \text{ }^\circ\text{C}$$

Середня температура у верхній частині колони:

$$t_{y \text{ ср}}^e = 72,5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Середня температура по колоні:

$$t_{y \text{ ср}} = 75,75 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Середня мольна маса

$$M_{y\text{cp}} = M_A \cdot y_{\text{cp}} + M_B \cdot (1 - y_{\text{cp}}) = 32 \cdot 0,715 + 18 \cdot (1 - 0,715) = \\ = 28,67 \text{ кг/кмоль.}$$

Середня густина:

$$\rho_{y\text{cp}} = \frac{M_{y\text{cp}}}{22,4} \cdot \frac{P}{P_0} \cdot \frac{T_0}{T}, \quad (4.4)$$

тут $T = 273 + t_{y\text{cp}}$, °C; $P = 1 \text{ кгс/см}^2$ (тиск у колоні атмосферний).

$$\rho_{y\text{cp}} = \frac{28,67}{22,4} \cdot \frac{1}{1,033} \cdot \frac{273}{(273 + 75,75)} = 0,9698 \text{ кг/м}^3.$$

4.5. Визначення діаметру колони

Діаметр колони визначаємо за рівнянням (2.8).

Витрата, що проходить по колоні пара, може бути визначений:

$$V_y = \frac{G_y}{\rho_{y\text{cp}}} = \frac{G_p \cdot (R+1)}{\rho_{y\text{cp}}} = \frac{0,625 \cdot (1,544 + 1)}{0,9698} = 1,63 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Тоді діаметр колони:

$$D = \sqrt{\frac{V_y}{0,785 \cdot W}} = \sqrt{\frac{1,63}{0,785 \cdot 1,6}} = 1,14 \text{ м.}$$

Приймаємо $D=1,2$ м.

4.6. Визначення висоти колони

Кількість дійсних тарілок

$$n_D = \frac{n_T}{\text{к.п.д.}} = \frac{12}{0,6} = 20$$

$n_T=12$ – визначаємо по діаграмі х,у.

Висоту колони визначаємо за рівнянням (2.10)

$$H = (n - 1) \cdot h + H_{\text{сеп}} + H_{\text{куб}} = (18 - 1) \cdot 0,5 + 0,8 + 2,0 = 11,3 \text{ м}$$

4.7.1 Підігрівач вихідної суміші

Рівняння теплового балансу для підігрівача:

$$Q = 1,05 \cdot G_F \cdot C_F' \cdot (t_{XF} - t_{нач}) = G_{Г.п} \cdot r,$$

тут теплові втрати прийняті у розмірі 5% від корисно витрачаємої теплоти;

t_{XF} – температура кипіння вихідної суміші;

$t_{нач}$ – початкова температура (задана).

Питома теплоємність вихідної суміші

$$C_F' = a_F \cdot C_A + (1 - a_F) \cdot C_B,$$

де C_A, C_B – питомі теплоємності сірковуглецю та чотирьоххлористого вуглецю при середній температурі $t=78^\circ\text{C}$;

$$C_A = 0,683 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}; C_B = 1 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}, [1, \text{с. } 562]; \text{таблица Б.7 Додатки.}$$

$$C'_F = 0,465 \cdot 0,683 + (1 - 0,465) \cdot 1 = 0,84 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} = 355,1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

$$Q = 1,05 \cdot G_F \cdot C'_F (t_{XF} - t_{нач}) = 1,05 \cdot \frac{6751,44}{3600} \cdot 3561,1 (78 - 18) = 336922,77$$

Вт.

Витрати гріючої пари:

$$G_{a.i} = \frac{Q}{r} = \frac{334195,84}{2117 \cdot 10^3} = 0,158 \text{ кг/с,}$$

$$r = 2129 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \text{ при } P = 5 \text{ кгс/см}^2 [1, \text{с. } 550]; \text{таблица Б.9 Додатки.}$$

Середня різниця температур

$$147 \longrightarrow 147$$

$$17 \longrightarrow 78$$

Температура насиченої водяної пари при $P = 5 \text{ кгс/см}^2$ складає 147°C [1, с. 550]; таблиця Б.9 Додатки.

Велика різниця температур:

$$\Delta t_6 = 147 - 18 = 129 \text{ }^\circ\text{C};$$

менша різниця температур:

$$\Delta t_m = 147 - 78 = 67,75 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Так як $\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_m} = \frac{129}{67,75} = 1,90 < 2$, тоді середню різницю температур

визначаємо за рівнянням (2.38):

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} + \Delta t_m}{2} = \frac{129 + 67,75}{2} = 98,35 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Така різниця температур потребує використання теплообмінника з плаваючою голівкою, тому пропонується знизити параметри гріючого пару: $P=1,23$ ата, $T=105$ $^\circ\text{C}$.

Маємо:

$$\Delta t_{\delta} = 105 - 17 = 88 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\Delta t_m = 105 - 78 = 27 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Так як $\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_m} = \frac{88}{27} = 3,26 \geq 2$, тоді середню різницю температур

визначаємо за рівнянням:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_m}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_m}} = \frac{88 - 27}{\ln \frac{88}{27}} = 51,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Коефіцієнт теплопередачі приймаємо орієнтовно рівним $250 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$

Поверхня теплообміну підігрівача вихідної суміші

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{334195,84}{250 \cdot 51,7} = 13,4 \text{ м}^2.$$

Приймаємо одноходовий кожухотрубчастий теплообмінник з наступними характеристиками [3]:

- діаметр кожуха 325 мм;
- труба 25x2 мм;
- кількість труб в теплообміннику 68 шт;
- довжина труб 3 м;
- поверхня теплообміну $14,6 \text{ м}^2$.

5. Аналіз впливу конструктивних особливостей контактних пристроїв на розміри колонного апарата.

При виборі конструкції колони та типу контактних пристроїв перевагу віддають тим апаратам, які мають відносно просту конструкцію та забезпечують високу ефективність при різних робочих навантаженнях, надійність роботи, низький гідравлічний опір апарата, можливість роботи на забруднених середовищах, низьку металоємність, низьку трудомісткість при виготовленні, монтажі та ремонті.

Особливості технології різних технологічних процесів пояснюють різноманіття конструкцій використовуваних масообмінних колонних апаратів. Крім того, у конструкціях масообмінних апаратів відбиваються специфічні особливості проведених у них процесів. Тому нижче розглянуті основні типи та пристрої ректифікаційних колон, що знайшли широке застосування в хімічній і газонафтопереробних галузях промисловості.

Досить широкого поширення в промисловості набули барботажні масообмінні колони тарілчастого типу з тарілками переливного типу і зі ступеневим контактом фаз. Звичайно масообмінний апарат являє собою циліндричну колону, по висоті якої на певній відстані установлені масообмінні контактні пристрої. Основними контактними елементами тарілчастих колон є різного типу тарілки. Найбільш часто використовують такі типи тарілок: ситчасті, ковпачкові, клапанні, жалюзійно-клапанні, струминні, ґратчасті та ін.

Конструктивно ситчасті тарілки є найпростішими і являють собою диски або їх окремі частини - секції, виготовлені із тонколистового металу товщиною $s = 1-3$ мм і перфоровані отворами. Отвори натарілках можуть бути круглими діаметром $s/0 = 2-8$ мм, просіяними або про-січно-витагнутими шириною 2-4 мм і довжиною 10-25 мм. Круглі отвори найчастіше розміщують у шаховому порядку з кроком $i = (2,0 - 5)s/10$. Робоча площа тарілки становить близько 80% загальної площі поперечного перерізу колони. Живий перетин тарілки -

сумарна площа отворів на тарілці - звичайно складає 8-12% площі всієї тарілки, відпо-відно робоча швидкість газу (пари) в отворах тарілки в 8 - 12 разів вища швидкості газу у вільному перетині масообмінної колони.

В даній роботі потрібно було розрахувати колонну з сітчастими тарілками з діаметром отворів на тарільці $d_0=20$ мм. За розрахунками ректифікаційної колонни я отримав діаметр колони рівним $D=1,200$ м, висота колони складає $H=11300$ мм.

Якщо порівняти ці значення з розрахунками моїх колег то отримаємо графік на якому буде показано який апарат доцільно прийняті у виробництво.

Щоб побудувати графік потрібно знайти робочий об'ємза формулою:

Щоб побудувати графік потрібно знайти робочий об'ємза формулою:

$$V = H \cdot S$$

Сітчаста колона ректифікації з отворами на тарільці $d_0=8$ мм

$$D_{роз} = 1,355 \text{ м}$$

$$N_D = 13$$

$$H = (N_D - 1) \cdot 0.5 = 6 \text{ м}$$

$$S = \frac{\pi D_{роз}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 1,355 \cdot 1,355}{4} = 1,44 \text{ м}^2$$

$$V = H \cdot S = 6 \cdot 1,44 = 8,46 \text{ м}^3$$

Сітчаста колона ректифікації з отворами на тарільці $d_0=12$ мм,

$$D_{роз} = 0,885 \text{ м}$$

$$N_D = 14$$

$$H = (N_D - 1) \cdot 0.5 = 6,5 \text{ м}$$

$$S = \frac{\pi D_{роз}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,885 \cdot 0,885}{4} = 0,61 \text{ м}^2$$

$$V = H \cdot S = 6,5 \cdot 0,61 = 3,995 \text{ м}^3$$

Сітчаста колона ректифікації з отворами на тарільці $d_0=20$ мм,

$$D_{роз} = 1,2 \text{ м}$$

$$N_D = 20$$

$$H = (N_D - 1) \cdot 0,5 = 9,5 \text{ м}$$

$$S = \frac{\pi D_{роз}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 1,2 \cdot 1,2}{4} = 1,13 \text{ м}^2$$

$$V = H \cdot S = 9,5 \cdot 1,13 = 10,735 \text{ м}^3$$

Сітчаста колона ректифікації з отворами на тарільці $d_0=5$ мм,

$$D_{роз} = 1,52 \text{ м}$$

$$N_D = 14$$

$$H = (N_D - 1) \cdot 0,5 = 6,5 \text{ м}$$

$$S = \frac{\pi D_{роз}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 1,52 \cdot 1,52}{4} = 1,81 \text{ м}^2$$

$$V = H \cdot S = 6,5 \cdot 1,81 = 11,920 \text{ м}^3$$

Побудуємо графік та визначимо оптимальний варіант:

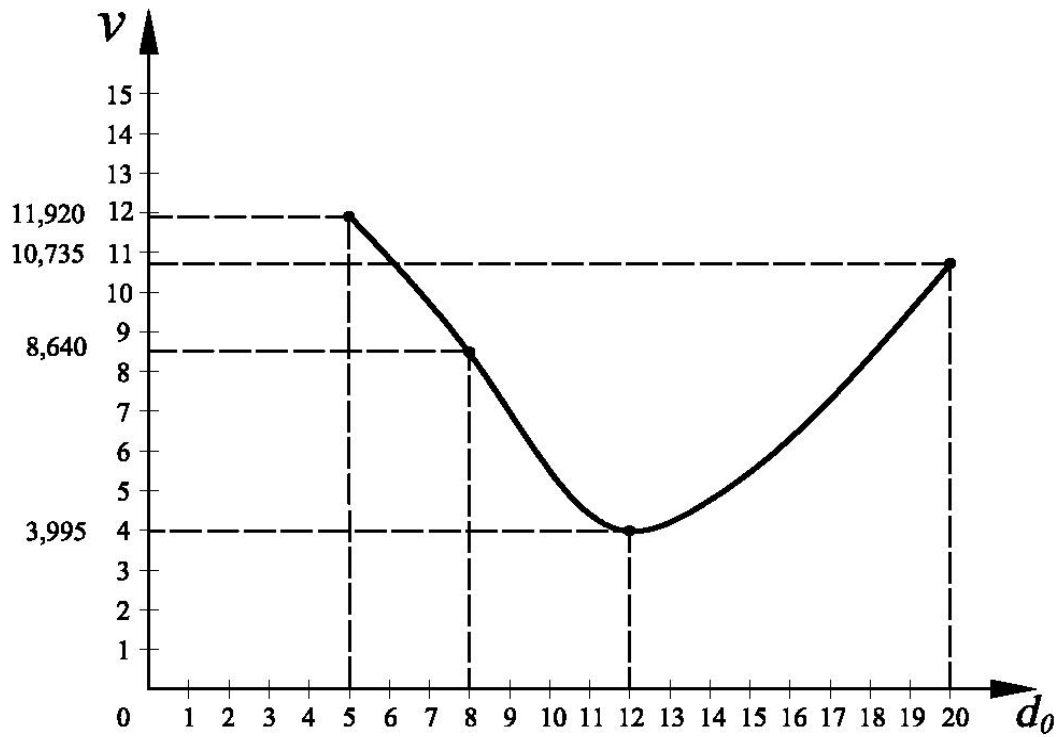


Рисунок 5.1 – Залежності об'єму від діаметру отворів

Таблиця 5.1 – Діаметрів отворів та об'єму

| | | | | |
|------------------|--------|-------|-------|--------|
| $d_0, \text{мм}$ | 5 | 8 | 12 | 20 |
| $V, \text{м}^3$ | 11,920 | 8,460 | 3,995 | 10,735 |

6 РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ ПІДГРІВАЧА

6.1 Початкові дані:

| | |
|--|------------|
| Наружний діаметр кожуха D , мм | 325 |
| Довжина теплообмінних труб l , мм | 3000 |
| Зовнішній діаметр теплообмінної труби d_o , мм | 25 |
| Товщина стінки труби S_o мм | 2 |
| Число ходів по трубах | 1 |
| Розрахунковий тиск в трубному просторі, МПа | 1,6 |
| Розрахунковий тиск в міжтрубному просторі, МПа | 1,6 |
| Розрахункова температура труб, °С | 100 |
| Розрахункова температура кожуха, °С | 160 |
| Матеріал кожуха | Ст3сп |
| Матеріал розподільної камери | Ст3сп |
| Матеріал теплообмінних труб | Сталь 10 |
| Матеріал трубної решітки | Сталь 16ГС |
| Матеріал перегородок | Ст3сп5 |
| Матеріал прокладок розподільної камери | пароніт |
| Група теплообмінника | 1 |

6.2 Визначення розрахункових параметрів

6.2.1 Розрахункова температура

Розрахункову температуру розподільної камери t_{eai} , °С, визначаємо за формулою:

$$t_{eai} = 2 \cdot t_o - t_e \quad (6.1)$$

$$t_{\text{eai}} = 2 \cdot 100 - 160 = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Розрахункову температуру ізольованих фланців визначаємо за формулою:

$$t_{\delta} = t_{\text{eai}}, \quad (6.2)$$

Розрахункову температуру ізольованих апаратних фланців і фланців штуцерів розподільної камери теплообмінника приймаємо рівній температурі розподільної камери:

$$t_{\delta} = t_{\text{eai}} = 40 \text{ }^{\circ}\text{Ñ}.$$

Розрахункову температуру ізольованих фланців штуцерів міжтрубного простору приймаємо рівній температурі середовища міжтрубного простору (кожуха):

$$t_{\delta} = t_{\text{e}} = 160 \text{ }^{\circ}\text{Ñ}.$$

Розрахункову температуру болтів для ізольованих фланцевих з'єднань визначаємо за формулою:

$$t_{\text{a}} = 0,97 \cdot t_{\text{eai}} \quad (6.3)$$

Розрахункова температура болтів корпусних фланцевих з'єднань і фланців штуцерів розподільної камери:

$$t_{\text{a}} = 0,97 \cdot t_{\text{eai}}$$

$$t_{\text{a}} = 0,97 \cdot 40 = 39 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Розрахункова температура болтів фланцевих з'єднань штуцерів міжтрубного простору:

$$t_{\text{a}} = 0,97 \cdot t_{\text{e}}$$

$$t_{\text{a}} = 0,97 \cdot 160 = 155 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

6.2.2 Допустимі напружини

Допустимі напружини при розрахунковій температурі $[\sigma]$ і при температурі 20°C $[\sigma]_{20}$, МПа, для елементів апарату приведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Допустимі напружини деталей теплообмінника

| Елементи апарата | Матеріал | Допустимі напружини, МПа | | Відношення допустимих напружин, $[\sigma]_{20}/[\sigma]$ |
|--|------------|---------------------------------------|--|--|
| | | при температурі 20 °С $[\sigma]_{20}$ | при розрахунковій температурі $[\sigma]$ | |
| Кожух | Ст3сп | 154 | 144,4 | 1,066 |
| Розподільна камера | Ст3сп | 154 | 149 | 1,0336 |
| Теплообмінні труби | Сталь 10 | 130 | 125 | 1,040 |
| Трубна решітка | Сталь 16ГС | 196 | 169,8 | 1,154 |
| Перегородки | Ст3сп | 154 | 149 | 1,0336 |
| Фланці розподільної камери | Ст3сп | 154 | 149 | 1,0336 |
| Фланці кожуха | Сталь 16ГС | 196 | 169,8 | 1,154 |
| Болти кріплення фланців штуцерів міжтрубного простору | Сталь 35 | 130 | 122,4 | 1,062 |
| Болти і гайки кріплення апаратних фланців і штуцерів трубного простору | Сталь 35 | 130 | 126 | 1,032 |

Примітка. Допустимі напружини при температурі 20°С і розрахунковій температурі визначені методом лінійної інтерполяції за [14].

6.2.3 Коефіцієнти міцності зварних швів

Трубний простір теплообмінника по розрахунковому тиску, температурі і характеру робочого середовища відноситься до 1 групи апаратів [6], для якої довжина контрольованих швів складає 100% від їх спільної довжини. Для стикових швів з двостороннім суцільним проваром, виконаних автоматичною зваркою, коефіцієнт міцності зварних швів трубного простору приймаємо рівним

$$\varphi_p = 1$$

6.2.4 Робочий, розрахунковий і пробний тиск

Умовний тиск в теплообміннику згідно завданню в трубному просторі $P_{тр}=1,6$ МПа, у міжтрубному просторі $P_{к}=1,6$ МПа.

Розрахунковий тиск визначаємо за формулою

$$P = \max \{ |P_{\delta}|; |P_{\epsilon}|; |P_{\delta} - P_{\epsilon}| \}, \quad (6.4)$$

де P_{δ} - розрахунковий тиск в трубному просторі, МПа;

P_{ϵ} - розрахунковий тиск в міжтрубному просторі, МПа.

$$P = \max \{ 1,6; |1,6|; |1,6 - 1,6| \} = 1,6 \text{ МПа}$$

Під пробним тиском в апараті слід приймати тиск, при якому проводиться випробування апарату на міцність і герметичність. Випробування сталевих зварних апаратів повинно проводитися пробним тиском, який визначається за формулою

$$P_{пр} = 1,25 \cdot P \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]}, \quad (6.5)$$

де P – розрахунковий тиск в трубному і міжтрубному просторах відповідно, $P_{т}=1,6$ МПа, $P_{к}=1,6$ МПа;

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

Для трубного простору при мінімальному відношенні допустимих напружин $[\sigma]_{20} / [\sigma] = 1,0$, пробний тиск складає

$$P_{пр м} = 1,25 P_m \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,25 \cdot 1,6 \cdot \frac{130}{126} = 2,1 \text{ МПа};$$

Гідростатичний тиск при випробуванні трубного простору теплообмінника

$$P_{z m} = \rho_{\epsilon} \cdot g \cdot H_c \cdot 10^{-6} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 3,67 \cdot 10^{-6} = 0,036 \text{ МПа}; \quad (6.6)$$

де H_c - висота стовпа води в трубному просторі, $H_c=3,67$ м;

Гідростатичний тиск при випробуванні

$$P_{звм} = 0,036 \text{ МПа} \leq 0,05 P_{нрм} = 0,05 \cdot 2,1 = 0,1 \text{ МПа}; \quad (6.7)$$

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

$$P_{зм} = P_{нрм} = 2,1 \text{ МПа}$$

Умова

$$P_{зм} = 2,1 \text{ МПа} \leq 1,35 \cdot P_m \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,35 \cdot 1,6 \cdot \frac{130}{126} = 2,23 \text{ МПа} \quad (6.8)$$

виконується, тому розрахунок елементів трубного простору в умовах гідравлічного випробування проводити не потрібно.

Для міжтрубного простору при відношенні допустимих напружин $[\sigma]_{20} / [\sigma] = 1,0336$ пробний тиск складає

$$P_{нрк} = 1,25 P_k \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,25 \cdot 1,6 \cdot 1,0336 = 2,1 \text{ МПа};$$

Гідростатичний тиск при випробуванні міжтрубного простору

$$P_{звк} = \rho_g \cdot g \cdot H_k \cdot 10^{-6} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 3 \cdot 10^{-6} = 0,03 \text{ МПа} \leq \\ \leq 0,05 P_{нрк} = 0,05 \cdot 2,1 = 0,1 \text{ МПа}$$

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

$$P_{ук} = P_{нрк} = 2,1 \text{ МПа};$$

Умова

$$P_{зк} = 2,1 \text{ МПа} \leq 1,35 P_k \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,35 \cdot 1,6 \cdot 1,0336 = 2,23 \text{ МПа}$$

виконується, тому розрахунок елементів міжтрубного простору в умовах гідравлічного випробування проводити не потрібно.

6.2.5 Додатки до розрахункової товщини конструктивних елементів

Сума додатків до розрахункової товщини трубних решіток C_p , мм, складає:

$$C_p = C_1 + C_2 + C_3, \quad (6.9)$$

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

C_2 – добавка для компенсації мінусового допуску, мм;

Добавка для компенсації корозії і ерозії C_1 визначається за формулою

$$C_1 = П \cdot \tau + C_3, \quad (6.10)$$

де $П$ – швидкість проникнення корозії, $П=0,05$ мм/рік,

τ – термін служби апарата, $\tau=20$ років,

C_3 – добавка для компенсації ерозії, $C_3=0$.

$$C_1 = 0,05 \cdot 20 + 0 = 1 \text{ мм},$$

Добавка C_2 приймається по стандартах на прокат залежно від товщини листа за таблицею 6 [13], $C_2=0,8$ мм.

Технологічна добавка C_3 передбачає компенсацію стоншування стінки елемента апарату при технологічних операціях – витяжці, штампуванні, гнутті т. д. Приймаємо $C_3=0$.

$$\text{Тоді } C=1+0,8+0=1,8 \text{ мм.}$$

Для сталевих безшовних труб добавку для компенсації мінусового допуску приймаємо рівною 15% від товщини стінки труби.

Суму добавки до розрахункової товщини стінки визначаємо за формулою:

$$C_2 = 0,15 \cdot S_1 \quad (6.11)$$

$$C_2 = 0,15 \cdot 8 = 1,2 \text{ мм}$$

Технологічна добавка C_3 передбачає компенсацію стоншування стінки елемента апарату при технологічних операціях – витяжці, штампуванні, гнутті і т. д. Приймаємо $C_3=0$.

$$\text{Тоді } C=1+1,2+0=2,2 \text{ мм.}$$

Сума добавок до розрахункової товщини еліптичного днаща

Добавка C_2 приймається по стандартах на прокат залежно від товщини листа за таблицею 6 [13], $C_2=0,5$ мм.

$$\text{Тоді } C=1+0,5+0=1,5 \text{ мм.}$$

6.3 Розрахунок товщини стінки кожуха

6.3.1 Розрахунок циліндричної обичайки кожуха

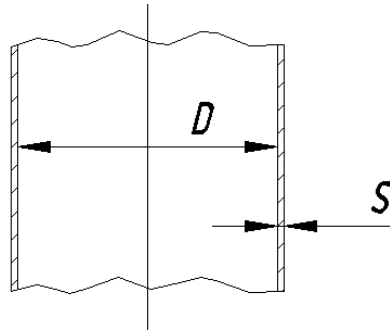


Рис. 6.1 - циліндрична обичайка

Розрахункова товщина стінки апарата визначається за формулою

$$S_p = \frac{P_k \cdot D}{2 \cdot [\sigma]_k \cdot \varphi_p - P_k}, \quad (6.12)$$

де P_k – розрахунковий внутрішній тиск в міжтрубному просторі теплообмінника, $P=1,6$ МПа;

D – внутрішній діаметр обичайки (кожуха), $D=309$ мм;

$[\sigma]_k$ - допустима напружина для матеріалу обичайки кожуха при розрахунковій температурі, $[\sigma]_k = 144,4$ МПа;

φ_p – коефіцієнт міцності подовжніх швів, $\varphi_p=1$ (для труб).

$$S_0 = \frac{1,6 \cdot 309}{2 \cdot 144,4 \cdot 1 - 1,6} = 1,7 \text{ мм}$$

Виконавча товщина стінки обичайки кожуха визначається за формулою

$$S \geq S_p + C, \quad (6.13)$$

$$S \geq 1,7 + 2,2 = 3,9 \text{ мм}$$

Виконавча товщина стінки обичайки кожуха теплообмінника приймається $S=8$ мм.

Визначення допустимого надлишкового тиску

Для набутого значення S розраховуємо допустимий внутрішній надлишковий тиск за формулою

$$[P] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p \cdot (S - C)}{D + (S - C)}, \quad (6.14)$$

$$[P] = \frac{2 \cdot 144,4 \cdot 1,0 \cdot (8 - 2,2)}{309 + (8 - 2,2)} = 5,3 \text{ МПа}$$

При цьому повинна виконуватися умова

$$P_k \leq [P], \quad (6.15)$$

1,6 МПа < 5,3 МПа, умова виконується.

Перевірка умов застосування розрахункових формул

Розрахункові формули застосовуються при відношенні товщини стінки до діаметру

$$\frac{S - C}{D} \leq 0,1, \quad (6.16)$$

$$\frac{8 - 2,2}{309} = 0,02 < 0,1,$$

умова виконується, отже, формули застосовуються.

6.4 Розрахунок розподільної камери

6.4.1 Розрахунок товщини циліндричної обичайки камери

Розрахункова товщина стінки камери визначається за формулою (6.12)

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

де P_k – розрахунковий внутрішній тиск в міжтрубному просторі теплообмінника, $P=1,6$ МПа;

D – внутрішній діаметр обичайки (кожуха), $D=309$ мм;

$[\sigma]_k$ – допустима напружина для матеріалу обичайки кожуха при розрахунковій температурі, $[\sigma]_k = 149$ МПа;

φ_p – коефіцієнт міцності подовжніх швів, $\varphi_p=1$.

$$S_p = \frac{1,6 \cdot 309}{2 \cdot 149 \cdot 1 - 1,6} = 1,7 \text{ мм}$$

Виконавча товщина стінки обичайки кожуха визначається за формулою (6.13)

$$S \geq 1,7 + 2,2 = 3,9 \text{ мм}$$

Виконавча товщина стінки обичайки кожуха теплообмінника приймається $S=8$ мм.

Визначення допустимого надлишкового тиску

Для набутого значення S розраховуємо допустимий внутрішній надлишковий тиск за формулою (5.14)

$$[P] = \frac{2 \cdot 149 \cdot 1,0 \cdot (8 - 2,2)}{309 + (8 - 2,2)} = 5,5 \text{ МПа}$$

При цьому повинна виконуватися умова (6.15)

$$1,6 \text{ МПа} < 5,5 \text{ МПа}, \text{ умова виконується.}$$

Перевірка умов застосування розрахункових формул

Розрахункові формули застосовуються при відношенні товщини стінки до діаметру за формулою (6.16)

$$\frac{8 - 2,2}{309} = 0,02 < 0,1,$$

умова виконується, отже, формули застосовуються.

6.4.2 Розрахунок товщини стінки днища камери

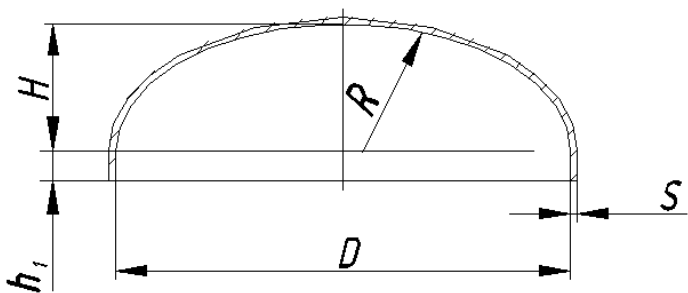


Рис. 6.2 - еліптичне днище

Розрахункова товщина стінки днища камери визначається за формулою

$$S_{1p} = \frac{P_{\tau} \cdot R}{2 \cdot [\sigma]_{\tau} \cdot \phi_p - 0,5 \cdot P_{\tau}}, \quad (6.17)$$

де P_T – розрахунковий внутрішній надлишковий тиск в розподільній камері теплообмінника, $P=1,6$ МПа;

$R=D$ – для стандартних еліптичних днищ з $H=0,25D$;

φ_p - коефіцієнт міцності зварних швів, $\varphi_p=1$,

$[\sigma]_T$ - допустима напружина для матеріалу днища при розрахунковій температурі, $[\sigma]_m = 149$ МПа;

$$S_{1p} = \frac{1,6 \cdot 309}{2 \cdot 149 \cdot 1 - 0,5 \cdot 1,6} = 1,7 \text{ мм}$$

Виконавча товщина стінки днища визначається за формулою (6.13)

$$S_1 \geq 1,7 + 1,5 = 3,2 \text{ мм}$$

Приймаємо товщину стінки днища камери $S_1=4$ мм.

Визначення допустимого тиску

Для отриманого значення S_1 розраховуємо допустимий внутрішній надлишковий тиск за формулою

$$[P] = \frac{2 \cdot [\sigma]_{p.k} \cdot \varphi_p \cdot (S_1 - C)}{R + 0,5 \cdot (S_1 - C)}, \quad (6.18)$$

$$[P] = \frac{2 \cdot 149 \cdot 1 \cdot (4 - 1,5)}{309 + 0,5 \cdot (4 - 1,5)} = 2,4 \text{ МПа}$$

При цьому повинна виконуватися умова (5.15)

$$1,6 \text{ МПа} < 2,4 \text{ МПа}, \text{ умова виконується.}$$

Перевірка умов застосування розрахункових формул

Розрахункові формули для еліптичних днищ застосовуються при виконанні умов

$$0,002 \leq \frac{S_1 - C}{D} \leq 0,1, \quad (6.19)$$

$$0,2 \leq \frac{H}{D} \leq 0,5, \quad (6.20)$$

де H – висота опуклої частини днища, $H=77$ мм, [14].

$$0,002 \leq \frac{4 - 1,5}{309} = 0,008 \leq 0,1,$$

$$0,2 \leq \frac{77}{309} = 0,25 \leq 0,5, \quad \text{умови виконуються, отже, формули}$$

застосовуються.

6.5 Розрахунок на міцність, жорсткість і стійкість елементів теплообмінних апаратів з компенсатором на кожусі

Прийнята товщина трубних решіток повинна забезпечувати можливість кріплення труб в решітках. Для решіток, в яких кріплення теплообмінних труб проводиться розвальцьовуванням або зваркою з подальшим розвальцьовуванням, прийнята товщина решітки повинна забезпечувати міцність і гарантований тиск герметизації вальцювального з'єднання, а також невикривлення решітки при розвальцьовуванні труб. Мінімальна товщина трубних решіток прийнята з цих міркувань:

$$S_p = 24 \text{ мм}$$

Виконавча товщина трубної решітки S_p , мм, має задовольняти умові міцності безтрубної зони

$$S_p \geq S_{pp} + C_p, \quad (6.21)$$

де S_{pp} – розрахункова товщина трубної решітки,

C_p – сума добавок до розрахункової товщини решітки, мм.

Розрахункову товщину трубних решіток за умови міцності максимальної беструбної зони визначаємо за формулою

$$S_{pp} = 0,5 D_e \sqrt{P/[\sigma]_p} \quad (6.22)$$

$$S_{pp} = 0,5 \cdot 32 \sqrt{1,6/169,8} = 1,55 \text{ мм}$$

де D_e – діаметр кола, вписаного в максимальну беструбну зону
визначається конструктивно

$$S_p \geq S_{pp} + C_p \quad 24 \geq 1,55 + 1,8 = 3,35 \text{ мм} \quad - \text{ умова виконується}$$

6.6 Розрахунок лінзового компенсатора

6.6.1 Умови застосування розрахункових формул

Розрахункові формули застосовні, якщо виконуються умови:

$$\frac{S_{\varepsilon}}{d_i} \leq 0,035; \quad 1,08 \leq \frac{D_{\varepsilon}}{d_i} \leq 3,00; \quad \frac{2r}{D_{\varepsilon} - d_i} \leq 0,4 \quad (6.23)$$

Де $S_{\varepsilon}=4\text{мм}$ - товщина стінки лінзового компенсатора;

$d_i=325\text{мм}$ - зовнішній діаметр западини хвилі компенсатора;

$D_{\varepsilon}=475\text{мм}$ - зовнішній діаметр гребеня хвилі компенсатора;

$r=14\text{мм}$ - внутрішній радіус тороїдального переходу в верхній та нижній частинах хвилі компенсатора

$$\frac{S_{\varepsilon}}{d_i} = \frac{4}{325} = 0,012 < 0,035$$

$$1,08 < \frac{D_{\varepsilon}}{d_i} = \frac{475}{325} = 1,46 < 3,00$$

$$\frac{2 \cdot r}{D_{\varepsilon} - d_i} = \frac{2 \cdot 14}{475 - 325} = 0,187 < 0,4$$

6.6.2 Визначення допоміжних величин

Розрахунковий діаметр западини хвилі компенсатора визначають за формулою

$$d_1 = d_i - S_{\varepsilon} \quad (6.24)$$

$$d_1 = 325 - 4 = 321 \text{ мм}$$

Розрахунковий діаметр гребеня хвилі компенсатора визначають за формулою

$$d_2 = D_{\varepsilon} - S_{\varepsilon} \quad (6.25)$$

$$d_2 = 475 - 4 = 471 \text{ мм}$$

Середній радіус тороїдального переходу хвилі компенсатора розраховують за формулою

$$r_s = 0,5(2r + S_\varepsilon) \quad (6.26)$$

$$r_s = 0,5 \cdot (2 \cdot 14 + 4) = 16 \text{ ì}$$

Допоміжну величину впливу переходу розраховують за формулою

$$\rho_\varepsilon = 2 - 100 \frac{r_s}{d_1 + d_2} \quad (6.27)$$

$$\rho_\varepsilon = 2 - 100 \cdot \frac{16}{321 + 471} = -0,02 \text{ ì}$$

Розрахункову ширину пластинчастої зони хвилі компенсатора розраховують за формулою

$$b_\varepsilon = 0,5(d_2 - d_1 + \rho_\varepsilon \cdot r_s) \quad (6.28)$$

$$b_\varepsilon = 0,5 \cdot (471 - 321 + (-0,02) \cdot 16) = 74,8 \text{ ì}$$

Радіус закруглення пластинчастої зони хвилі компенсатора визначають за формулою

$$R_0 = 0,25(d_2 + d_1 - 2b_\varepsilon) \quad (6.29)$$

$$R_0 = 0,25 \cdot (471 + 321 - 2 \cdot 74,8) = 160,6 \text{ ì}$$

Середній діаметр хвилі d_{cp} , мм, визначають за формулою

$$d_{\text{н\ddot{o}}} = 0,5(d_2 + d_1) \quad (6.30)$$

$$d_{\text{н\ddot{o}}} = 0,5 \cdot (471 + 321) = 396 \text{ ì}$$

Характеристики хвилі визначають за формулами:

$$\xi = \frac{d_2}{d_1} - 1 \quad (6.31)$$

$$\xi = \frac{471}{321} - 1 = 0,47$$

$$\eta = \frac{d_2 - d_1}{2r_s} - 2 \quad (6.32)$$

$$\eta = \frac{471 - 321}{2 \cdot 16} - 2 = 2,69$$

$$\alpha = S_{\varepsilon} / d_1 \quad (6.33)$$

$$\alpha = \frac{4}{321} = 0,012$$

$$\lambda = b_{\varepsilon} / R_o \quad (6.34)$$

$$\lambda = \frac{74,8}{160,6} = 0,47$$

$$\gamma = 1 + 1,25 \frac{d_2}{d_1} - \frac{3,2 r_s}{d_2 - d_1} \quad (6.35)$$

$$\gamma = 1 + 1,25 \cdot \frac{471}{321} - \frac{3,2 \cdot 16}{471 - 321} = 2,59$$

6.6.3 Розрахунок компенсатора на міцність

Виконавчу товщину стінки компенсатора S_{ε} , мм, розраховують за формулою

$$S_{\varepsilon} \geq S_{\varepsilon 0} + \tilde{N}_{\varepsilon} \quad (6.36)$$

Де $S_{\varepsilon 0}$ – розрахункова товщина стінки компенсатора, мм;

C_{ε} – сума добавок до розрахункової товщини стінки компенсатора, мм.

Суму добавок до розрахункової товщини стінки компенсатора при $S_{\varepsilon} = 4,0$ мм приймають рівною не більше 0,8 мм.

Розрахункову товщину стінки компенсатора визначають за формулою

$$S_{\varepsilon 0} = S_4 \cdot \sqrt{0,5 + \sqrt{0,25 + (S_3 / S_4)^4}} \quad (6.37)$$

де

$$S_3 = 0,25 (d_2 - d_1 - \gamma \cdot r_s) \cdot \sqrt{P / [\sigma]_{\varepsilon}} \quad (6.38)$$

$$S_3 = 0,25 \cdot (471 - 321 - 2,59 \cdot 16) \cdot \sqrt{\frac{1,6}{144,4}} = 2,8 \text{ мм}$$

$$S_4 = \frac{P \cdot d_{cp}}{2 [\sigma]_{\xi} \cdot \varphi} \cdot \frac{L}{d_2 - d_1 + 2 l_{\xi} + 2,3 r_s} \quad (6.39)$$

$$S_4 = \frac{1,6 \cdot 396}{2 \cdot 151 \cdot 1} \cdot \frac{80}{471 - 321 + 2 \cdot 5 + 2,3 \cdot 16} = 0,8 \text{ ì}$$

Позначення в формулах (6.36)-(6.38):

Де $[\sigma]_{\xi}$ – допустима напружина для матеріалу лінзи при розрахунковій температурі, МПа;

L – виконавча довжина компенсатора, мм;

l_{ξ} – приєднувальна довжина циліндричної частини компенсатора, мм;

φ – коефіцієнт міцності подовжнього зварного шва компенсатора.

$$S_{\xi 0} = 0,83 \cdot \sqrt{0,5 + \sqrt{0,25 + (2,79/0,8)^4}} = 2,95 \text{ ì}$$

Виконавчу товщину стінки компенсатора розраховують за формулою

$$S_{\xi} \geq S_{\xi 0} + \tilde{N}_{\xi} \quad (6.40)$$

$$S_{\xi} = 2,95 + 0,8 = 3,75 \text{ ì}$$

Приймаємо:

$$S_{\xi} = 4 \text{ ì}$$

Допустимий тиск $[D]_{\xi}$, МПа, визначають за формулою

$$[P]_{\xi} = \frac{[P]_1}{\sqrt{1 + \left(\frac{[P]_1}{[P]_2}\right)^2}} \quad (6.41)$$

де

$$[P]_1 = 16 \left(\frac{S_{\xi} - \tilde{N}_{\xi}}{d_2 - d_1 - \gamma \cdot r_s} \right)^2 \cdot [\sigma]_{\xi} \quad (6.42)$$

$$[D]_1 = 16 \cdot \left(\frac{4 - 0,8}{471 - 321 - 2,59 \cdot 16} \right)^2 \cdot 144,4 = 2,0 \text{ Ìà}$$

$$[P]_2 = \frac{2 [\sigma]_{\xi} \cdot \varphi \cdot (S_{\xi} - C_{\xi})}{d_{cp}} \cdot \frac{d_2 - d_1 + 2 l_{\xi} + 2,3 r_s}{L} \quad (6.43)$$

$$[\mathcal{D}]_2 = \frac{2 \cdot 144,4 \cdot 1 \cdot (4 - 0,8)}{396} \cdot \frac{471 - 321 + 2 \cdot 5 + 2,3 \cdot 16}{80} = 5,7 \text{ П\AA}$$

$$[\mathcal{D}]_k = \frac{2,0}{\sqrt{1 + \left(\frac{2,0}{5,7}\right)^2}} = 1,88 \text{ П\AA}$$

При цьому повинна виконуватися умова

$$P_k \leq [P],$$

1,6 МПа < 1,88 МПа, умова виконується.

6.6.4 Розрахунок числа лінз компенсатора

Різницю у видовженні кожуха і труб в робочих умовах, яку необхідно скомпенсувати, визначаємо за формулою

$$\Delta = l \cdot |\alpha_{\text{к}} \cdot (t_{\text{к}} - t_0) - \alpha_{\text{т}} \cdot (t_{\text{т}} - t_0)| \quad (6.44)$$

Де $\alpha_{\text{к}}, \alpha_{\text{т}}$ – коефіцієнти лінійного розширення матеріалів відповідно кожуха та труб, $1/^\circ\text{C}$;

$t_{\text{к}}, t_{\text{т}}, t_0$ – температури відповідно кожуха, труб і виготовлення апарата, $^\circ\text{C}$, ($t_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$)

l – довжина труб, мм $l = 3000 \text{ мм}$

$$\alpha_{\text{к}} = 12 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$$

$$\alpha_{\text{т}} = 11,6 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$$

$$\Delta = 3000 \cdot \left| \left[12 \cdot 10^{-6} \cdot (160 - 20) - 11,6 \cdot 10^{-6} \cdot (100 - 20) \right] \right| = 2,2 \text{ мм}$$

За додатком визначаємо компенсуючу здатність однієї лінзи компенсатора при загальному числі циклів навантаження $N = 10^3$, $\Delta_{\text{к}} = 3 \text{ мм}$

Необхідне число лінз в компенсаторі розраховуємо за формулою

$$n_{\text{к}} = \frac{\Delta}{\Delta_{\text{к}}} = \frac{2,2}{3} = 0,73$$

Отримане число лінз округляємо до найближчого більшого цілого числа, тобто $n_{\text{к}} = 1$.

7 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПІДГРІВАЧА

7.1 Виготовлення основних елементів апарата

7.1.1 Виготовлення обичайок

Обичайки виготовляють звареними з напівфабрикатів. Вальцювання, штампування обичайок допускається робити тільки на відповідних машинах або пресах. Виготовлення обичайок ручним способом, а також місцеве нагрівання й виправлення молотком не допускається.

Для виготовлення обичайки спочатку виконується розмітка листових заготівель із метою вказівки границь обробки й раціонального розкрою листа для найбільш повного використання металу. Розмітка виконується на розмічальних столах або плитах. По маркуванню листа перевіряється відповідність марки металу, довжини, товщини й ширини листа вимогам креслення. Лист укладається на розмічальний стіл маркуванням нагору й на ньому розмічається базова ризику уздовж крайки з найменшої серповидністю. На листі розмічаються ризику під відрізок, ризику з непаралельністю не більше 1 мм під строжку й контрольні ризику. Різання листа здійснюють на гильйотинних ножицях. Після різання здійснюють обробку кромки на верстаті. Після цього лист подається до преса для підгибки кромки. Після підгинання кромки лист подається до листозгинальної

машини із трьома валками розташованими симетрично. Зборку поздовжнього стику роблять гідравлічними струбцинами. Після приварки на ролікоопорах вхідної й вихідної планки звареним трактором виконується зварювання внутрішнього шва на флюсовій подушці, а після зачищення кореня шва зварюється зовнішній поздовжній шов. Після зварювання зовнішнього шва на стенді шов зачищають, знімають посилення й видаляють вхідну й вихідну планки. Далі обичайка подається до листозгинальної машини на виправлення, зварні шви контролюються

ультразвуковою дефектоскопією. Отвори в обичайці під штуцера обробляють вирізкою газовим різакон з попередньою розміткою.

7.1.2 Виготовлення еліптичних днищ

Розміри й форма днищ повинні відповідати ГОСТ 6533-78.

Виготовлення еліптичного днища виконують по технічних умовах на виготовлення й поставку днищ, які викладені в стандартах на днища. Днища можна виготовляти штампуванням на пресах, методом обкатування роликками, електрогідравлічним й електромагнітним штампуванням. Зварні шви розташовують по хорді на відстані від центра не більше 440 мм. Мінімальна відстань між меридіональними швами приймають не менш 100 мм. Днища зі штапованих елементів зварюють стиковими швами із двостороннім проваром.

Формовку днища методом штампування на пресах проводять у наступному порядку. Заготівля за допомогою транспортера подається на нагрівальну піч для рівномірного нагрівання до необхідної температури. Температурний інтервал штампування 850-950 °С. Нагріта заготівля спеціальними захватами витягається з печі й подається на транспортер, за допомогою якого транспортується до штампа, що перебуває під пресом. Штмп складається із циліндричного пуансона з еліпсоїдною торцевою поверхнею, виконаної за формою кулі. Під час штампування, пуансон, рухаючись униз тягне заготовку через матрицю.

Потім заготівлю встановлюють на протяжне кільце й штамнують, як правило, за одну операцію. Заготівля знімається при ході пуансона нагору. Завершальні операції передбачають розмітку днищ для підрізування торця й розмітку отворів, підрізування торця й обробку отворів, термообробку, очищення, контроль і таврування.

7.1.3 Встановлення штуцерів

Після розмітки корпусу виробляється вирізка отворів для установки люків, штуцерів й інших елементів арматури апарата.

Отвори для установки штуцерів на обичайці й днищі розміщують на відстані від края ближнього зварного шва до осі отворів на відстані не менш 0,9 діаметра отвору. Відстань між центрами двох сусідніх отворів у циліндричній обичайці по зовнішній поверхні повинне бути не менш 1,4 діаметри отвору або 1,4 напівсуми діаметрів отворів, якщо діаметри їх різні.

На днищах відстань між кромками двох сусідніх отворів, обмірювана по хорді приймають не менш діаметра меншого отвору.

Не допускається розташовувати отвори на зварних швах. На поздовжніх швах обичайки допускається установка штуцера діаметром не більше 150 мм при відстані між центрами двох сусідніх штуцерів не менш суми діаметрів їхніх отворів на радіусі. У кільцевих швах обичайки установка штуцерів не обмежується.

У зварних швах днищ, установка штуцерів може бути зроблена тільки після 100 %-ого контролю зварених швів просвічуванням або ультразвуковою дефектоскопією.

Заготівки для фланців одержують вигином прокату. Технологічний процес виготовлення заготівель по цьому методі полягає в розрізі смуги або профілю на мірні заготівлі, згинанні в кільце й стиковому зварюванню. Далі заготівлі піддають механічній обробці, обробляють ущільнювальні поверхні й внутрішній діаметр фланця. Потім висвердлюються відтвори під болти. Фланці штуцерів штампують у відкритих штампах. За один хід преса прошивають отвору й обрізають заусенці на кривошипних пресах у комбінованих штампах. Отримані заготівлі також механічно обробляють.

При збиранні плоских фланців з патрубками необхідно забезпечити рівномірний кільцевий зазор між патрубком і фланцем. Зазор між зовнішньою поверхнею патрубка (обичайки) і стінкою отвору плоского фланця не повинен перевищувати 2,5 мм.

Зварювання штуцерів із плоским фланцем виробляються в такий спосіб: штуцер укладається ущільнювальною поверхнею на складальну плиту, по внутрішньому діаметрі встановлюються підкладки, по товщині рівні товщині підведення й торця патрубка до сполучної поверхні фланця. Патрубок торцем укладається у фланець на підкладку. Витримується перпендикулярність осі щодо ущільнювальної поверхні фланця.

Патрубок прихоплюється й потім приварюється до фланця.

7.1.4 Кріплення труб в трубних решітках

Зовнішня поверхня кінців прямих теплообмінних труб (за винятком труб з корозійностійких сталей) має бути зачищена до чистого металу на довжину, рівну подвоєній товщині трубних грат плюс 20 мм. Довжина зачистки кінців U-образних труб повинна дорівнювати товщині решіток плюс 20мм. Зовнішній діаметр труби після зачищення не має бути менше величини для відповідного класу точності з'єднання.

Розвальцьовування труб

Інструмент, устаткування і технологія розвальцьовування труб розвальцьованих і комбінованих з'єднань, повинні відповідати вимогам галузевого стандарту.

Конусність внутрішньої поверхні труби після розвальцьовування не має бути більше 0,3 мм на довжині розвальцьовування. Гострі кромки в місці переходу від розвальцьовуваної частини труби до нерозвальцьовуваної, а також відшаровування і лущення металу на внутрішній поверхні труби не допускаються.

Зварювання труб з трубними решітками

Перед зварюванням труб з трубними решітками кінці труб, а також лицьову поверхню решіток і отвору в трубних решітках слід зачистити до чистого металу від іржі, грязі, масла і ретельно знежирити.

Діаметральний зазор між трубними решітками і трубою рекомендується не більше 0,3 мм. Для забезпечення цієї вимоги рекомендується конічне розвальцьовування труби перед зварюванням до торкання зовнішньої поверхні труби з краєм трубного отвору (рисунок 6.1).

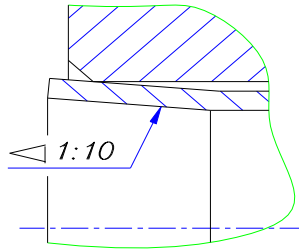


Рисунок 7.1 – Конічне розвальцьовування труби перед зварюванням

7.2 Збирання теплообмінника

В обичайці кромки під зварювання, що стикуються, завширшки 15-20 мм від кромки й торця зачищаються абразивом або металевою щіткою. Обичайки встановлюють на складальний стенд, збираються й зварюються по кільцевих швах. Поздовжні шви в горизонтальних апаратах повинні розташовуватися поза межами нижньої частини корпусу, якщо ця частина мало доступна для огляду. Потім виконується зварювання спочатку зовнішніх, а потім після зачищення - зварювання внутрішніх кільцевих швів.

Збирання теплообмінника необхідно проводити в такій послідовності:

- приєднати кришки;
- змонтувати фланцеві сполуки кришок та трубчатки;
- змонтувати трубопроводи входу та виходу продукту;
- заізолювати теплообмінника.

7.3 Випробування після виготовлення

Після виготовлення теплообмінника перед здачею його в експлуатацію необхідно зробити випробування на щільність і міцність під спостереженням керівника відділу технічного контролю.

Усе теплообмінні труби мають бути піддані гідравлічним випробуванням на підприємстві-виготовнику. При відсутності в сертифікатах даних про гідравлічні випробування підприємство-виготівник теплообмінних апаратів зобов'язано провести вибіркові гідравлічні випробування відповідно до вимог ГОСТ 3845-75 по 3 % труб від кожної партії, але не менше 5 труб. При отриманні незадовільних результатів хоча б однієї з труб проводять повторні випробування на подвійній кількості труб, взятих із тієї ж партії.

Результати повторних випробувань є остаточними. При отриманні незадовільних результатів повторних випробувань треба провести гідравлічні випробування усєї партії труб.

Гідровипробування проводиться водою. При заповненні теплообмінника водою, повітря повинне бути цілком вилучене.

Для гідровипробування теплообмінника застосовується вода з температурою не нижче +5°C і не вище +40°C .

Тиск при випробуванні повинний контролюватися двома манометрами.

Тиск у випробовуваному теплообміннику повинний підвищуватися плавно, використання стиснутого повітря або газу не допускається.

Мінімальну величину пробного тиску $P_{пр}$ при гідравлічному випробуванні підігрівача, а також трубопроводів в межах теплообмінника приймають:

$$P_{пр} = 1,25 \cdot P \frac{[\sigma]^{20}}{[\sigma]^t}$$

де P – розрахунковий тиск, МПа

$[\sigma]^{20}$ - допустиме напруження матеріалу апарата при 20°C, МПа

$[\sigma]^t$ - допустиме напруження матеріалу апарата при розрахунковій температурі, МПа

Час витримки теплообмінника під пробним тиском залежить від товщини стінки апарата і складає 10 хвилин.

Після витримки теплообмінника під пробним тиском, його знижують до розрахункового, при якому проводиться огляд зовнішньої поверхні теплообмінника, усіх його роз'ємних і зварних сполук.

8 РЕМОНТ ПІДГРІВАЧА

8.1 Методи виконання планово-попереджувальних ремонтів

Система планово-попереджувальних ремонтів використовується на багатьох підприємствах, у тому числі на хімічних і нафтопереробних заводах. При цьому реалізуються види ремонтів, які класифікують за наступними показниками.

1. По місцю виконання робіт:

- ремонт на місці установки устаткування;
- ремонт з демонтажем устаткування і доставкою в ремонтний цех, де виконуються всі роботи і частина контрольних операцій після ремонту;
- ремонт базової частини (наприклад, корпуси) устаткування на місці установки, а окремих вузлів і деталей в ремонтних цехах.

2. По методу підготовки і проведення ремонтів:

- індивідуальний ремонт устаткування, при якому виконують заміну або відновлення кожної зношеної деталі окремо;
- повузловий метод, суть якого полягає в демонтажі і заміні дефектних вузлів запасними. Ремонт знятих пошкоджених вузлів проводиться в період між ремонтами;
- поагрегатний ремонт, при якому замінюють не вузли, а їх комплекси, звані агрегатами, наприклад, редуктори, приводи мішалок;
- заміна несправного устаткування (машини, апарата) запасним. Ремонт знятого устаткування здійснюється в період між ремонтами.

3. По плануванню ремонтів в часі:

- ремонт устаткування підприємства, рівномірно розосереджений протягом року. Забезпечує найвигідніше завантаження ремонтних цехів і бригад;

- ремонт виконується в період зупинки спільний для всіх або більшості одиниць устаткування цеху (виробництва). Цей варіант характерний для виробництв, що безперервно діють;

- ремонти плануються на час року (сезон) найбільш сприятливий для виробництва ремонтних робіт, або протягом якого має місце недовантаження виробництва (ТЕЦ, холодильні станції, установки, устаткування яких розміщене поза будівлями).

4. За призначенням, змісту, трудомісткості ремонтних робіт (об'єму) і частоті повторюваності:

- поточний - це ремонт, що виконується для забезпечення або відновлення працездатності устаткування і полягає в заміні і (або) відновленні його окремих частин. Цей вид ремонту характеризується найменшим об'ємом (за винятком робіт по технічному обслуговуванню) і повторюється найчастіше;

- середній ремонт за об'ємом робіт, тривалості і повторюваності займає проміжне положення між поточним і капітальним ремонтами, не є обов'язковою складовою частиною ППР для більшості машин і апаратів хімічних виробництв і здійснюється тільки в тих випадках, коли дозволяє збільшити термін служби між капітальними ремонтами;

- капітальний - це ремонт, який виконується для відновлення справності і повного або близького до повного ресурсу устаткування, полягає в заміні або відновленні будь-яких його частин, включаючи базові (наприклад, корпус апарата або машини). Це найбільший за об'ємом плановий ремонт, він повторюється рідше поточного і середнього ремонтів.

8.2 Розбирання підігрівача, виявлення і усунення дефектів

Ремонт посудини роблять за технологією, розробленою ремонтною організацією до початку виконання ремонтних робіт. Всі види ремонтів повинні виконуватися в строгій відповідності із графіком ППР, затвердженому головним інженером.

При проведенні ремонтних робіт в апараті необхідно керуватися «Інструкцією з організації безпечного проведення газонебезпечних робіт на підприємстві».

При ремонті внутрішні поверхні очищають від бруду й інших відкладень.

Ремонтні роботи із застосуванням відкритого вогню повинні проводитись відповідно до «Типової інструкції з організації безпечного проведення вогневих робіт на вибухонебезпечних об'єктах». Вогневі роботи проводяться тільки при наявності дозволу на виробництво вогневих робіт.

Перевірку, регулювання й ремонт всіх контрольно-вимірювальних приладів й автоматичних пристосувань необхідно робити відповідно до «Правил організації й перевірки вимірювальних приладів і контролю за станом вимірювальної техніки з дотриманням стандартів і технічних умов», затвердженими комітетом стандартів, мір і вимірювальних приладів.

Не дозволяється знімати гайки зі шпильок або болтів доти, поки працюючий не переконається в тім, що апарат або ділянка трубопроводу не має тиску. Затягування гайок при ремонті повинна бути рівномірною щоб уникнути перенапруги в окремих болтах.

Перед зварюванням перевіряється якість підготовки й зборки елементів, що зварюють. Зсув кромки швів у стикових з'єднаннях не повинен перевищувати 10% більш тонкого листа, але не більше 3 мм. При зварюванні елементів різної товщини передбачається плавний перехід від одного елемента до іншого, при цьому кут скосу не повинен перевищувати 15°. Допускаються стикові шви без попереднього утонення стінки, якщо

різниця між товщинами елементів, що з'єднуються, не перевищує 30 % від товщини більшого тонкого елемента, але не більше 5 мм.

При ремонті корпусів зварювальні роботи виконуються при позитивній температурі навколишнього повітря. Допускаються зварювальні роботи з попереднім підігрівом при температурі навколишнього повітря не нижче - 20°C.

При ремонті корпусів використовують ручне електродугове зварювання, крім того може бути використане автоматичне й напівавтоматичне зварювання. Зварні шви, що виконуються при ремонті, повинні забезпечувати необхідну міцність і бути доступними для контролю. Їх розташовують поза опорою корпуса. Перетинання зварних швів, що проводяться ручним електродуговим зварюванням не допускається.

Ушкоджену обичайку заміняють цілою або полистно. При заміні цілої проміжної обичайки використовують вантажопідйомні механізми. Вони утримують верхню неушкоджену частину апарата. Цю частину відокремлюють від дефектної обичайки й опускають на землю. Ушкоджену обичайку за допомогою тих же механізмів також опускають на землю. Нову обичайку піднімають і стикують із нижньою частиною апарата. Потім піднімають верхню частину й після стикування з обичайкою й перевірки частин обоє стикових шва заварюються. При листовій заміні використовують листи, завальцьовані по радіусу, рівному радіусу корпуса.

Дефектні днища при неможливості їхнього ремонту на місці заміняють новими.

При ремонті часто необхідно відновити поверхні ущільнювачів трубних решіток і фланців, що мають пошкодження, наприклад, унаслідок корозії металу. Ці роботи можна виконувати, не відрізуючи фланці, спеціальним переносним пристроєм, розробленим ВНППТхімнафтоапаратури. Пристрій є зварною конструкцією, що

містить корпус, яким він кріпиться на оброблюваному фланці, і планшайбу із змонтованою на ній кареткою з резцедержателем.

Пристрій можна кріпити до фланців, розташованих у вертикальній і горизонтальній площині; універсальний затиск дозволяє кріпити його на фланцях різних зовнішніх діаметрів.

Ремонт вузла кріплення труб в трубних решітках полягає в усуненні розгерметизації цього вузла унаслідок корозії, дії циклічних і термоциклічних навантажень, релаксації напружин у вальцювальному з'єднанні і тому подібне.

Порушення герметичності може бути викликане розгерметизацією труби і вузла кріплення. У першому випадку текцію легко усунути установкою конічних пробок з обох боків дефектної труби. Такі пробки завдовжки 40—60 мм застосовують для герметизації труб зовнішнім діаметром 10—28 мм з вуглецевих і корозійно-стійких сталей, латуні, монеля. Для холодильників, конденсаторів і інших апаратів при робочій температурі середовища не вище 105°C рекомендуються пробки з фібри, що розбухає при контакті з водою і надійно ущільнює місце течії. Застосування конічних пробок скорочує час простою установок. При плановому ремонті і заміні дефектних труб пробки видаляють і велику частину їх використовують повторно.

Течія в місцях кріплення труб в умовах експлуатації усувається зазвичай розвальцюванням, оскільки застосування зварки часто неможливе за умовами техніки безпеки. При розвальцюванні на робочих місцях (без демонтажу теплообмінника) використання звичайного устаткування нерідко утруднене великою висотою вертикально розташованих теплообмінників, обмеженістю об'єму закритих камер і т. п. В цих випадках застосовують развальцювочний інструмент з ручним приводом.

Развальцьовочний інструмент впливає на трубу і трубну решітку в процесі розвальцьовування. Найбільш точним і продуктивним методом контролю цього процесу в даний час є вимір і обмеження величини моменту, що крутить, на провідному елементі інструменту — хвостовику веретена.

Трьохроликовий развальцьовочний інструмент з регульованою глибиною розвальцьовування набув в даний час найбільшого поширення як у нас, так і за рубежом. У пазах корпусу, що розташовані під кутом 120° один до іншого і під кутом ϕ (де $\phi=1^\circ30'—4^\circ30'$) до подовжньої осі інструменту, обертаються ролики, що утримуються від випадання завальцьованими краями пазів. Усередині корпусу обертається і переміщається в осьовому напрямі веретено з фіксуючою гайкою. Гвинт фіксує в корпусі положення підшипникового упору, що складається з нерухомої обойми, підшипника, стопорного кільця і різьбового упору, що обертається разом з корпусом. Глибину розвальцьовування регулюють перекриттям підшипниковим упором частини довжини роликів переміщенням по різьбленню упору.

8.3 Ремонт вузла кріплення труб до трубної решітки

Основними способами кріплення труб до трубної решітки в трубчастих теплообмінних апаратах є розвальцьовування роликами і зварка у поєднанні з розвальцьовуванням. Аналіз виходу з ладу теплообмінників, виконаний ВНПТхімнафтоапаратури, показав, що від 14 до 25% відмов викликано порушенням герметичності вальцювальних з'єднань. Повзучість і релаксація при високих температурах порушують герметичність з'єднання, у зв'язку з чим при робочих температурах понад 450°C для сталевих труб і понад 250°C для труб з кольорових металів і сплавів необхідно застосовувати комбіноване кріплення (розвальцьовування і зварку). При деформації труби роликами виникає вельми високий місцевий контактний тиск, що викликає у ряді середовищ зниження корозійної

стійкості в зоні вальцювального поясу в порівнянні з недеформованим металом труби, відшаровування і лушення металу труб (у цих випадках, якщо дозволяє робоча температура, успішно застосовують клеєвальцьовочні з'єднання), руйнування захисного покриття (для труб оцинкованих, алюмінізованих і ін.), що призводить до необхідності розвальцьовування через тонкостінні проміжні втулки.

Зварку труб з трубними решітками застосовують в основному в теплообмінниках, що працюють при температурі вище 450°C і тиску більше 14МПа, у поєднанні з розвальцьовуванням, виконаним роликівим інструментом, а також імпульсними методами і ін. Таке комбіноване кріплення труб застосовують і при меншому тиску і температурах у випадках, коли до герметичності з'єднань пред'являють особливі вимоги, пов'язані з пожежо- або вибухонебезпекою, а також токсичністю або радіоактивністю робочого середовища.

Застосування зварки без додаткового розвальцьовування доцільно тільки для апаратів, у яких товщина трубних решіток менше зовнішнього діаметру теплообмінних труб.

Заміна труб в трубних решітках включає видалення дефектних труб, підготовку нових труб (різання в розмір і зачистку кінців під розвальцьовування або зварку), набивання їх в пучки і кріплення в решітках.

Труби видаляють найчастіше вручну з використанням облямівування. Для цього висвердлюють трубу приблизно на три довжини розвальцьованої частини, зменшуючи при цьому товщину її стінки. Для тонких труб висвердлювання не обов'язкове. Після цього між трубою і внутрішньою поверхнею отвору решітки забивають спеціальне облямівування, яке деформує стінку труби. Ретельність в

установці і роботі цим інструментом запобігає пошкодженню отвору трубних решіток. Потім облямовуванням трубу вибивають з трубних решіток.

Дефектні труби можна видаляти за допомогою спеціального устаткування, до складу якого входять портативна насосна станція, гідравлічний пістолет, електроімпульсний ключ, ручний ключ і комплект різьбових стрижнів. Насосна станція забезпечує тисквсистемі до 70 МПа.

Труби видаляють в такій послідовності. Завальцьовану трубу відрізують на відстані 5—10 мм від внутрішньої поверхні трубних решіток. Перед видаленням дефектні труби доцільно відрізати з внутрішньої сторони трубних решіток. Потім стрижень з різьбленням за допомогою ручного або електричного ключа угвинчують в трубу, що підлягає видаленню, на стрижень надягають гідравлічний пістолет із змінним упором, що нагвинчується на його кінець; при цьому стрижень затискається і гідропістолет витягує трубу.

У якості привіда використовують пневмо- і електродвигуни, а також (значно рідше) гідромотори. Передача зазвичай складається із знижуючого редуктора або коробки швидкостей, механізму реверсу (при використанні нереверсивного двигуна) і пристрою для фіксації развальцьовочного інструменту

9 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

Хімічні виробництва характеризуються підвищеною небезпекою праці робітників, несуть потенційну небезпеку професійних отруєнь і захворювань, травматизму, забруднення довкілля та ін. Тому питанням охорони праці приділяється велика увага, вони спрямовані на забезпечення безпечних та здорових умов праці, безаварійної роботи устаткування, пожежної безпеки, тощо.

Для запобігання аваріям, неполадкам, нещасним випадкам і забезпечення нормальних умов праці необхідно дотримувати норми і вимоги технологічного регламенту, інструкцій по робочих місцях, інструкцій по охороні праці. Небезпечні чинники виробничих процесів:

1 Прорив горючого газу або легкозаймистої рідини через нещільність, що утворилася, в апаратах комунікаціях з подальшим загорянням або вибухом.

2 Утворення вибухонебезпечної газової суміші в апаратах і трубопроводах при попаданні кисню, повітря в систему при незадовільному продуванні комунікацій і апаратів азотом, а також при пропуску газу або пари легкозаймистої рідини в приміщення.

3 Отруєння тих, що працюють при контакті з токсичними речовинами, вживаними у виробничих процесах.

4 Хімічні опіки при попаданні агресивних речовин на шкіру.

5 Термічні опіки при попаданні пари, гарячого конденсату на шкіру, при зіткненні з гарячими поверхнями апаратів або трубопроводів, загорянні газу, що прорвався, або легкозаймистої рідини.

6 Обмороження при зіткненні із зрідженими газами.

7 Поразка електричним струмом при несправності електроустаткування.

8 Механічні травми при обслуговуванні і ремонті устаткування і трубопроводів з порушенням техніки безпеки.

9 Задуха від недовліку кисню при виконанні робіт в кабельних тунелях, колодязях, пріямках.

10 Шкідливі викиди в робочу зону та водоймища.

Ремонтно – монтажні роботи

Виведення в ремонт устаткування (або демонтаж при виключенні з схеми) здійснюється по письмовому розпорядженню начальника цеху. На підставі письмового розпорядження заступник начальника цеху встановлює і підписує порядок виведення устаткування в ремонт або посилається на відповідні розділи інструкції.

У об'єм робіт з підготовки устаткування до ремонту входить:

- зупинка об'єкту (устаткування, машин, комунікацій), відключення системи, замочною арматурою;
- скидання тиску, звільнення об'єкту від продукту, сировини;
- відключення електроенергії, зняття напруги на щитах, вивішування заборонних і попереджувальних плакатів, установка огорожувальних бар'єрів;
- від'єднання ремонтного об'єкту від комунікацій за допомогою заглушок;
- пропарювання, продування, провітрювання об'єкту і відповідне прибирання від продукту і сировини приміщення.

Якість підготовчих робіт визначається виконанням аналізу на вміст пальних, отруйної, вибухонебезпечної пари або газів, яких повинно бути не більш за ГДК по санітарних нормах.

На арматурі, що відсікає ремонтне устаткування від того, що діє, вивішуються таблички, що забороняють її розтин, а арматуру що підлягає ремонту, позначають крейдою або фарбою.

Установка заглушок повинна проводитися силами ремонтної служби цеху, під керівництвом механіка або майстра цієї служби.

При установці заглушок ремонтною службою цеху механік (майстер) несе відповідальність за дотримання ремонтною службою правил техніки

безпеки і пожежної безпеки при виконанні цієї роботи і за якість установки заглушок.

Перед проведенням ремонтних робіт, механік або майстер цеху проводить виконавцям інструктаж про порядок ведення робіт, дотриманням правил протипожежною і техніці безпеки, потім допускає до виконання ремонтних робіт по оформленому разом із застосуванням засобів захисту, вказаних в наряді.

Інструктаж робітником підрядних організацій про основні небезпеки і шкідливі виробничі чинники в даному цеху в об'ємі першого інструктажа проводить начальник зміни перед початком робіт.

Весь персонал має бути ознайомлений про місце і час проведення ремонтних робіт сторонньою організацією.

При виникненні пожежі або аварії, а так само в разі порушення технологічного режиму і появи небезпеки для оточуючого персоналу цеху повинен дати вказівку про припинення робіт підрядчиком і видалити їх з цеху або небезпечної зони.

Організація робочого місця

Кожне робоче місце при проведенні ремонтно-монтажних робіт повинне відповідати вимогам техніки безпеки: захищені зони робіт, вільні проходи і шляхи доставки деталей і інструментів, працівники мають бути забезпечені індивідуальними засобами захисту, тобто протигазами, що фільтрують, марки «М», для захисту голови від травм – кицьки марки «Праця» або «Дружба» з підшоломниками.

Проведення робіт на висоті

Роботи на висоті вище 1,5м повинні виконуватися із застосуванням приставних сходів, драбин, подмостей, лісів, що мають обгороджування або при обов'язковому застосуванні перевірених або випробуваних запобіжних поясів, якщо роботи проводяться з необгороджених поверхонь.

Роботи, які виконуються на висоті більш 5м від поверхні землі, перекриття або робочого настилу, безпосередньо з конструкції,

устаткування, машин і механізмів при їх монтажі і ремонті мають проводитися із застосуванням запобіжного поясу (поясу верхолаза).

До роботи на висоті допускаються особи не молодше 18 років, що пройшли медичний огляд, ввідний і первинний інструктаж по техніці безпеки і перевірку знань інструкції згідно переліку обов'язкових інструкцій для даної професії.

Ліси, підмости, і інші пристосування для виконання будівельно – монтажних і ремонтних робіт на висоті мають бути інвентарними, виготовлятися по типових проектах і відповідати ГОСТ 12.2.003 – 74.

Навантаження на настили лісів, подмостей і вантажопідйомних майданчиків не повинні перевищувати встановлених проектом величин. Скупчення на настилах людей в одному місці не допускається.

При проведенні ремонтно – монтажних робіт робітник зобов'язаний бути одягнений в спецодяг, мати при собі сумку для інструментів і працювати з надітою на голову каскою.

При роботі на висоті більш 5м, працівник повинен користуватися ременем безпеки, а так само не допускається розміщення працівників на різних відмітках по одній вертикалі.

Проведення зварювальних і вогневих робіт

До вогневих робіт відносять виробничі операції, зв'язані із застосуванням відкритого вогню, нагріванням до температур, здатних викликати займання матеріалів.

На проведення вогневих робіт оформляється наряд-допуск, що передбачає розробку і подальше здійснення комплексу заходів щодо підготовки і безпечного проведення робіт, вказаний термін його дії, і тривалість проведення робіт, склад бригади, вимоги до робітників.

Кожна вогнева робота, що проводиться в плановому порядку, складається з двох етапів:

- підготовка об'єкту до проведення вогневої роботи
- безпосереднє проведення вогневої роботи.

Відповідальним за підготовку об'єкту до проведення вогневої роботи призначається інженерний – технічний працівник цеху (як правило, начальник зміни), у веденні якого знаходиться експлуатаційний персонал даного об'єкту.

Відповідальний за проведення вогневих робіт зобов'язаний:

- перевірити у виконавців наявність і справність засобів індивідуального захисту, інструменту і пристосувань, їх відповідність виконуваній роботі, наявність посвідчень і талонів – попереджень;

- проводити інструктаж виконавців про правила безпечного ведення робіт;

- забезпечити місце проведення робіт первинними засобами пожежогасінні.

Виконавці вогневих робіт несуть відповідальність за виконання всіх мерів безпеки, передбачених в наряді – допуску.

Якщо вогневі роботи проводяться усередині ємкості, то вони вимагають письмового дозволу головного інженера, узгодженого з органами пожежної охорони, наявність акту огляду ємності і дотримання особливих заходів безпеки згідно спеціальної інструкції. До таких заходів відносять забезпечення максимального повітрообміну, якщо потрібно – примусового, обов'язкове заземлення ємності, цілісність ізоляції токопроводов, наявність повного комплекту захисного одягу (діелектричні рукавички, калоші, шлем або каска), неможливість зміни електродів при включеній напрузі.

Для проведення робіт усередині ємкостей повинна призначатися бригада в складі не менш 2-х чоловік (працівник, спостережник). Газонебезпечні роботи усередині ємкостей проводяться при постійній присутності газорятівного. Перебування усередині ємкостей допускається, як правило, одній людині. При необхідності перебування в ємності більшого числа працівників мають бути розроблені, внесені до наряду-допуску і додатково здійснені заходи безпеки, що передбачають призначення що не менш одного спостерігаючого персонально на того, що одного працює в апараті,

порядок входу і евакуації працівників, порядок розміщення шлангів, забірних патрубків протигазів, сигнально-рятувальних вірьовок, наявність засобів зв'язку і сигналізації на місці проведення робіт.

У всіх випадках на працівника що спускається в ємність, має бути надітий рятувальний пояс з сигнально-рятувальним мотузком. Пояс, карабін і сигнально-рятувальний мотузок мають бути випробувані в установленому порядку.

Експлуатація технологічного устаткування

Основною умовою безпечної експлуатації є дотримання обслуговуючим персоналом норм технологічного режиму, робочих інструкцій по охороні праці. Перед пуском цех необхідно:

- перевірити стан фланцевих з'єднань і арматури;
- зняти всі заглушки, встановлені для ремонту з відповідним записом в журнал обліку зняття і установки заглушок;
- провести заповненні систем захолодженої водою;
- включити в роботу всі стадії технологічного процесу відповідно до інструкцій по робочих місцях.

До експлуатації апарата повинен допускатися тільки кваліфікований обслуговуючий персонал, що здав іспит на право обслуговування даного встаткування. Експлуатацію апарата робити відповідно до робочої інструкції по експлуатації. Пуск апарата в роботу проводити по технологічному регламенті на ведення процесу. Під час роботи апарата повинен підтримуватися заданий технологічний режим, при цьому робочі параметри не повинні бути вище передбачених технічною характеристикою апарата. Для захисту апарата від перевищення тиску на лінії встановлений запобіжний клапан.

ВИСНОВКИ

В даному дипломній роботі розглянуто підігрівач установки ректифікації суміші метанол – вода продуктивністю 2,25 т/год по дистилляту:

- а) На основі аналітичного огляду вибрана конструкція підігрівача, розміри якого отримані з технологічного розрахунку.
- б) Виходячи з умов роботи і характеристик робочого середовища підібрані конструкційні матеріали;
- в) Роботоспроможність апарата підтверджена розрахунками на міцність, які виконані згідно з діючою в хімічному машинобудуванні нормативно-технічною документацією;
- г) Розглянуті питання технології виготовлення підігрівача, його монтаж і ремонт;
- д) Висвітлені питання техніки безпеки.

ЛІТЕРАТУРА

- 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 Методические указания к выполнению курсовой работы на тему "Расчет ректификационной установки непрерывного действия" для студентов дневной и заочной форм обучения специальностей 7.091601; 7.091602; 7.091604; 7.091612; 7.090220/ Составители: Ильиных А.А., Носач В.А., Резанцев И.Р. – Северодонецк: СТИ ВНУ им. Владимира Даля, 2005. – 90с.
- 3 Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия. 1991. – 496с.
- 4 Справочник химика, т. 5. – М.: Химия, 1968. – 975 с.
- 5 Отраслевой стандарт (Ост 26-01-1488-83).
- 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 Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. Процессы и аппараты химической технологии, 4-е изд. – М.: Химия, 1967. – 848 с.
- 8 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.
- 9 Дытнерский Ю.И. и др. Колонные аппараты. Каталог/ Под ред. Дытнерского Ю.И., 2-е изд-во. – М.: ЦИНИНЕФТЕХИММАШ, 1978. – С. 220.
- 10 Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии, 3-е изд. – М.: Химия, 1987. – 496 с.
11. Конструювання та розрахунок кожухотрубчастих теплообмінних апаратів: – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля. – 2006. – 208 с. В.В. Іванченко, О.І Барвін, Ю.М Штонда

12 Аппараты теплообменные кожухотрубчатые общего назначения. Аппараты теплообменные кожухотрубчатые с неподвижными трубными решетками и кожухотрубчатые с температурным компенсатором на кожухе. Каталог. М.: АООТ “ВНИИнефтемаш”. 2001.—70 с.

13 Машины и аппараты химических производств: Учебник для вузов по специальности “Машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов”./ И.И. Поникаров и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 368 с.

14 Аппараты теплообменные кожухотрубчатые общего назначения. Аппараты теплообменные кожухотрубчатые с плавающей головкой, кожухотрубчатые с U-образными трубами и трубные пучки к ним. Каталог. М.: АООТ “ВНИИнефтемаш”. 2001.—89 с.

15 Кожухотрубчатые теплообменные аппараты общего и специального назначения. Каталог. М.: ЦИНТИхимнефтемаш”. 1991.—108 с.

16 ТУ 3612-024-00220302-02. Аппараты теплообменные кожухотрубчатые с неподвижными трубными решетками и кожухотрубчатые с температурным компенсатором на кожухе. Технические условия. М.: АООТ “ВНИИнефтемаш”. 2002.—145 с.

17 ТУ 3612-023-00220302-01. Аппараты теплообменные кожухотрубчатые с плавающей головкой, кожухотрубчатые с U-образными трубами и трубные пучки к ним. Технические условия. М.: АООТ “ВНИИнефтемаш”. 2001.—112 с.

18 ТУ 26-02-1102-89. Аппараты теплообменные кожухотрубчатые повышенной тепловой эффективности с расширителем на кожухе. Технические условия. М.: АООТ “ВНИИнефтемаш”, 1989.—48 с.

19 ОСТ 26-01-1512-76. Компенсаторы линзовые осевые на $P_y=2,5$ МПа. Технические требования.

20 ГСТУ 3-071-2004. Апарати кожухотрубчасті теплообмінні та повітряного охолодження. Кріплення труб в трубних решітках.

21 СОУ МПП 71.120-217:2009. Посудини та апарати сталеві зварні.

Загальні технічні умови.

22 А.И. Барвин и др. Методические указания к расчету цилиндрических обечаек стальных сварных сосудов и аппаратов для студентов специальности 7.090220. Северодонецк, 2002.– 83 с.

23 О.І. Барвінта ін. Конструювання і розрахунок сталевих зварних посудин та апаратів. Фланцеві з'єднання. – Луганськ: Вид-во Східноукр. нац. ун-ту імені Володимира Даля, 2007. – 306 с

24А.И. Барвин и др. Расчет выпуклых и плоских днищ и крышек, конических обечаек, днищ и переходов стальных сварных сосудов и аппаратов. Методика и примеры расчета– Северодонецк, СТИ, 2003. – 122 с.