

РЕФЕРАТ

Бакалаврська робота на тему:

«Установка ректифікації суміші бензол – бутиловий спирт продуктивністю 7 т/год. по вихідній суміші з розробкою дефлегматора».

Ключові слова: ректифікація, колона, дефлегматор, контактні пристрої.

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

Об'єкт дослідження – основне обладнання (колона та дефлегматор установки ректифікації суміші бензол – бутиловий спирт. Ціль роботи – розробка колони та дефлегматора в установці ректифікації.

В роботі для суміші бензол – бутиловий спирт розроблені колона та дефлегматор:

- на основі аналітичного огляду вибрана конструкція дефлегматора, розміри якого отримані з технологічного розрахунку;
- виходячи з умов роботи і характеристик робочого середовища підібрані конструкційні матеріали;
- роботоспроможність апарата підтверджена розрахунками на міцність, які виконані згідно з діючою в хімічному машинобудуванні нормативно-технічною документацією;
- розглянуті питання технології виготовлення дефлегматора, його монтаж і ремонт;
- висвітлені питання техніки безпеки.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВСТУП

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

2 ОПИС ТЕХНОГОЛІЧНОЇ СХЕМИ ТА КОНСТРУКЦІЇ КОЛОНИ І
ДЕФЛЕГМАТОРА

3 КОНСТРУКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ
ДЕФЛЕГМАТОРА

4 ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ РОЗМІРІВ КОЛОНИ ТА
ДЕФЛЕГМАТОРА

5 РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ ДЕФЛЕГМАТОРА

6 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕФЛЕГМАТОРА

7 РЕМОНТ ДЕФЛЕГМАТОРА

8 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

ВИСНОВКИ

ЛІТЕРАТУРА

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

B – ширина, м;

C_p – масова теплоємність за сталого тиску, Дж/(кг·град);

D – діаметр, м;

d – діаметр штуцера, м;

F – поверхня контакту, м;

K – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·град);

t – температура °С;

w – швидкість потоку рідини, м/с;

ω – кутова швидкість

Q – тепловий потік, Вт;

m – витрата речовини, кг/с;

c – теплоємність речовини (питома), Дж/(кг·К);

G_w – продуктивність кубового залишку, кг/год;

G_p – продуктивність по дистилляту, кг/год;

G_F – продуктивність повихідній суміші, кг/год;

M_A, M_B – молярна маса компонента, кг/кмоль;

R_{min} – мінімальне флегмове число;

K_R – коефіцієнт надлишку флегми;

R – дійсне флегмове число;

r – питома теплота пароутворення;

H – висота середовища в апараті, м;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

P – розрахунковий тиск, МПа;

P_k – тиск у сосуді під час дії запобіжного клапана, МПа;

P_r – гідростатичний тиск, МПа;

f – коефіцієнт міцности зварених швів;

C – прибавка до розрахункової товщини, мм;

Π – швидкість проникнення корозії, мм/рік;

S_1 – виконавча товщина стінки днища, мм;

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

C_3 – прибавка для компенсації корозії, мм;

W_y – швидкість пару, м/с;

W_ϕ – швидкість руху потоку, м/с

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

ВСТУП

У хімічній промисловості велике значення мають процеси масообміну, які полягають в переході речовини (маси) з однієї фази в іншу.

Застосовуються наступні процеси, засновані на явищі масообміну.

Абсорбція – поглинання газу рідиною, тобто процес, при якому речовина переходить з газової фази в рідку і розчиняється в ній.

Десорбція – зворотний процес видалення з рідини розчиненого в ній газу.

Перегонка і ректифікація – розділення гомогенних рідких сумішей шляхом випарювання компоненту, що володіє більш високою летючістю, з подальшою конденсацією цього компоненту.

Екстракція – видалення розчиненої в рідині речовини за допомогою іншої рідини, що не змішується з першою і здатною краще розчинити цю речовину.

Адсорбція – поглинання твердим пористим поглиначем одного компоненту з багатоконпонентної суміші газів, пари або рідин.

Десорбція – зворотний процес адсорбції. Служить для видалення адсорбованої речовини і регенерації поглинача.

- Сушка – видалення вологи з твердих тіл шляхом випарювання.

- Кристалізація – видалення одного або декількох компонентів у вигляді кристаллів з розчину або розплаву.

Простими способами перегонки рідких сумішей являються:

1) часткове випарювання рідини і конденсація отриманої пари з відведенням конденсату (проста перегонка);

2) часткова конденсація пари суміші, що переганяється, з відведенням конденсату (проста конденсація).

Кожен з цих процесів окремо не приводить до отримання достатньо чистих продуктів, але здійснюючи обидва ці процесу одночасно і багато разів в протиточних колонах, можна досягти розділення рідкої суміші на чисті компоненти, що складають суміш.

1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

Ректифікація – масообмінний процес розділення однорідної суміші летючих компонентів, здійснюваний шляхом протиточної багаторазової взаємодії пари, що утворюється при перегонці, з рідиною, що утворюється при конденсації цієї пари.

Розділення рідкої суміші засноване на різній летючості речовин. При ректифікації початкова суміш ділиться на дві частини: дистилят – суміш, збагачену низькокиплячим компонентом (НК), і кубовий залишок — суміш, збагачену висококиплячим компонентом (ВК).

Процес ректифікації здійснюється в установці ректифікації, основним апаратом якої є колона ректифікації, в якій пари рідини, що переганяються, піднімаються знизу, а назустріч парам стікає рідина, що подається у вигляді флегми у верхню частину апарату.

Зазвичай апарат ректифікації складається з двох частин або ступенів — верхньої та нижньої, кожна з яких є будь-яким способом організованою поверхнею контакту фаз між парою і рідиною.

Суть процесу ректифікації можна характеризувати як розділення рідкої суміші на дистилят і залишок в результаті протиточної взаємодії рідини з парами.

У нижньому ступені початкова, така, що піддається розділенню суміш, взаємодіє з парою, початковий склад якої дорівнює складу залишку; внаслідок цього із суміші витягується легколетючий компонент.

У верхньому ступені пар початкового складу, відповідного складу початкової суміші, взаємодіє з рідиною, початковий склад якої дорівнює складу дистиляту; внаслідок цього пара збагачується легколетючим компонентом до необхідної межі, а менш летючий компонент витягується з парової фази.

Пара для живлення апарату ректифікації виходить багаторазовим випаровуванням рідини, що має той же склад, що і залишок, а рідина — багаторазовою конденсацією пари, що має склад, однаковий із складом дистиляту.

Кількість дистилляту, отриманого в конденсаторі, дорівнює кількості пари, що прямує в цей пристрій. Отриманий в конденсаторі дистиллят ділиться на дві частини — одна частина прямує назад в колону (флегма), інша є продуктом що виділяють (дистиллят).

Хай для отримання 1 кмоль дистилляту необхідні випар D кмоль рідини і повернення в апарат шляхом конденсації для взаємодії з паровим потоком R кмоль. Останню величину назвемо флегмовим числом; вона є відношенням кількості поверненого в колону дистилляту (флегми) до кількості відібраного дистилляту у вигляді продукту.

Кількість пари, отриманої в нижній частині апарату ректифікації, що проходить по колоні і перехідного в конденсатор, званий дефлегматором, рівна

$$DG_p = GPR + G_p \quad \text{або} \quad D = R + 1$$

Отримана рівність доводить, що розділення суміші при ректифікації можливо в результаті взаємодії потоків пари і рідин в апараті ректифікації при кратності випару $(R+1)$ і кратності конденсації R .

Процес ректифікації може протікати при атмосферному тиску, а також при тиску вище і нижче атмосферного. Під вакуумом ректифікацію проводять, коли розділенню підлягають висококиплячі рідкі суміші. Підвищений тиск застосовують для розділення сумішей, що перебувають в газоподібному стані при нижчому тиску. Атмосферний тиск приймають при розділенні сумішей, що мають температуру кипіння від 30 до 150°C .

Ступінь розділення суміші рідин на компоненти, що становлять, і чистота отримуваних дистилляту і кубового залишку залежать від того, на скільки розвинена поверхня контакту фаз, від кількості флегми, що подається на зрошення, і пристрою колони ректифікації.

У техніці широко використовують установки ректифікацій, які доцільно класифікувати на періодично і що безперервно діють.

Установки ректифікацій, що періодично діють, підрозділяють, у свою чергу, на установки, що працюють в умовах режиму постійної флегми, і установки, що працюють в умовах, що забезпечують постійний склад дистилляту.

Схема установки ректифікації, що періодично діє, приведена на рис. 1.

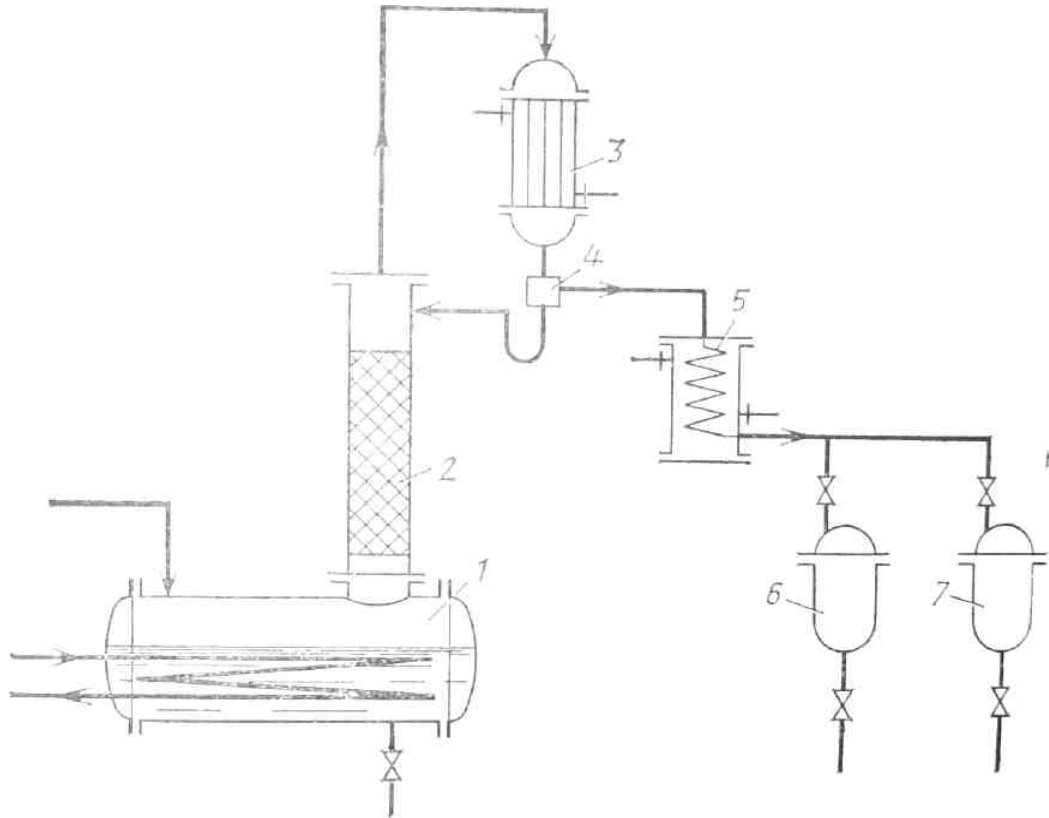


Рис. 1. Принципова схема установки ректифікації періодичної дії:

1 — куб; 2 — колона ректифікації; 3 — дефлегматор; 4 — розділювальний стакан; 5 — холодильник; 6, 7 — збірки.

Початкова суміш завантажується в куб 1, де нагрівається до температури кипіння і випаровується. Пари проходять через колону ректифікації 2, взаємодіючи в протитечії з рідиною, повертаною з дефлегматора 3. У дефлегматорі багаті легколетучим компонентом пари конденсуються, і конденсат поступає в дільника потоку 4. Частина рідини з дільника потоку прямує на зрошення колони ректифікації, а інша частина — дистилат — проходить через холодильник 5 і прямує в збірку 6 або 7.

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

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

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

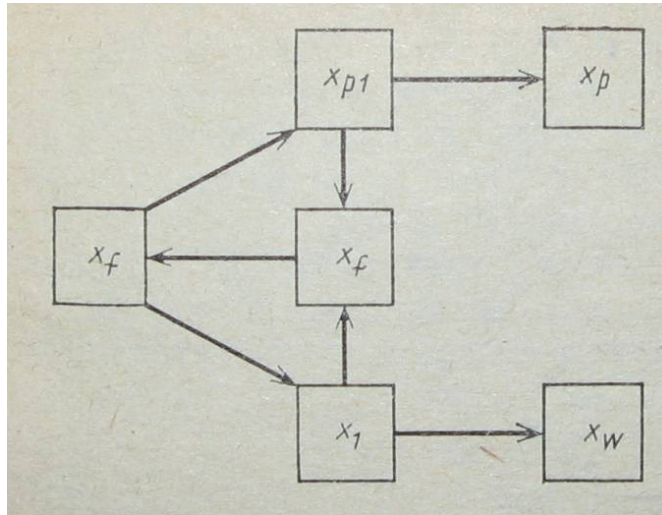


Рис. 2. Схема фракційної ректифікації.

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

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

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

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

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

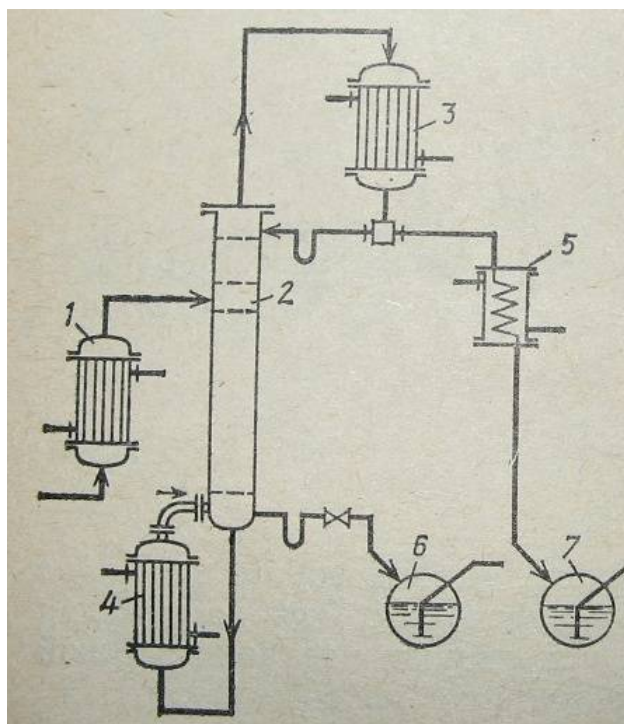


Рис. 3. Принципова схема установки ректифікації безперервної дії:

1 — підігрівач; 2 — колона ректифікації; 3 — дефлегматор; 4 — кип'ятильник; 5 — холодильник; 6 — сборник кубового залишку; 7 — сборник дистиляту

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

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

збірку 7. Менш летка частка початкової суміші безперервно відбирається з нижньої частки апарату ректифікації і поступає в збірку 6.

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

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

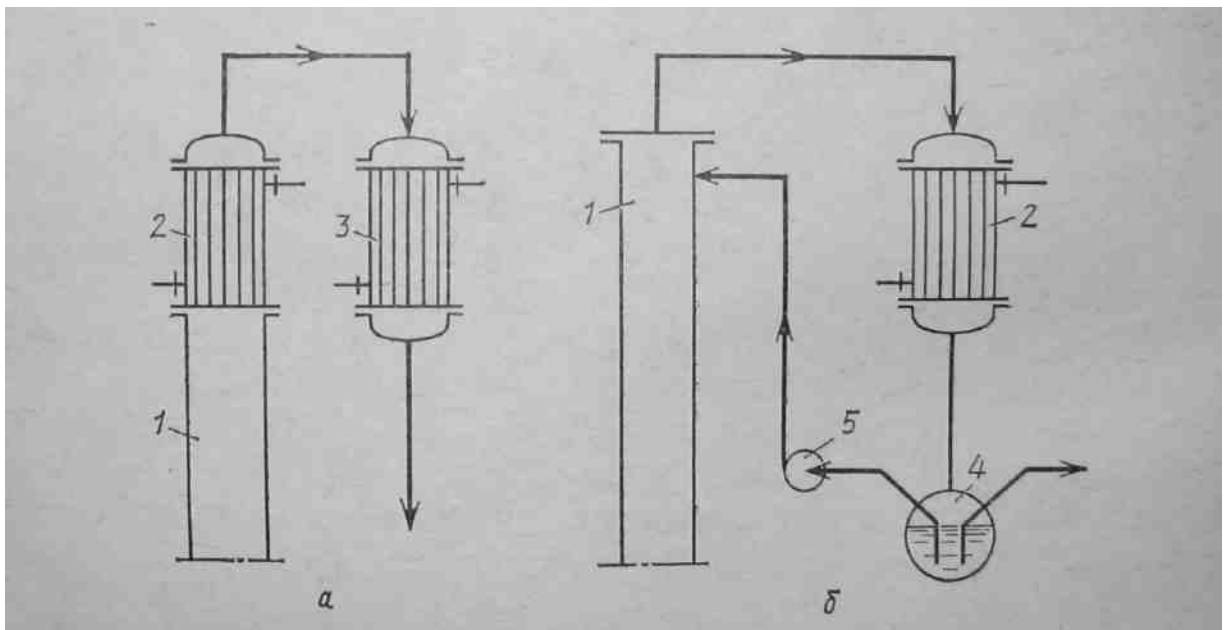


Рис. 4. Способи живлення апарату ректифікації флегмою:

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

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

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

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

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

Конструкції кожухотрубчастих теплообмінників

Кожухотрубчасті теплообмінні апарати з нерухомими трубними решітками є найпростішими за конструкцією, достатньо зручними при експлуатації та ремонті (можлива механічна очистка внутрішньої поверхні та заміна пошкоджених труб). Проте їх застосування обмежується порівняно невеликою різницею температур кожуха та теплообмінних труб (до 30-60 °С), а також неможливістю механічної очистки зовнішньої поверхні труб.

Кожухотрубчасті теплообмінні апарати з температурним (лінзовим) компенсатором на кожусі застосовуються при більш високих різницях температур, але при цьому знижується умовний тиск у міжтрубному просторі та декілька ускладнюється конструкція апарата.

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 зауженими 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 теплообміну 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 ДЕФЛЕГМАТОРА

2.1 Технологічна схема

Початкову суміш з проміжної ємкості $E1$ центробежним насосом $H2$ подають в підігрівач Π , де вона підігрівається до температури кипіння. Нагріта суміш поступає на розділення в ректифікаційну колону KP на розподільну тарілку, де склад рідини дорівнює складу початкової суміші x_F . Стікаючи вниз по колоні, рідина взаємодіє з паром, що піднімається вгору, яка утворюється при кипінні кубової рідини в кип'ятильнику K .

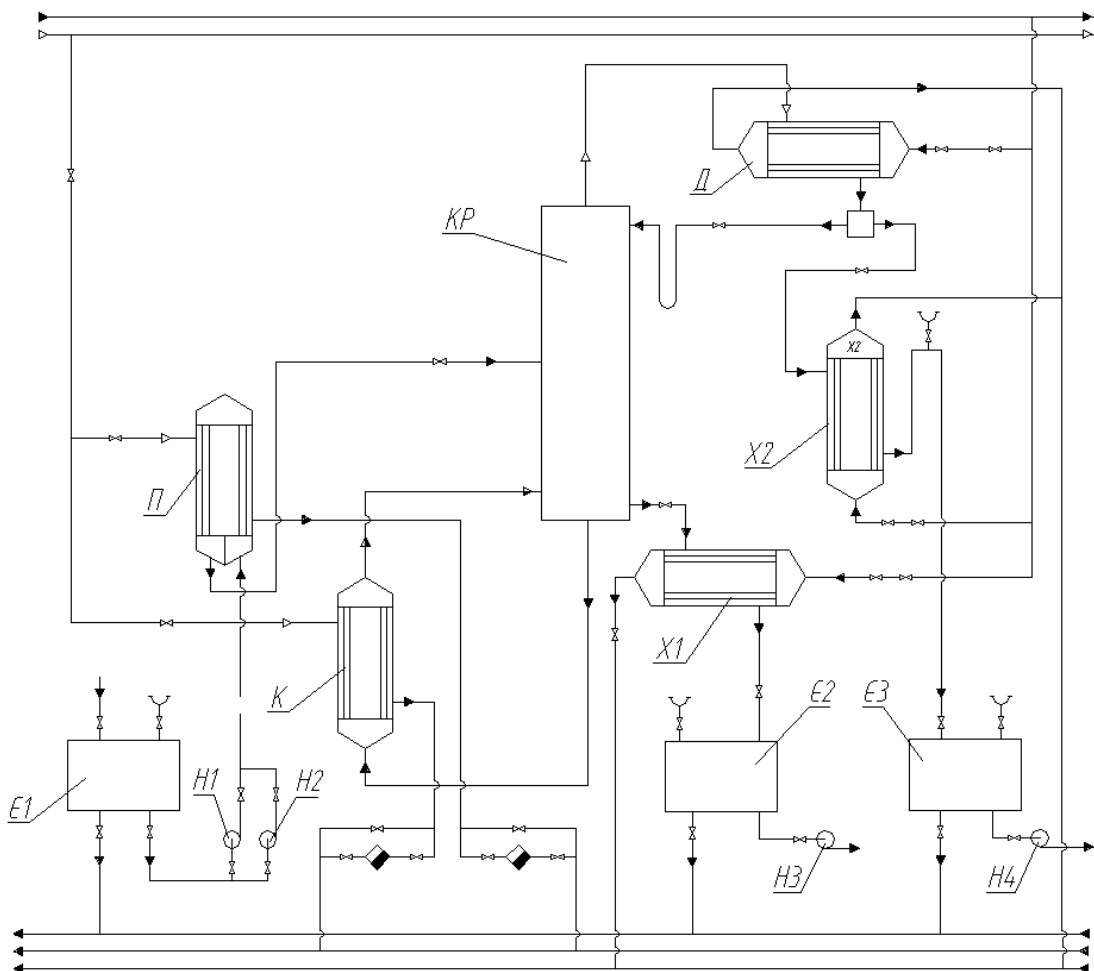


Рис. 2.1 Схема безперервно діючої ректифікаційної установки

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

конденсації пари, що виходить з колони. Частина конденсату виводиться з дефлегматора у вигляді готового продукту розділення – 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 нерівноважний 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 підйомно-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 вивіряння 8. Пристосування для вивіряння 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.

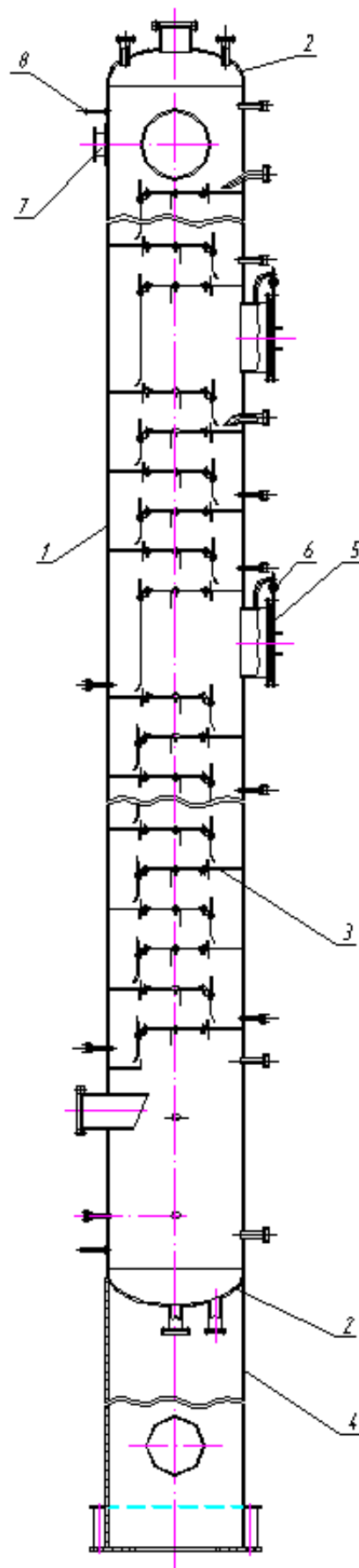


Рис. 2.2 Суцільнозварний колонний апарат з ситчастими тарілками

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 тарілочки 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 дефлегматора

Дефлегматор – двоходовий кожухотрубчастий теплообмінний апарат з температурним компенсатором на кожусі горизонтальний (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. Дефлегматор встановлений на сідлових опорах, одна з яких нерухома, а друга – рухома.

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 (штуцера), через які один теплоносій проходить через міжтрубний простір. Другий теплоносій через патрубки (штуцера) на кришках рухається по трубах. У багатоходовому теплообміннику в корпусі і кришках встановлені перегородки для підвищення швидкості теплоносіїв.

Дефлегматор призначений для конденсації пари і подачі зрошування (флегми) в колону, є кожухотрубчастий теплообмінник, в міжтрубному просторі якого рухається охолоджуючий агент (вода), а в трубах конденсується пара. Проте питання про напрям пари, що конденсується, і охолоджуючого агента всередину або зовні труб слід вирішувати у кожному конкретному випадку, враховуючи бажаність підвищення коефіцієнта теплопередачі і зручність очищення поверхні теплообміну.

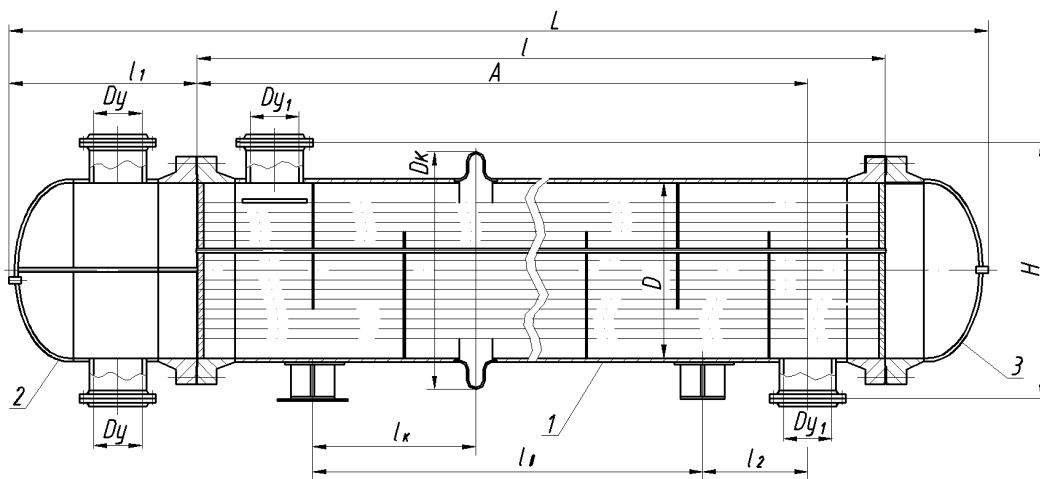


Рисунок 2.3 – Кожухотрубчастий теплообмінний апарат з температурним компенсатором на кожусі горизонтальний двоходовий по трубах

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 корпусу застосовуємо сталь 09Г2С за ГОСТ 19281-89. Матеріал труб для виготовлення патрубків корпусу і матеріал трубопроводних фланців – сталь 09Г2С заГОСТ 19281-89.

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. Материал прокладок - паронит ПОН 2,0 ГОСТ 481-80.

4 ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ РОЗМІРІВ КОЛОНИ ТА ЕФЛЕГМАТОРА

Початкові дані

Продуктивність по початковій суміші	- 7,0 т/год.
Концентрація НКК (бензолу):	
у початковій суміш	- $a_F = 42 \%$ (мас.),
у дистилляті	- $a_P = 98,5 \%$ (мас.),
у кубовому залишку	- $a_W = 2,0 \%$ (мас.).
Температура:	
охладжуючої води	- 11 °С,
дистилляту після холодильника	- 27 °С,
кубового залишку після холодильника	- 27 °С,
початковій суміші	- 25 °С.
Тиск насиченої водяної пари	- 5,5 ата.
Коефіцієнт надлишку флегми	- 1,6.
Молярні маси:	
бензолу	- 78 г/моль
бутилового спирту	- 74 г/моль.
Температури кипіння:	
бензолу	- 80,1 °С,
бутилового спирту	- 117,7 °С.
Колона працює під атмосферним тиском.	

4.1 Визначення продуктивності по дистилляту і кубовому залишку

Продуктивність колони по дистилляту визначаємо по формулі:

$$G_P = G_F \cdot \frac{a_F - a_W}{a_P - a_W} = 7000 \cdot \frac{0,42 - 0,02}{0,985 - 0,02} = 2901,55 \text{ кг/ч} = 0,806 \text{ кг/с.}$$

Продуктивність колони по кубовому залишку визначаємо з рівняння:

$$G_W = G_F - G_P = 7000 - 2901,55 = 4098,45 \text{ кг/ч} = 1,138 \text{ кг/с.}$$

Перевірка:

$$7000 \cdot 0,42 = 2901,55 \cdot 0,985 + 4098,45 \cdot 0,02$$

$$2940 = 2858,03 + 81,97$$

$$2940 = 2940.$$

4.2 Визначення мінімального і дійсного флегмового числа

Перераховуємо масові концентрації в молярній за формулою

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

де X - концентрація низькокиплячого компоненту А (бензол) в бінарній суміші, мольов. долі; a - зміст низькокиплячого компоненту А в бінарній суміші, мас. долі; M_A , M_B - молярна маса компоненту А і В (відповідно).

Тоді концентрація початкової суміші:

$$X_F = \frac{\frac{a_F}{M_A}}{\frac{a_F}{M_A} + \frac{1-a_F}{M_B}} = \frac{\frac{0,42}{78}}{\frac{0,42}{78} + \frac{1-0,42}{74}} = 0,407;$$

дистиляту:

$$X_P = \frac{\frac{a_P}{M_A}}{\frac{a_P}{M_A} + \frac{1-a_P}{M_B}} = \frac{\frac{0,985}{78}}{\frac{0,985}{78} + \frac{1-0,985}{74}} = 0,984;$$

кубового залишку :

$$X_W = \frac{\frac{a_W}{M_A}}{\frac{a_W}{M_A} + \frac{1-a_W}{M_B}} = \frac{\frac{0,02}{78}}{\frac{0,02}{78} + \frac{1-0,02}{74}} = 0,019$$

Мінімальне флегмове число визначаємо графо-аналітичним способом. Для цього на підставі досвідчених даних в координатах $y-x$ будуємо криву

рівноваги для суміші бензол - бутиловий спирт при атмосферному тиску (рис.4.1) і криву температур кипіння і конденсації (рис.4.2).

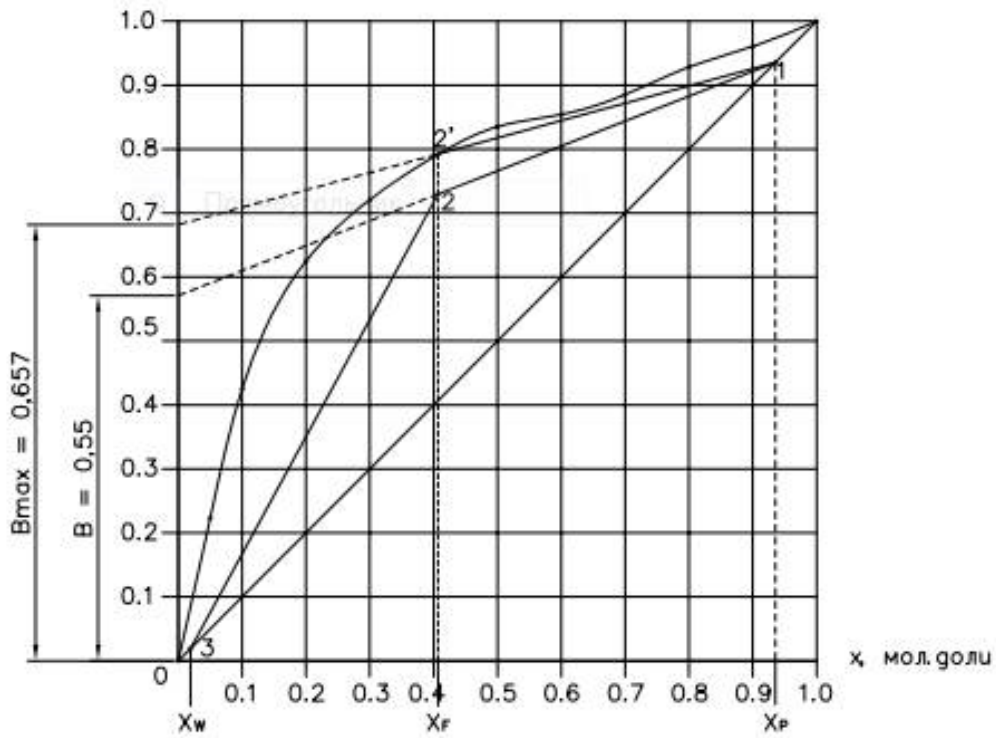


Рис. 4.1 – до визначення мінімального флегмового числа

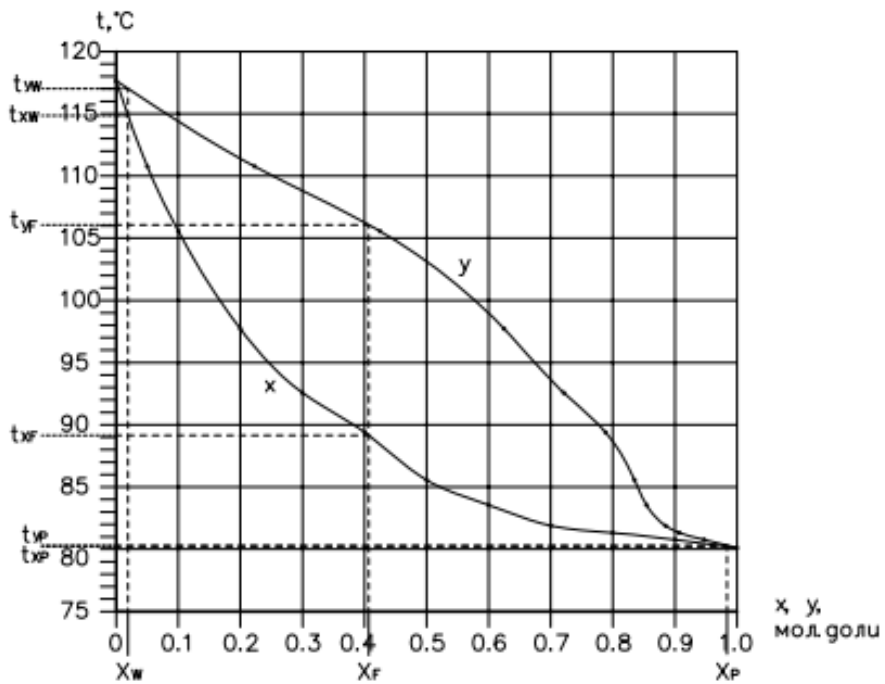


Рис. 4.2 – Ізобара температур кипіння і конденсації

Таблиця 4.1 - Рівноважні дані для суміші бензол - бутиловий спирт.

Вміст компоненту А, мол. %	Температура кипіння, t °C
-------------------------------	------------------------------

у рідині (x)	у парі (y)	
0	0,0	117,7
5	22,3	110,8
10	42,5	105,5
20	62,5	97,7
30	72,1	92,5
40	78,8	88,3
50	83,5	85,4
60	85,4	83,5
70	88,5	81,9
80	90,7	81,3
90	94,7	80,7
100	100,0	80,1

На діаграмі у-х з точки $(x_p = y_p)$ через точку (x_F, y_F^*) проводимо пряму лінію до перетину з віссю у. Відрізок, що відсікається на осі у, позначимо через $V_{\max} = 0,657$. По величині цього відрізка знаходимо мінімальне флегмове число:

$$R_{\min} = \frac{x_p}{V_{\max}} - 1 = \frac{0,984}{0,657} - 1 = 0,498.$$

Дійсне флегмове число:

$$R = K_R \cdot R_{\min} = 1,6 \cdot 0,498 = 0,80$$

На діаграмі у-х наноситься лінії робочих концентрацій (робочі лінії) для оптимального флегмового числа $R = 0,80$ (рис.4.1): для цього на осі у відкладаємо відрізок, $V = \frac{x_p}{R+1} = \frac{0,984}{0,80+1} = 0,55$, кінець якого сполучаємо

прямою з крапкою

$(x_p = y_p)$; точку перетину цієї прямої з вертикальною лінією, проведеною з абсциси x_F , і крапку (x_F, y_F) сполучаємо з крапкою $(x_W = y_W)$. Отримані лінії 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 колоні:

$$X_{\text{cp}}^i = \frac{X_W + X_F}{2} = \frac{0,019 + 0,407}{2} = 0,203.$$

Середня мольна концентрація у верхній частині колоні:

$$X_{\text{cp}}^{\hat{a}} = \frac{X_F + X_P}{2} = \frac{0,407 + 0,984}{2} = 0,696.$$

Середня мольна концентрація по колоні:

$$X_{\text{cp}} = \frac{X_{\text{cp}}^i + X_{\text{cp}}^{\hat{a}}}{2} = \frac{0,203 + 0,696}{2} = 0,449.$$

Середня масова концентрація по колоні:

$$a_{\text{cp}} = \frac{x_{\text{cp}} \cdot M_A}{x_{\text{cp}} \cdot M_A + (1 - x_{\text{cp}}) \cdot M_B},$$
$$a_{\text{сб}} = \frac{0,449 \cdot 78}{0,449 \cdot 78 + (1 - 0,449) \cdot 74} = 0,462.$$

Середня температура в нижній частині колоні:

$$t_{\text{сб}}^i = \frac{t_{XW} + t_{XF}}{2} = \frac{114,9 + 89,1}{2} = 102 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Середня температура у верхній частині колоні:

$$t_{\text{сб}}^{\hat{a}} = \frac{t_{XF} + t_{XD}}{2} = \frac{89,1 + 80,2}{2} = 84,65 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Середня температура по колоні:

$$t_{X\text{сб}} = \frac{t_{\text{сб}}^i + t_{\text{сб}}^{\hat{a}}}{2} = \frac{102 + 84,65}{2} = 93,33 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Значення t_{XW} , t_{XF} , t_{XP} узяті з діаграми $t - x$, y (мал. 2).

Середня молярна маса:

$$M_{X\text{cp}} = M_A \cdot X_{\text{cp}} + M_B \cdot (1 - X_{\text{cp}}),$$
$$M_{X\text{cp}} = 78 \cdot 0,449 + 74 \cdot (1 - 0,449) = 75,8 \text{ г/моль}.$$

Середня щільність визначається по формулі:

$$\rho_{x \text{ ср}} = \frac{\rho_A \cdot \rho_B}{\rho_B \cdot \alpha_{\text{ср}} + \rho_A (1 - \alpha_{\text{ср}})},$$

де ρ_A и ρ_B – поверхневі натягнення компонентів А и В, н/м.

$t_{x \text{ ср}} = 93,3 \text{ }^\circ\text{C}$; $\rho_A = 800,34 \text{ кг/м}^3$, $\rho_B = 756 \text{ кг/м}^3$.

$$\rho_{x \text{ ср}} = \frac{800,34 \cdot 756}{756 \cdot 0,462 + 800,34 \cdot (1 - 0,462)} = 775,86 \text{ кг/м}^3.$$

Середню в'язкість розраховуємо по рівнянню:

$$\sigma_{x \text{ ср}} = \sigma_A \cdot X_{\text{ср}} + \sigma_B \cdot (1 - X_{\text{ср}}),$$

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

Поверхневе натягнення при $t_{x \text{ ср}} = 993,33^\circ\text{C}$:

$$\sigma_A = 19,63 \cdot 10^{-3} \text{ н/м}, \sigma_B = 18,37 \cdot 10^{-3} \text{ н/м}.$$

$$\sigma_{x \text{ ср}} = 19,63 \cdot 10^{-3} \cdot 0,449 + 18,37 \cdot 10^{-3} (1 - 0,449) = 18,94 \cdot 10^{-3} \text{ н/м}.$$

Середню в'язкість розраховуємо по рівнянню:

$$\lg \mu_{x \text{ ср}} = X_{\text{ср}} \cdot \lg \mu_A + (1 - X_{\text{ср}}) \cdot \lg \mu_B,$$

де μ_A и μ_B – динамічні коефіцієнти в'язкості компонентів А и В, Па·с при $t_{x \text{ ср}} = 93,33 \text{ }^\circ\text{C}$. $\mu_A = 0,279 \text{ мПа} \cdot \text{с}$; $\mu_B = 0,613 \text{ мПа} \cdot \text{с}$.

$$\lg \mu_{x \text{ ср}} = 0,449 \cdot \lg 0,279 + (1 - 0,449) \cdot \lg 0,613 = -0,366$$

$$\mu_{x \text{ ср}} = 0,431 \text{ мПа} \cdot \text{с} = 0,431 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

Коефіцієнт дифузії при середній температурі визначається:

$$D_{x(t)} = D_{x(20)} [1 + b \cdot (t - 20)],$$

де $D_{x(20)}$ – коефіцієнт дифузії при $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\text{м}^2/\text{с}$;

$b = \frac{0,2\sqrt{\mu}}{\sqrt[3]{\rho}}$, тут μ [мПа·с] и ρ [кг/м³] – в'язкість і щільність розчинника

(бутилового спирту) при $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$; $t = t_{x \text{ ср}}$.

Коефіцієнт дифузії при $20 \text{ }^\circ\text{C}$ розраховуємо по емпіричному рівнянню:

$$D_{x(20)} = \frac{1 \cdot 10^{-6}}{A \cdot B \cdot \sqrt{\mu} (V_A^{1/3} + V_B^{1/3})^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}},$$

де V_A и V_B молярні об'єми компонентів А и В, $\text{см}^3/\text{моль}$;

A, B – коефіцієнти, залежні від властивостей компонентів, A = 1; B = 1.

$$b = \frac{0,2\sqrt{\mu}}{\sqrt[3]{\rho}} = \frac{0,2\sqrt{0,65}}{\sqrt[3]{879}} = 0,017.$$

Молярні об'єми компонентів

$$V_A = 126 \text{ см}^3/\text{моль};$$

$$V_B = 103,6 \text{ см}^3/\text{моль}.$$

$$D_{x(20)} = \frac{1 \cdot 10^{-6}}{1 \cdot 1 \cdot \sqrt{0,65} (126^{1/3} + 103,6^{1/3})^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{78} + \frac{1}{74}} = 2,135 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}.$$

$$D_{x(t)} = 2,135 \cdot 10^{-9} [1 + 0,017 (93,33 - 20)] = 4,797 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}.$$

Парова фаза.

Середня мольна концентрація у нижній частині колони:

$$\dot{O}_{\text{cp}}^i = \frac{\dot{O}_W + \dot{O}_F}{2} = \frac{0,019 + 0,73}{2} = 0,375.$$

Середня мольна концентрація у верхній частині колони:

$$\dot{O}_{\text{cp}}^a = \frac{\dot{O}_F + \dot{O}_P}{2} = \frac{0,73 + 0,984}{2} = 0,857.$$

Середня мольна концентрація по колоні:

$$\dot{O}_{\text{cp}} = \frac{\dot{O}_{\text{cp}}^i + \dot{O}_{\text{cp}}^a}{2} = \frac{0,375 + 0,857}{2} = 0,616.$$

Середня температура у нижній частині колони:

$$t_{\dot{O}_{\text{cp}}}^i = 111,5^\circ\text{C}.$$

Середня температура у верхній частині колони:

$$t_{\dot{O}_{\text{cp}}}^a = 93,15^\circ\text{C}.$$

Температури $t_{y_{\text{cp}}}^H$, $t_{y_{\text{cp}}}^B$ знайдені з діаграми $t - x$, y (рис.4.2).

Середня температура по колоні:

$$t_{\text{óñð}} = \frac{t_{\text{óçð}}^i + t_{\text{óçð}}^{\hat{a}}}{2} = \frac{111,5 + 93,15}{2} = 102,33 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Средня молярная маса:

$$M_{y \text{ çð}} = M_A \cdot y_{\text{çð}} + M_B \cdot (1 - y_{\text{çð}}) = 78 \cdot 0,616 + 74 \cdot (1 - 0,616) = 76,46 \text{ г/моль}.$$

Середня щільність:

$$\rho_{y \text{ çð}} = \frac{M_{y \text{ çð}}}{22,4} \cdot \frac{P}{P_0} \cdot \frac{T_0}{T},$$

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

$$\rho_{\text{ó çð}} = \frac{76,46}{22,4} \cdot \frac{1}{1,033} \cdot \frac{273}{(273 + 102,33)} = 2,403 \text{ кг/м}^3.$$

Середня в'язкість:

$$\frac{\dot{I}_{\text{ó ñð}}}{\mu_{\text{ó ñð}}} = \frac{\dot{O}_{\text{ñð}} \cdot \dot{I}_{\hat{A}}}{\mu_{\text{ó \hat{A}}}} + \frac{(1 - \dot{O}_{\text{ñð}}) \cdot \dot{I}_{\hat{A}}}{\mu_{\text{ó \hat{A}}}},$$

де μ_{yA} и μ_{yB} – динамічний коефіцієнт в'язкості пари компоненту А и В при $t_{y \text{ çð}} = 102,33 \text{ } ^\circ\text{C}$. $\mu_{yA} = 1,03 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$; $\mu_{yB} = 1,961 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$.

$$\frac{76,46}{\mu_{\text{ó ñð}}} = \frac{0,616 \cdot 78}{1,03 \cdot 10^{-5}} + \frac{(1 - 0,616) \cdot 74}{0,961 \cdot 10^{-5}},$$

$$\mu_{y \text{ çð}} = 9,844 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}.$$

Коефіцієнт дифузії для парової фази визначуваний по рівнянню:

$$D_y = \frac{4,3 \cdot 10^{-7} \cdot T^{3/2}}{P \cdot (V_A^{1/3} + V_B^{1/3})^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}},$$

где P – тиск кгс/см^2 (тиск в колоні атмосферний); $T = 273 + t_{y \text{ çð}}$, $^\circ\text{C}$.

$$D_{\text{ó}} = \frac{4,3 \cdot 10^{-7} \cdot 375,33^{3/2}}{1 \cdot (126^{1/3} + 103,6^{1/3})^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{78} + \frac{1}{74}} = 5,381 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}.$$

4.4 Визначення діаметру колони

Діаметр колони визначаємо за рівнянням.

$$D = \sqrt{\frac{V_y}{0,785 \cdot W}}$$

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

$$V_{\dot{o}} = \frac{G_{\dot{o}}}{\rho_{\dot{o} \text{ ср}}} = \frac{G_p \cdot (R+1)}{\rho_{\dot{o} \text{ ср}}} = \frac{2901,55 \cdot (0,80+1)}{2,403 \cdot 3600} = 0,604 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Заздалегідь приймаємо відстань між тарілками $h = 300$ мм. Використовуємо раніше знайдені $\rho_{x \text{ ср}} = 775,86$ кг/м³ і $\rho_{y \text{ ср}} = 2,403$ кг/м³. Для сітчатих тарілок по довіднику знаходимо $C = 0,032$. Тоді швидкість пари в колоні:

$$W = C \sqrt{(\rho_{x \text{ ср}} - \rho_{y \text{ ср}}) / \rho_{y \text{ ср}}} = 0,032 \cdot \sqrt{\frac{775,86 - 2,403}{2,403}} = 0,574 \text{ м/с}.$$

Тоді діаметр колони:

$$D = \sqrt{\frac{V_y}{0,785 \cdot W}} = \sqrt{\frac{0,604}{0,785 \cdot 0,574}} = 1,158 \text{ м}.$$

Приймаємо стандартне значення діаметру колони $D = 0,8$ м і уточнюємо швидкість пари в колоні:

$$W = \frac{V_y}{0,785 \cdot D^2} = \frac{0,604}{0,785 \cdot 0,8^2} = 1,202 \text{ м/с}.$$

5.5 Визначення висоти колони

Знаходимо коефіцієнт масовіддачі в рідкій фазі:

$$\beta_{kf} = \frac{38000 \cdot \rho_{x \text{ ср}} \cdot D_{x(t)}}{M_{x \text{ ср}} \cdot h} \cdot (Pr)^{0,62} =$$
$$= \frac{38000 \cdot 775,86 \cdot 4,797 \cdot 10^{-9}}{75,8 \cdot 1} \cdot (115,8)^{0,62} = 0,036 \frac{\text{с}^{-1} \cdot \text{м}}{\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{кг} / \text{кг} \cdot \text{м}^3}.$$

$$Pr' = \frac{\mu_{xcp}}{D_{x(t)} \cdot \rho_{xcp}} = \frac{0,431 \cdot 10^{-3}}{4,797 \cdot 10^{-9} \cdot 775,86} = 115,8.$$

Коефіцієнт масовіддачі в паровій фазі:

$$\beta_{yf} = \frac{D_y}{22,4} \cdot (0,79 \cdot Re_y + 11000) = \frac{5,381 \cdot 10^{-5}}{22,4} \cdot (0,79 \cdot 187719 + 11000) = 0,038 \frac{\text{кмоль}}{\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{кмоль} / \text{кмоль}}$$

$$Re_y = \frac{W \cdot h \cdot \rho_{ycp}}{\mu_{ycp}} = \frac{0,769 \cdot 1 \cdot 2,403}{9,844 \cdot 10^{-6}} = 187719.$$

Загальний коефіцієнт масопередачі K_{yf} :

$$\frac{1}{K_{yf}} = \frac{1}{\beta_{yf}} + \frac{m}{\beta_{xf}},$$

де $m = \frac{y^* - y}{x - x^*}$ – тангенс кута нахилу лінії рівноваги; y^* , x^* – рівноважні

концентрації.

Оскільки величина m є змінною по висоті колони, знаходимо її значення для різних концентрацій, використовуючи діаграму x - y .

У межах від X_w до X_p вибираємо ряд значень X , для кожного значення X визначуваній по діаграмі величини $y^* - y$, $x - x^*$ як різниця між рівноважною і робочою лінією, а потім по цим значенням визначаємо величину m .

Результати зводимо в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 - Визначення коефіцієнта масопередачі

x	0,019	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,984
$y^* - y$	0,065	0,26	0,27	0,19	0,071	0,064	0,039	0,026	0,0041	0	0,0072
$x - x^*$	0,015	0,06	0,12	0,16	0,11	0,13	0,15	0,082	0,017	0	0,013
m	4,33	4,33	2,25	1,19	0,65	0,49	0,26	0,32	0,24	0	0,55
$K_{yf} \cdot 10^3$	6,8	6,8	11,2	16,8	22,5	25	29,8	28,4	30,3	38	24

Для побудови кінетичної кривої скористаємося формулою:

$$y^* - y_k = (y^* - y_n) \cdot e^{-\frac{K_{yf} \cdot f_m}{G_y}}$$

Значення різниці $(y^* - y_n)$ це значення АС = $(y^* - y)$ для кожного вибраного значення x в межах від x_w до x_p .

Робоча площа тарілки може бути знайдена по довіднику: $F_p = 0,713 \text{ м}^2$.

Молярна витрата пари по колоні:

$$G_o = \frac{G_p \cdot (R + 1)}{M_o \text{ ср}} = \frac{2901,55 \cdot (0,8 + 1)}{76,46 \cdot 3600} = 0,019 \text{ кмоль/с.}$$

Таблиця 4.3 - До побудови кінетичної кривої

x	0,019	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,984
$\frac{K_{yf} \cdot F_p}{G_y}$	0,25	0,25	0,42	0,63	0,84	0,94	1,12	1,07	1,14	1,43	0,90
\overline{AC} , мм	7	26	27	19	7	6	4	3	0,4	0	0,7
$\overline{BC} = \frac{\overline{AC}}{e^{\frac{K_{yf} \cdot F_p}{G_y}}}$ мм	5,45	20,25	17,74	10,11	3,02	2,34	1,3	1,03	0,13	0	0,29

За даними таблиці 4.3 будемо кінетичну криву (рис. 4.3). Число дійсних тарілок, яке забезпечує задану чіткість розділення, визначається шляхом побудови "сходинок" між робочими і кінетичною лініями. Число ступенів в межах концентрацій $X_w \div X_p$ рівне числу дійсних тарілок.

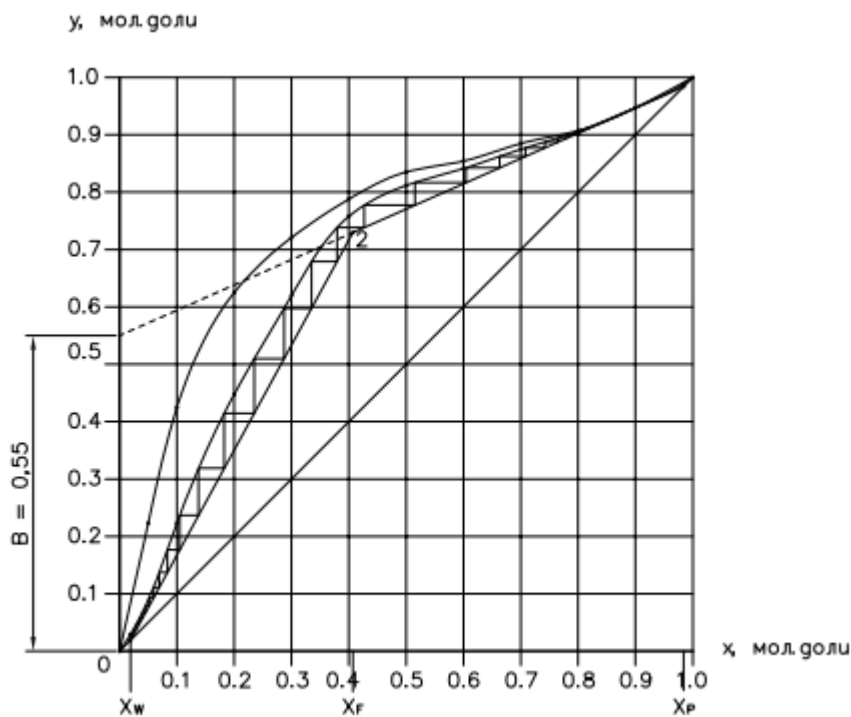


Рис. 4.3 Побудова кінетичної кривої і визначення числа дійсних тарілок
В результаті побудови отримуємо число дійсних тарілок $n = 31$, тарілка живлення 17-а знизу.

Висоту колони визначаємо по рівнянню:

$$H = (n - 1) \cdot h + H_{\text{сеп}} + H_{\text{куб}} = (31 - 1) \cdot 0,3 + 0,8 + 2,0 = 11,8 \text{ м.}$$

4.6 Визначення гідравлічного опору колони

Гідравлічний опір колони ректифікації визначаємо по рівнянню:

$$\Delta P_{\text{к}} = n \cdot \Delta P_{\text{т.}}$$

Для сітчастої тарілки приймаємо: діаметр отворів $d_0 = 3$ мм, висота переливу $h_{\text{пер}} = 30$ мм, вільний перетин тарілки $F_0 = 0,08$ (8%).

Гідравлічний опір сітчастої тарілки визначимо по рівнянню:

$$\Delta P_{\text{сух}} = \zeta \frac{W_0^2 \cdot \rho_{\text{уср}}}{2} = 1,82 \frac{15,025^2 \cdot 2,403}{2} = 493,66 \text{ Па.}$$

Швидкість пари в отворах:

$$W_o = W / F_o = 1,202 / 0,08 = 15,025 \text{ м/с.}$$

$$\Delta P_\sigma = \frac{4\sigma}{1,3d_o + 0,08d_o^2} = \frac{4 \cdot 18,94 \cdot 10^{-3}}{1,3 \cdot 0,003 + 0,08 \cdot 0,003^2} = 19,42 \text{ Па.}$$

Для визначення статичного тиску рідини на тарілці визначається витрата рідкої фази в нижній частині колони:

$$L = G_p \cdot R + G_f = 2901,55 \cdot 0,8 + 7000 = 9321,24 \text{ кг/ч}$$

або в об'ємному виразі $12,01 \text{ м}^3/\text{ч}$ (розділивши на $\rho_{x \text{ cp}} = 775,86 \text{ кг/м}^3$).

Для колони $D = 0,8 \text{ м}$ довжина зливного борту $l_{\text{сл}} = \Pi = 0,574 \text{ м}$, тоді інтенсивність потоку $\frac{L}{I_{\text{сл}}} = \frac{12,01}{0,574} = 21,07 \frac{\text{м}^3}{\text{ч} \cdot \text{м}}$.

$$\text{Оскільки } \frac{L}{I_{\text{нє}}} = 21,07 > 5 \frac{\dot{i}^3}{\dot{i}}, \text{ то } m = 10000.$$

Тоді:

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{нє}} &= 1,3 \left[\hat{E} \cdot h_{\text{нє}} + \sqrt[3]{\hat{E} \left(\frac{L}{m \cdot l_{\text{нє}}} \right)^2} \right] \cdot \rho_{x \text{ cp}} \cdot g = \\ &= 1,3 \left[0,5 \cdot 0,03 + \sqrt[3]{0,5 \left(\frac{12,01}{10000 \cdot 0,800} \right)^2} \right] \cdot 775,86 \cdot 9,81 = 251,38 \text{ Па} . \end{aligned}$$

Гідравлічний опір однієї тарілки:

$$\Delta P_T = \Delta P_{\text{сyx}} + \Delta P_\sigma + \Delta P_{\text{ст}} = 493,66 + 19,42 + 251,38 = 764,46 \text{ Па.}$$

Гідравлічний опір колони:

$$\Delta P_K = n \cdot \Delta P_T = 31 \cdot 764,46 = 23698,26 \text{ Па.}$$

Раніше прийнята відстань між тарілками $h = 0,3 \text{ м}$ перевіряємо по співвідношенню:

$$h > 1,8 \cdot \Delta P_T / \rho_{x \text{ cp}} \cdot g ,$$

$$1,8 \cdot \frac{764,46}{775,86 \cdot 9,81} = 0,181 \text{ м,}$$

$0,3 > 0,181$ - умова дотримується.

4.7 Визначення діаметру штуцерів

Діаметр штуцера визначується по рівнянню постійності витрати:

$$d = \sqrt{\frac{V_{\phi}}{0,785 \cdot W_{\phi}}}$$

Штуцер подачі флегми:

$$V_{\phi} = \frac{G_{\phi}}{\rho_A} = \frac{G_{\phi} \cdot R}{\rho_A} = \frac{2901,55 \cdot 0,8}{3600 \cdot 814,78} = 7,914 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с.}$$

Оскільки швидкості потоку приймаємо орієнтування, то можна прийняти щільність флегми, як щільність бензолу: $\rho_A = 814,78 \text{ кг/м}^3$ при $t_{XP} = 80,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Приймаємо $W_{\phi} = 0,5 \text{ м/с}$, тоді:

$$d = \sqrt{\frac{7,914 \cdot 10^{-4}}{0,785 \cdot 0,5}} = 0,045 \text{ м.}$$

Стандартний розмір труби для виготовлення штуцера $\varnothing 56 \times 3,5 \text{ мм}$.

Штуцер подачі початкової суміші:

$$d = \sqrt{\frac{V_F}{0,785 \cdot W_F}},$$

$$V_F = \frac{G_F}{\rho_F}; \quad \rho_F = \frac{\rho_A \cdot \rho_B}{\rho_B \cdot \alpha_F + (1 - \alpha_F) \cdot \rho_A},$$

при $t_{XF} = 89,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$\rho_F = \frac{804,99 \cdot 759,18}{759,18 \cdot 0,42 + (1 - 0,42) \cdot 804,99} = 777,77 \text{ кг/м}^3,$$

$$V_F = \frac{7000}{3600 \cdot 777,77} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с.}$$

Приймаємо $W_F = 0,8$ м/с, тоді:

$$d = \sqrt{\frac{2,5 \cdot 10^{-3}}{0,785 \cdot 0,8}} = 0,063 \text{ м.}$$

Стандартний розмір труби для виготовлення штуцера $\varnothing 70 \times 3$ мм.

Штуцер виходу кубового залишку:

$$d = \sqrt{\frac{V_W}{0,785 \cdot W_W}},$$

$$V_W = \frac{G_W}{\rho_W} = \frac{4098,45}{3600 \cdot 739,08} = 1,54 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с.}$$

$\rho_B = 739,08$ кг/м³ – щільність бутилового спирту при $t_{XW} = 114,9^\circ\text{C}$.
Приймаємо $W_W = 0,3$ м/с, тоді:

$$d = \sqrt{\frac{1,54 \cdot 10^{-3}}{0,785 \cdot 0,3}} = 0,081 \text{ м.}$$

Стандартний розмір труби для виготовлення штуцера $\varnothing 90 \times 4$ мм.

Штуцер виходу кубової рідини (подається на кип'ятильник):

$$d = \sqrt{\frac{V_{\text{к.ж}}}{0,785 \cdot W_{\text{к.ж}}}},$$

$$V_{\text{е.в}} = \frac{G_F + G_{\hat{O}} - G_W}{\rho_{\hat{A}}} = \frac{7000 + 2901,55 \cdot 0,8 - 4098,45}{3600 \cdot 739,08} = 1,963 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с.}$$

Приймаємо $W_{\text{к.ж}} = 0,3$ м/с, тоді:

$$d = \sqrt{\frac{1,963 \cdot 10^{-3}}{0,785 \cdot 0,3}} = 0,091 \text{ м.}$$

Стандартний розмір труби для виготовлення штуцера $\varnothing 108 \times 4$ мм.

Штуцер виходу пари з колони:

$$d = \sqrt{\frac{V_y}{0,785 \cdot W_y}},$$

$$V_y = 0,604 \text{ м}^3/\text{с} \text{ (см. раздел 1.4).}$$

Приймаємо $W_y = 15 \text{ м}^3/\text{с}$, тоді:

$$d = \sqrt{\frac{0,604}{0,785 \cdot 15}} = 0,226 \text{ м.}$$

Стандартний розмір труби для виготовлення штуцера $\varnothing 245 \times 7 \text{ мм}$.

4.8 Теплові розрахунки

Підігрівач початкової 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 теплоти, що корисно витрачається;

t_{XF} – температура кипіння початкової суміші;

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

Питома теплоємність початкової суміші:

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

де C_A, C_B – питомі теплоємності бензолу і бутилового спирту при середній температурі

$$t_{XF}^{cp} = \frac{t_{XF} + t_{ia}}{2} = \frac{89,1 + 25}{2} = 57,05 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$C_A = 0,456 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}; C_B = 0,653 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}.$$

$$c_F' = 0,42 \cdot 0,456 + (1 - 0,42) \cdot 0,653 = 0,57 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} = 2388,3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

$$Q = 1,05 \cdot G_F \cdot c_F' (t_{XF} - t_{нач}) = 1,05 \cdot (7000/3600) \cdot 2388,3 \cdot (89,1 - 25) = 3,126 \cdot 10^5 \text{ Вт.}$$

Витрата грючої пари:

$$G_{a.i} = \frac{Q}{r} = \frac{3,126 \cdot 10^5}{2106 \cdot 10^3} = 0,148 \text{ кг/с,}$$

$$r = 2106 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \text{ при } P = 5,5 \text{ кгс/см}^2.$$

Середня різниця температур:

$$\begin{array}{ccc} 154,6 & \longrightarrow & 154,6 \\ 25 & \longrightarrow & 89,1 \end{array}$$

Температура насиченої водяної пари при $P = 5,5 \text{ кгс/см}^2$ складає $154,6^\circ\text{C}$.

Велика різниця температур:

$$\Delta t_6 = 154,6 - 225 = 129,6 \text{ }^\circ\text{C};$$

Менша різниця температур: $\Delta t_m = 154,6 - 89,1 = 65,5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Оскільки $\frac{\Delta t_a}{\Delta t_i} = \frac{129,6}{65,5} = 1,98 < 2$, тоді середню різницю температур

визначаємо по рівнянню:

$$\Delta t_{\text{нб}} = \frac{\Delta t_a + \Delta t_i}{2} = \frac{129,6 + 65,5}{2} = 97,55 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Коефіцієнт теплопередачі приймаємо орієнтування рівним $250 \text{ Вт/}^\circ\text{C} \cdot \text{м}^2$.

Поверхня теплообміну підігрівача початкової суміші:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{\text{нб}}} = \frac{3,126 \cdot 10^5}{250 \cdot 97,55} = 12,818 \text{ м}^2.$$

Приймаємо двоходовий кожухотрубчатий теплообмінник з наступними характеристиками:

- діаметр кожуха 325 мм;
- труба 25x2 мм;
- кількість труб в теплообміннику 56 шт;
- довжина труб 3 м;

- поверхня теплообміну $13,0 \text{ м}^2$.

Дефлегматор

Витрата теплоти, що віддається охолоджуючій воді при конденсації пари в дефлегматоре, визначається з рівняння теплового балансу дефлегматора:

$$Q_D = G_P \cdot (R + 1) \cdot r_P = G_B \cdot C_B \cdot (t_k - t_n),$$

тут $r_P = a_P \cdot r_A + (1 - a_P) \cdot r_B$.

Питомі теплоти паротворення бензолу r_A і бутилового спирту r_B при $t_{XP}=80,2^\circ\text{C}$:

$$r_A = 393,7 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}; r_B = 632,4 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

$$r_P = 0,985 \cdot 393,7 + (1 - 0,985) \cdot 632,4 = 397,3 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

$$Q_D = (2901,55/3600) \cdot (0,985 + 1) \cdot 397,3 \cdot 10^3 = 6,356 \cdot 10^5 \text{ Вт}.$$

Приймаємо температуру охолоджуючої води на виході з дефлегматора 25°C , тоді витрата охолоджуючої води:

$$G_{\dot{A}} = \frac{Q_{\dot{A}}}{\tilde{N}_{\dot{A}} \cdot (t_{\dot{e}} - t_{\dot{i}})} = \frac{6,356 \cdot 10^5}{4190 \cdot (25 - 11)} = 10,835 \text{ кг/с}.$$

Середня різниця температур при противоточной схемі руху теплоносіїв:

$$\begin{array}{ccc} 80,2^\circ\text{C} & \longrightarrow & 80,2^\circ\text{C} \\ 25^\circ\text{C} & \longleftarrow & 11^\circ\text{C} \end{array}$$

Велика різниця температур:

$$\Delta t_{\dot{e}} = 80,2 - 11 = 69,2^\circ\text{C};$$

Менша різниця температур:

$$\Delta t_{\dot{m}} = 80,2 - 25 = 55,2^\circ\text{C}.$$

Оскільки $\frac{\Delta t_{\dot{a}}}{\Delta t_{\dot{i}}} = \frac{69,2}{55,2} = 1,25 < 2$, то

$$\Delta t_{\dot{n}\dot{o}} = \frac{\Delta t_{\dot{a}} + \Delta t_{\dot{i}}}{2} = \frac{69,2 + 55,2}{2} = 62,2^\circ\text{C}.$$

Приймаємо орієнтування коефіцієнт теплопередачі $K = 500 \text{ Вт/ м}^2 \cdot \text{К}$.

Поверхня теплообміну дефлегматора:

$$F = \frac{Q_{\dot{A}}}{K \cdot \Delta t_{\dot{n}\dot{o}}} = \frac{6,356 \cdot 10^5}{500 \cdot 62,2} = 20,437 \text{ м}^2.$$

Приймаємо двоходовий кожухотрубчатий теплообмінник з наступними характеристиками:

- діаметр кожуха 400 мм;
- труба 20x2 мм;
- кількість труб в теплообміннику 166 шт;
- довжина труб 2 м;
- поверхня теплообміну 21 м².

Холодильники дистилляту і кубового залишку

Витрата теплоти, що віддається охолоджуючій воді у водяному холодильнику дистилляту, визначається з рівняння теплового балансу:

$$Q = G_P \cdot c_p' \cdot (t_{Xp} - t_{p \text{ кон}}) = G_B \cdot C_B \cdot (t_k - t_n),$$

де c_p' – теплоємність дистилляту при його середній температурі $(t_{Xp} + t_{p \text{ кон}})/2$;

$t_{p \text{ кон}}$ – кінцева температура дистилляту після холодильника °С (по умові завдання).

$$c_p' = a_p \cdot C_A + (1 - a_p) \cdot C_B,$$

$$C_A = 0,452 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}; C_B = 0,643 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}, \text{ при середній температурі:}$$

$$t_{\dot{n}\dot{o}} = \frac{t_{Xp} + t_{p \text{ вїї}}}{2} = \frac{80,2 + 27}{2} = 53,6^\circ\text{C}.$$

$$c_p' = 0,985 \cdot 0,452 + (1 - 0,985) \cdot 0,643 = 0,455 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} = 1906,45 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

$$Q = G_P \cdot c_p' \cdot (t_{Xp} - t_{p \text{ кон}}) = (2901,55/3600) \cdot 1906,45 \cdot (80,2 - 27) = 8,175 \cdot 10^4 \text{ Вт}.$$

Витрата охолоджуючої води при нагріванні її на 15 °С у холодильнику товарного дистиляту:

$$G_A = \frac{Q}{\tilde{N}_A \cdot (t_e - t_i)} = \frac{8,175 \cdot 10^4}{4190 \cdot (26 - 11)} = 1,301 \text{ кг/с.}$$

Середня різниця температур при протivotочной схемі руху теплоносіїв:

$$\begin{array}{ccc} 80,2 \text{ }^\circ\text{C} & \longrightarrow & 27 \text{ }^\circ\text{C} \\ 26 \text{ }^\circ\text{C} & \longleftarrow & 11 \text{ }^\circ\text{C} \end{array}$$

Велика різниця температур:

$$\Delta t_6 = 80,2 - 26 = 54,2 \text{ }^\circ\text{C};$$

Менша різниця температур:

$$\Delta t_m = 27 - 11 = 16 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Оскільки $\frac{\Delta t_a}{\Delta t_i} = \frac{54,2}{16} = 3,39 > 2$, то середню різницю температур

визначаємо по формулі:

$$\Delta t_{\text{нб}} = \frac{\Delta t_a - \Delta t_i}{\ln(\Delta t_a / \Delta t_i)} = \frac{54,2 - 16}{\ln\left(\frac{54,2}{16}\right)} = 31,31 \text{ }^\circ\text{C}.$$

При орієнтовному значенні $K = 400 \text{ Вт/м}^2$. До поверхня теплообміну холодильника товарного дистиляту складе:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{\text{нб}}} = \frac{8,175 \cdot 10^4}{400 \cdot 31,31} = 6,527 \text{ м}^2.$$

Приймаємо двоходовий кожухотрубчатий теплообмінник з наступними характеристиками:

- діаметр кожуха 325 мм;
- труба 25x2 мм;
- кількість труб в теплообміннику 62 шт;
- довжина труб 1,5 м;
- поверхня теплообміну 7,5 м².

Витрата теплоти, що віддається охолоджуючій воді у водяному холодильнику кубового залишку, визначається з рівняння теплового балансу:

$$Q = G_w \cdot c_w' \cdot (t_{XW} - t_{W \text{ кон}}) = G_B \cdot C_B \cdot (t_k - t_n),$$

де C_w – теплоємність кубового залишку при його середній температурі $(t_{XW} + t_{W \text{ кон}})/2$;

$t_{W \text{ кон}}$ – кінцева температура кубового залишку після холодильника $^{\circ}\text{C}$ (по умові завдання).

$$c_w' = a_w \cdot C_A + (1 - a_w) \cdot C_B,$$

$$C_A = 0,472 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}}; C_B = 0,688 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}}, \text{ при середній температурі:}$$

$$t_{\text{нд}} = \frac{t_{XW} + t_{W \text{ вії}}}{2} = \frac{114,9 + 27}{2} = 70,95^{\circ}\text{C}.$$

$$c_w' = 0,02 \cdot 0,472 + (1 - 0,02) \cdot 0,688 = 0,684 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}} = 2865,96 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

$$Q = G_w \cdot c_w' \cdot (t_{XW} - t_{W \text{ кон}}) = (4098,45/3600) \cdot 2865,96 (114,9 - 27) = 2,868 \cdot 10^5 \text{ Вт}.$$

Витрата охолоджуючої води при нагріванні її на 15°C у холодильнику кубового залишку:

$$G_{\hat{A}} = \frac{Q}{\tilde{N}_{\hat{A}} \cdot (t_e - t_i)} = \frac{2,868 \cdot 10^5}{4190 \cdot (26 - 11)} = 4,563 \text{ кг/с}.$$

Середня різниця температур при противоточной схемі руху теплоносіїв:

$$\begin{array}{ccc} 114,9^{\circ}\text{C} & \longrightarrow & 27^{\circ}\text{C} \\ 26^{\circ}\text{C} & \longleftarrow & 11^{\circ}\text{C} \end{array}$$

Велика різниця температур:

$$\Delta t_6 = 114,9 - 26 = 88,9^{\circ}\text{C};$$

Менша різниця температур:

$$\Delta t_m = 27 - 11 = 16^{\circ}\text{C}.$$

Оскільки $\frac{\Delta t_{\hat{a}}}{\Delta t_i} = \frac{88,9}{16} = 5,56 > 2$, то середню різницю температур

визначаємо по формулі:

$$\Delta t_{\text{нд}} = \frac{\Delta t_{\hat{a}} - \Delta t_i}{\ln(\Delta t_{\hat{a}} / \Delta t_i)} = \frac{88,9 - 16}{\ln(88,9/16)} = 42,5^{\circ}\text{C}.$$

При орієнтовному значенні $K = 400 \text{ Вт/м}^2$. До, поверхня теплообміну

холодильника кубового залишку складе:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{\text{нд}}} = \frac{2,868 \cdot 10^5}{400 \cdot 42,5} = 15,8 \text{ м}^2.$$

Приймаємо двоходовий кожухотрубчатий теплообмінник з наступними характеристиками:

- діаметр кожуха 400 мм;
- труба 25x2 мм;
- кількість труб в теплообміннику 100 шт;
- довжина труб 2 м;
- поверхня теплообміну 15,8 м².

Кип'ятильник (випарник)

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

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

Теплові втрати приймаємо 3% від теплоти, що корисно витрачається; питомі теплоємності узяті відповідно при $t_{XP} = 80,2^\circ\text{C}$, $t_{XF} = 89,1^\circ\text{C}$, $t_{XW} = 114,9^\circ\text{C}$.

$$C_P = a_P \cdot C_A + (1 - a_P) \cdot C_B = 0,985 \cdot 0,483 + (1 - 0,985) \cdot 0,713 = 0,486 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} = 2036,34 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

$$C_F = a_F \cdot C_A + (1 - a_F) \cdot C_B = 0,42 \cdot 0,493 + (1 - 0,42) \cdot 0,736 = 0,634 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} = 2656,46 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

$$C_W = a_W \cdot C_A + (1 - a_W) \cdot C_B = 0,02 \cdot 0,516 + (1 - 0,02) \cdot 0,804 = 0,798 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} = 3343,62 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

$$Q_{\dot{e}} = 1,03(6,356 \cdot 10^5 + \frac{2901,55}{3600} \cdot 2036,34 \cdot 80,2 + \frac{4098,45}{3600} \cdot 3343,62 \cdot 114,9 - \frac{7000}{3600} \times 2656,46 \cdot 89,1) = 7,667 \cdot 10^5 \text{ Вт}$$

Витрата гріючої пари при $P = 5,5 \text{ кгс/см}^2$:

$$G_{\text{а.і}} = \frac{Q_{\dot{e}}}{r} = \frac{7,667 \cdot 10^5}{2106 \cdot 10^3} = 0,364 \text{ кг/с.}$$

Середня різниця температур рівна різниці між температурою насиченої пари при $P = 5,5 \text{ кгс/см}^2$ і температурою кипіння кубового залишку:

$$\Delta t_{\text{ср}} = 154,6 - 114,9 = 39,7^\circ\text{C.}$$

При орієнтування прийнятому коефіцієнті теплопередачі $K = 2000 \text{ Вт/м}^2\text{К}$, поверхня кип'ятильника складе:

$$F = \frac{Q_{\dot{e}}}{K \cdot \Delta t_{\text{н\ddot{o}}}} = \frac{7,667 \cdot 10^5}{2000 \cdot 39,7} = 9,656 \text{ м}^2.$$

Приймаємо одноходовий кожухотрубчатий теплообмінник з наступними характеристиками:

- діаметр кожуха 325 мм;
- труба 25x2 мм;
- кількість труб в теплообміннику 62 шт;
- довжина труб 2 м;
- поверхня теплообміну 10 м^2 .

Примітка:

При розрахунку поверхні кип'ятильника температура кипіння кубової рідини

$t_{\text{хв}} = 114,9 \text{ }^\circ\text{C}$ узята при атмосферному тиску. Не враховано збільшення температури кипіння кубової рідини у зв'язку із збільшенням тиску в кубі колони на величину $\Delta P_{\text{к}} = 0,1-0,15 \text{ кгс/см}^2$.

5 РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ ДЕФЛЕГМАТОРА

5.1 Початкові дані:

Внутрішній діаметр кожуха D , мм	400
Довжина теплообмінних труб l , мм	2000
Зовнішній діаметр теплообмінної труби d_o , мм	20
Товщина стінки труби S_o , мм	2
Число ходів по трубах	2
Розрахунковий тиск в трубному просторі, МПа	1,6
Розрахунковий тиск в міжтрубному просторі, МПа	1,6
Розрахункова температура труб, °С	55
Розрахункова температура кожуха, °С	90
Матеріал кожуха	СтЗсп
Матеріал розподільної камери	СтЗсп
Матеріал теплообмінних труб	Сталь 10
Матеріал трубної решітки	Сталь 16ГС
Матеріал перегородок	СтЗсп5
Матеріал прокладок розподільної камери	пароніт
Група теплообмінника	1

5.2 Визначення розрахункових параметрів

5.2.1 Розрахункова температура

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

$$t_{eai} = 2 \cdot t_o - t_e \quad (5.1)$$

$$t_{eai} = 2 \cdot 55 - 90 = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Розрахункову температуру ізольованих фланців визначаємо за формулою:

$$t_{\delta} = t_{\text{eai}} , \quad (5.2)$$

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

$$t_{\delta} = t_{\text{eai}} = 20 \text{ }^{\circ}\text{N}.$$

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

$$t_{\delta} = t_{\text{e}} = 90 \text{ }^{\circ}\text{N}$$

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

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

(5.3)

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

$$t_{\text{a}} = 0,97 \cdot 20 = 19 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Розрахункова температура болтів фланцевих з'єднань штуцерів міжтрубного простору:

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

$$t_{\text{a}} = 0,97 \cdot 90 = 87 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

5.2.1 Допустимі напружини

Допустимі напружини при розрахунковій температурі $[\sigma]$ і при температурі 20°C $[\sigma]_{20}$, МПа, для елементів апарату приведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – 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	149,6	1,02
Розподільна камера	Ст3сп	154	154	1,00
Теплообмінні труби	Сталь 10	130	127	1,023
Трубна решітка	Сталь 16ГС	196	184	1,07
Перегородки	Ст3сп	154	149,6	1,02
Фланці розподільної камери	Ст3сп	154	154	1,00
Фланці кожуха	Сталь 16ГС	196	184	1,07
Болти кріплення фланців штуцерів міжтрубного простору	Сталь 35	130	128	1,016
Болти і гайки кріплення апаратних фланців і штуцерів трубного простору	Сталь 35	130	130	1,0

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

5.2.3 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

$$\varphi_p = 1$$

5.2.4 Робочий, розрахунковий і пробний тиск

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

Розрахунковий тиск визначаємо за формулою

$$P = \max \{ |P_{\delta}|; |P_{\epsilon}|; |P_{\delta} - P_{\epsilon}| \}, \quad (5.4)$$

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

$$P_{\text{пр}} = 1,25 \cdot P \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]}, \quad (5.5)$$

де P – розрахунковий тиск в трубному і міжтрубному просторах відповідно,

$$P_{\text{T}}=1,6 \text{ МПа}, P_{\text{K}}=1,6 \text{ МПа};$$

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

$$P_{\delta \delta} = 1,25 P_{\delta} \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,25 \cdot 1,6 \cdot \frac{130}{130} = 2,0 \text{ МПа} ;$$

Гідростатичний тиск при випробуванні трубного простору теплообмінника

$$P_{\delta \delta} = \rho_{\text{в}} \cdot g \cdot H_{\text{в}} \cdot 10^{-6} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 2,77 \cdot 10^{-6} = 0,027 \text{ МПа} ; \quad (5.6)$$

де $H_{\text{в}}$ - висота стовпа води в трубному просторі, $H_{\text{в}}=2,77\text{м}$;

Гідростатичний тиск при випробуванні

$$P_{\delta \delta} = 0,027 \text{ МПа} \leq 0,05 P_{\delta \delta} = 0,05 \cdot 2,0 = 0,1 \text{ МПа} ; \quad (5.7)$$

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

$$P_{\dot{a} \dot{o}} = P_{\dot{i} \dot{o} \dot{o}} = 2,0 \text{ МПа}$$

Умова

$$P_{\dot{a} \dot{o}} = 2,0 \text{ МПа} \leq 1,35 \cdot P_{\dot{o}} \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,35 \cdot 1,6 \cdot \frac{130}{130} = 2,16 \text{ МПа} \quad (5.8)$$

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

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

$$P_{\dot{i} \dot{o} \dot{e}} = 1,25 P_{\dot{e}} \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,25 \cdot 1,6 \cdot 1,0 = 2,0 \text{ МПа} ;$$

Гідростатичний тиск при випробуванні міжтрубного простору

$$P_{\dot{a} \dot{a} \dot{e}} = \rho_{\dot{a}} \cdot g \cdot H_{\dot{e}} \cdot 10^{-6} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 2 \cdot 10^{-6} = 0,02 \text{ МПа} \leq \\ \leq 0,05 P_{\dot{i} \dot{o} \dot{e}} = 0,05 \cdot 2,0 = 0,1 \text{ МПа}$$

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

$$P_{\dot{e} \dot{e}} = P_{\dot{i} \dot{o} \dot{e}} = 2,0 \text{ МПа} ;$$

Умова

$$P_{\dot{a} \dot{e}} = 3,21 \text{ МПа} \leq 1,35 P_{\dot{e}} \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,35 \cdot 1,6 \cdot 1,0 = 2,16 \text{ МПа}$$

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

5.2.5 Додатки до розрахункової товщини конструктивних елементів

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

$$\tilde{N}_p = C_1 + C_2 + C_3, \quad (5.9)$$

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

C_2 – додаток для компенсації мінусового допуску, мм;

Додаток для компенсації корозії і ерозії C_1 визначається за формулою

$$C_1 = \dot{I} \cdot \tau + \tilde{N}_y, \quad (5.10)$$

де Π – швидкість проникнення корозії, $\Pi=0,05$ мм/рік,

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

C_3 – добувка 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 і т. д. Приймаємо $C_3=0$.

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

Сума добавок до розрахункової товщини кожуха, камери та еліптичного днища

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

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

5.3 Розрахунок товщини стінки кожуха

5.3.1 Розрахунок циліндричної обичайки кожуха

Циліндрична обичайка (кожух) є одним з основних елементів хімічних апаратів. В даному випадку обичайка виготовляється з листа (рис. 5.2).

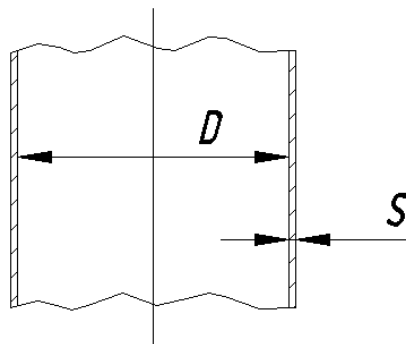


Рис. 5.2

Розрахункова товщина стінки апарата визначається за формулою

$$S_p = \frac{P_k \cdot D}{2 \cdot [\sigma]_k \cdot \varphi_p - P_k}, \quad (5.11)$$

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

D – внутрішній діаметр обичайки (кожуха), $D=400$ мм;

$[\sigma]_k$ - допустима напружина для матеріалу обичайки кожуха при розрахунковій температурі, $[\sigma]_k = 149,6$ МПа ;

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

$$S_\delta = \frac{1,6 \cdot 400}{2 \cdot 149,6 \cdot 1 - 1,6} = 2,2 \text{ мм}$$

Виконавча товщина стінки обичайки кожуха визначається за формулою

$$S \geq S_p + C, \quad (5.12)$$

$$S \geq 2,2 + 1,5 = 3,7 \text{ мм}$$

Виконавча товщина стінки обичайки кожуха теплообмінника приймається $S=4$ мм.

5.3.2 Визначення допустимого надлишкового тиску

Для набутого значення S розраховуємо допустимий внутрішній надлишковий тиск за формулою

$$[P] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p \cdot (S - C)}{D + (S - C)}, \quad (5.13)$$

$$[P] = \frac{2 \cdot 149,6 \cdot 1,0 \cdot (4 - 1,5)}{400 + (4 - 1,5)} = 1,85 \text{ МПа}$$

При цьому повинна виконуватися умова

$$P_k \leq [P], \quad (5.14)$$

$1,6 \text{ МПа} < 1,85 \text{ МПа}$, умова виконується.

5.3.3 Перевірка умов застосування розрахункових формул

Розрахункові формули застосовуються при відношенні товщини стінки до діаметру

$$\frac{S-C}{D} \leq 0,1, \quad (5.15)$$

$$\frac{4-1,5}{400} = 0,006 < 0,1,$$

умова виконується, отже, формули застосовуються.

5.4 Розрахунок розподільної камери

5.4.1 Розрахунок товщини циліндричної обичайки камери

Розрахункова товщина стінки камери визначається за формулою (5.11)

$$S_{\delta} = \frac{D_{\delta} \cdot D}{2 \cdot [\sigma]_{\delta} \cdot \varphi_{\delta} - D_{\delta}},$$

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

D – внутрішній діаметр обичайки (кожуха), $D=400$ мм;

$[\sigma]_k$ - допустима напружина для матеріалу обичайки кожуха при розрахунковій температурі, $[\sigma]_{\delta} = 154$ МПа ;

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

$$S_{\delta} = \frac{1,6 \cdot 400}{2 \cdot 154 \cdot 1 - 1,6} = 2,11$$

Виконавча товщина стінки обичайки кожуха визначається за формулою (5.12)

$$S \geq 2,1 + 1,5 = 3,6 \text{ мм}$$

Виконавча товщина стінки обичайки кожуха теплообмінника приймається $S=4$ мм.

Визначення допустимого надлишкового тиску

Для набутого значення S розраховуємо допустимий внутрішній надлишковий тиск за формулою (5.13)

$$[D] = \frac{2 \cdot 154 \cdot 1,0 \cdot (4 - 1,5)}{400 + (4 - 1,5)} = 1,9 \text{ МПа}$$

При цьому повинна виконуватися умова (5.14)

$$1,6 \text{ МПа} < 1,9 \text{ МПа}, \text{ умова виконується.}$$

Перевірка умов застосування розрахункових формул

Розрахункові формули застосовуються при відношенні товщини стінки до діаметру за формулою (5.15)

$$\frac{4-1,5}{400} = 0,006 < 0,1,$$

умова виконується, отже, формули застосовуються.

5.4.2 Розрахунок товщини стінки днища камери

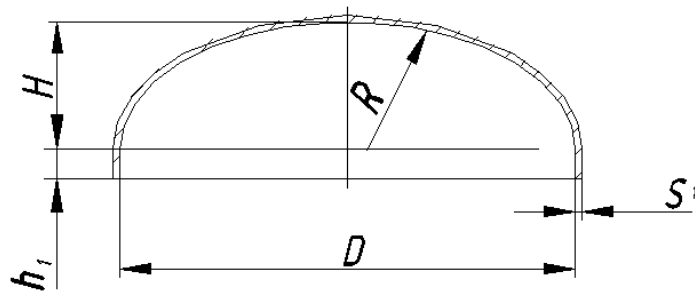


Рис. 5.2 - еліптичне днище

Розрахункова товщина стінки днища камери визначається за формулою

$$S_{1\delta} = \frac{D_{\delta} \cdot R}{2 \cdot [\sigma]_{\delta} \cdot \varphi_{\delta} - 0,5 \cdot D_{\delta}}, \quad (5.16)$$

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

$R=D$ – 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, $[\sigma]_{\delta} = 154 \text{ МПа}$;

$$S_{1\delta} = \frac{1,6 \cdot 400}{2 \cdot 154 \cdot 1 - 0,5 \cdot 1,6} = 2,1 \text{ мм}$$

Виконавча товщина стінки днища визначається за формулою (5.12)

$$S_1 \geq 2,1 + 1,5 = 3,6 \text{ мм}$$

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

Визначення допустимого тиску

Для набутого значення S розраховуємо допустимий внутрішній надлишковий тиск за формулою

$$[P] = \frac{2 \cdot [\sigma]_{p.k} \cdot \varphi_p \cdot (S_1 - C)}{R + 0,5 \cdot (S_1 - C)}, \quad (5.17)$$

$$[D] = \frac{2 \cdot 154 \cdot 1 \cdot (4 - 1,5)}{400 + 0,5 \cdot (4 - 1,5)} = 1,9 \text{ МПа}$$

При цьому повинна виконуватися умова (5.14)

$$1,6 \text{ МПа} < 1,9 \text{ МПа}, \text{ умова виконується.}$$

Перевірка умов застосування розрахункових формул

Розрахункові формули для еліптичних днищ застосовуються при виконанні умов

$$0,002 \leq \frac{S_1 - C}{D} \leq 0,1, \quad (5.18)$$

$$0,2 \leq \frac{f}{D} \leq 0,5, \quad (5.19)$$

де H – висота опуклої частини днища, $H=64$ мм, [14].

$$0,002 \leq \frac{4 - 1,5}{400} = 0,006 \leq 0,1,$$

$$0,2 \leq \frac{100}{400} = 0,25 \leq 0,5, \text{ умови виконуються, отже, формули}$$

застосовуються.

5.5 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

$$S_p \geq S_{pp} + C_p,$$

(5.20)

де S_{pp} – розрахункова товщина трубної решітки,

C_p – сума добавок до розрахункової товщини решітки, мм.

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

$$S_{p\delta} = 0,5 D_a \sqrt{D/[\sigma]_\delta}$$

(5.21)

$$S_{p\delta} = 0,5 \cdot 32 \sqrt{1,6/184} = 1,5 \text{ мм}$$

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

$$S_p \geq S_{pp} + C_p \quad 24 \geq 1,5 + 1,8 = 3,2 \text{ мм} \quad - \text{ умова виконується}$$

Розрахункову товщину трубної решітки в перерізу канавки під подовжню перегородку визначають за формулою

$$S_{i\delta} = S_{\delta\delta} \cdot \max \left\{ 1 - \sqrt{\frac{d_0}{b_n} \left(\frac{t_i}{t_\delta} - 1 \right)}; \sqrt{\varphi_\delta} \right\}$$

(5.22)

де d_0 – діаметр отвору в решітці під трубу, мм;

b_n – ширина паза в трубній решітці під подовжню перегородку, мм;

t_p – крок розташування отворів в решітці, мм;

t_n – крок розташування отворів в зоні паза, мм;

φ_p – коефіцієнт ослаблення трубної решітки.

Коефіцієнт ослаблення трубних решіток визначається за формулою:

$$\varphi_p = 1 - \frac{d_0}{t_p} \quad (5.23)$$

Розміри t_p , t_n і d_0 приймаються залежно від зовнішнього діаметру труби і класу точності з'єднання труба – трубна решітка по таблиці 1 [15].

Клас точності з'єднання труба - трубна решітка приймаємо 3.

$$\varphi_p = 1 - \frac{20,35}{26} = 0,217$$

$$\begin{aligned} S_{i0} &= 0,75 \cdot \max \left\{ 1 - \sqrt{\frac{20,35}{8} \cdot \left(\frac{45}{26} - 1 \right)}; \sqrt{0,217} \right\} = \\ &= 0,75 \cdot \max \{0,36; 0,466\} = 0,35 \text{ и} \end{aligned}$$

Товщина трубної решітки в перерізу канавки під подовжню перегородку у розподільній камері має бути не менше

$$S_i \geq S_{i0} + C_0 = 0,35 + 1,8 = 2,15 \text{ и}$$

По конструктивним міркуванням приймаємо товщину трубної решітки в перетині канавки під подовжню перегородку в розподільній камері

$$S_i = 22 \text{ и}$$

5.6 Розрахунок лінзового компенсатора

5.6.1 Умови застосування розрахункових формул

Розрахункові формули застосовні, якщо виконуються умови:

$$\frac{S_\varepsilon}{d_i} \leq 0,035; \quad 1,08 \leq \frac{D_\varepsilon}{d_i} \leq 3,00; \quad \frac{2r}{D_\varepsilon - d_i} \leq 0,4 \quad (5.23)$$

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

$d_i = 412 \text{ мм}$ - зовнішній діаметр западини хвилі компенсатора;

$D_\varepsilon = 576 \text{ мм}$ - зовнішній діаметр гребеня хвилі компенсатора;

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

$$\frac{S_\varepsilon}{d_i} = \frac{4}{576} = 0,007 < 0,035$$

$$1,08 < \frac{D_{\varepsilon}}{d_i} = \frac{576}{412} = 1,4 < 3,00$$

$$\frac{2 \cdot r}{D_{\varepsilon} - d_i} = \frac{2 \cdot 14}{576 - 412} = 0,17 < 0,4$$

5.6.2 Визначення допоміжних величин

Розрахунковий діаметр западини хвилі компенсатора визначають за формулою

$$d_1 = d_i - S_{\varepsilon} \quad (5.24)$$

$$d_1 = 412 - 4 = 408 \text{ ì}$$

Розрахунковий діаметр гребеня хвилі компенсатора визначають за формулою

$$d_2 = D_{\varepsilon} - S_{\varepsilon} \quad (5.25)$$

$$d_2 = 576 - 4 = 572 \text{ ì}$$

Середній радіус тороїдального переходу хвилі компенсатора розраховують за формулою

$$r_s = 0,5 (2r + S_{\varepsilon}) \quad (5.26)$$

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

Допоміжну величину впливу переходу розраховують за формулою

$$\rho_{\varepsilon} = 2 - 100 \frac{r_s}{d_1 + d_2} \quad (5.27)$$

$$\rho_{\varepsilon} = 2 - 100 \cdot \frac{16}{408 + 572} = 0,367 \text{ ì}$$

Розрахункову ширину пластинчастої зони хвилі компенсатора розраховують за формулою

$$b_{\varepsilon} = 0,5 (d_2 - d_1 + \rho_{\varepsilon} \cdot r_s) \quad (5.28)$$

$$b_{\varepsilon} = 0,5 \cdot (572 - 408 + 0,367 \cdot 16) = 79,1 \text{ ì}$$

Радіус закруглення пластинчастої зони хвилі компенсатора визначають за формулою

$$R_o = 0,25 (d_2 + d_1 - 2 b_{\varepsilon}) \quad (5.29)$$

$$R_o = 0,25 \cdot (572 + 408 - 2 \cdot 79,1) = 205,5 \text{ ì}$$

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

$$d_{н\delta} = 0,5 (d_2 + d_1) \quad (5.30)$$

$$d_{н\delta} = 0,5 \cdot (572 + 408) = 490 \text{ ì}$$

Характеристики хвилі визначають за формулами:

$$\xi = \frac{d_2}{d_1} - 1 \quad (5.31)$$

$$\xi = \frac{572}{408} - 1 = 0,4$$

$$\eta = \frac{d_2 - d_1}{2 r_s} - 2 \quad (5.32)$$

$$\eta = \frac{572 - 408}{2 \cdot 16} - 2 = 3,12$$

$$\alpha = S_{\varepsilon} / d_1 \quad (5.33)$$

$$\alpha = \frac{4}{408} = 0,01$$

$$\lambda = b_{\varepsilon} / R_o \quad (5.34)$$

$$\lambda = \frac{79,1}{205,5} = 0,38$$

$$\gamma = 1 + 1,25 \frac{d_2}{d_1} - \frac{3,2 r_s}{d_2 - d_1} \quad (5.35)$$

$$\gamma = 1 + 1,25 \cdot \frac{572}{408} - \frac{3,2 \cdot 16}{572 - 408} = 2,44$$

5.6.3 Розрахунок компенсатора на міцність

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

$$S_{\varepsilon} \geq S_{\varepsilon 0} + \tilde{N}_{\varepsilon} \quad (5.36)$$

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

$$S_{\varepsilon 0} = S_4 \cdot \sqrt{0,5 + \sqrt{0,25 + (S_3 / S_4)^4}} \quad (5.37)$$

де

$$S_3 = 0,25 (d_2 - d_1 - \gamma \cdot r_s) \cdot \sqrt{P / [\sigma]_{\varepsilon}} \quad (5.38)$$

$$S_3 = 0,25 \cdot (572 - 408 - 2,44 \cdot 16) \cdot \sqrt{\frac{1,6}{149,6}} = 3,1 \text{ и}$$

$$S_4 = \frac{P \cdot d_{cp}}{2 [\sigma]_{\varepsilon} \cdot \varphi} \cdot \frac{L}{d_2 - d_1 + 2 l_{\varepsilon} + 2,3 r_s} \quad (5.39)$$

$$S_4 = \frac{1,6 \cdot 490}{2 \cdot 149,6 \cdot 1} \cdot \frac{80}{572 - 408 + 2 \cdot 5 + 2,3 \cdot 16} = 1,09 \text{ ì}$$

Позначення в формулах (5.36)-(5.38):

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

L – виконавча довжина компенсатора, мм;

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

φ – коефіцієнт міцності подовжнього зварного шва компенсатора.

$$S_{\varepsilon\delta} = 1,09 \cdot \sqrt{0,5 + \sqrt{0,25 + (3,1/1,09)^4}} = 3,2 \text{ ì}$$

Виконавчу товщину стінки компенсатора розраховують за формулою

$$S_{\varepsilon} \geq S_{\varepsilon\delta} + \tilde{N}_{\varepsilon} \quad (5.40)$$

$$S_{\varepsilon} = 3,2 + 0,6 = 3,8 \text{ ì}$$

Приймаємо:

$$S_{\varepsilon} = 4 \text{ ì}$$

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

$$[P]_{\varepsilon} = \frac{[P]_l}{\sqrt{1 + \left(\frac{[P]_l}{[P]_2}\right)^2}} \quad (5.41)$$

де

$$[P]_l = 16 \left(\frac{S_{\varepsilon} - \tilde{N}_{\varepsilon}}{d_2 - d_1 - \gamma \cdot r_s} \right)^2 \cdot [\sigma]_{\varepsilon} \quad (5.42)$$

$$[D]_l = 16 \cdot \left(\frac{4 - 0,6}{572 - 408 - 2,44 \cdot 16} \right)^2 \cdot 149,6 = 1,79 \text{ ìà}$$

$$[P]_2 = \frac{2 [\sigma]_{\varepsilon} \cdot \varphi \cdot (S_{\varepsilon} - C_{\varepsilon}) \cdot d_2 - d_1 + 2 l_{\varepsilon} + 2,3 r_s}{d_{cp} L} \quad (5.43)$$

$$[D]_2 = \frac{2 \cdot 149,6 \cdot 1 \cdot (4 - 0,6)}{490} \cdot \frac{572 - 408 + 2 \cdot 5 + 2,3 \cdot 16}{80} = 3,07 \text{ ìà}$$

$$[D]_{\varepsilon} = \frac{1,79}{\sqrt{1 + \left(\frac{1,79}{3,07}\right)^2}} = 2,8 \text{ ìà}$$

При цьому повинна виконуватися умова

$$D_{\varepsilon} \leq [D],$$

1,6 МПа < 2,8 МПа, умова виконується.

5.6.4 Розрахунок числа лінз компенсатора

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

$$\Delta = l \cdot |[\alpha_{\varepsilon} \cdot (t_{\varepsilon} - t_0) - \alpha_{\delta} \cdot (t_{\delta} - t_0)]| \quad (5.44)$$

де $\alpha_{\varepsilon}, \alpha_{\delta}$ – коефіцієнти лінійного розширення матеріалів відповідно кожуха та труб, $1/^\circ\text{C}$;

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

l – довжина труб, мм $l = 2000$ ì

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

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

$$\Delta = 2000 \cdot | [11,6 \cdot 10^{-6} \cdot (90 - 20) - 11,6 \cdot 10^{-6} \cdot (55 - 20)] | = 0,81 \text{ мм}$$

За додатком визначаємо компенсуючу здатність однієї лінзи компенсатора при загальному числі циклів навантаження $N = 10^3$, $\Delta_{\varepsilon} = 4,3$ мм

Необхідне число лінз в компенсаторі розраховуємо за формулою

$$n_{\varepsilon} = \frac{\Delta}{\Delta_{\varepsilon}} = \frac{0,81}{4,3} = 0,2$$

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

Жорсткість компенсатора визначаємо за додатком, $\tilde{N}_a = 15400$ Н.

5.6.5 Розрахунок компенсатора на малоциклову втомленість

При загальному числі циклів навантаження понад 10^3 компенсатор слід розраховувати на малоциклову втомленість. У цьому випадку має виконуватись умова

$$\frac{\sigma_{\sigma}}{2[\sigma]_{\sigma\sigma}} + \frac{\sigma_p}{2[\sigma]_{\sigma p}} \leq 1,0, \quad (5.45)$$

де σ_{σ} – напружина від розмаху переміщень, МПа;

σ_p – напружина від розмаху тисків, МПа;

$[\sigma]_{\sigma}$ – допустима амплітуда інтенсивності напружин від переміщення при числі циклів N_{σ} , МПа;

$[\sigma]_{ap}$ – допустима амплітуда інтенсивності напружин від змінення тиску при числі циклів N_p , МПа.

Допустиму амплітуду інтенсивності напружин від переміщення при числі циклів деформації N_{σ} та при числі циклів від тиску N_p визначають за формулою

$$[\sigma]_{ap} = \frac{2300 - 90}{2300} \cdot \frac{0,6 \cdot 10^5}{\sqrt{10 \cdot 500}} + \frac{181,2}{2} = 913 \text{ МПа} \quad (5.46)$$

де A_1, B_1 – характеристики матеріалів, які визначають за таблицею 7.6[13], МПа;

n_N – коефіцієнт запасу міцності по числу циклів навантажень $n_N = 10$;

n_{σ} – коефіцієнт запасу міцності по напружинам, $n_{\sigma} = 2$;

N – число циклів навантажень;

t – розрахункова температура елемента, що розглядається, °С.

При відсутності точних даних про числа циклів N_{σ} і N_p приймаємо

$$N_{\sigma} = N_p = 0,5 N, \quad (5.47)$$

$$N_{\sigma} = N_p = 0,5 \cdot 1000 = 500$$

де N – загальне число циклів навантаження.

Напружини від деформації слід розраховувати за формулою

$$\sigma_{\sigma} = \frac{E_{\xi} \cdot S_{\xi}}{n_{\xi} \cdot b_{\xi}^2} \cdot (2 + \lambda) \cdot \Delta \varpi, \quad (5.47)$$

де $\Delta \varpi$ – розмах коливання переміщень, мм ($\Delta \varpi = \Delta$);

n_{ξ} – число лінз в компенсаторі.

$$\sigma_{\sigma} = \frac{194 \cdot 10^3 \cdot 4}{1 \cdot 79,1^2} \cdot (2 + 0,38) \cdot 0,81 = 239 \text{ МПа}$$

Напружину від тиску визначають за формулою

$$\sigma_{\delta} = 3 [\sigma]_{\xi} \cdot \frac{\Delta P}{[\Delta P]}, \quad (5.48)$$

де ΔP – розмах коливань робочого тиску, МПа.

Враховуючи, що тиск в теплообмінному апараті змінюється від нуля до P , можна прийняти $\Delta P = P$.

$$\sigma_{\delta} = 3 \cdot 149,6 \cdot \frac{1,6}{1,6} = 449 \text{ Па}$$

$$\text{Умова (5.45) } \frac{239}{2 \cdot 913} + \frac{449}{2 \cdot 913} = 0,38 < 1,0 - \text{ виконується}$$

6. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕФЛЕГМАТОРА

6.1 Виготовлення обичайки

Обичайки циліндрових елементів виготовляють безшовними з поковок або зварними з листів. Вальцювання і штампування обичайок допускається проводити тільки на відповідних машинах або пресах. Виготовлення обичайок ручним способом, а також місцевий нагрів і правка молотом не допускається.

Обичайки діаметром більш 600мм допускається виготовляти з декількох листів максимально можливої довжини. Допускається вставка вширшки не менше 400мм.

Обичайки посудин, що працюють під тиском, можуть бути виготовлені вальцюванням карт, зварених в плоскому тому, що складається з декількох листів. Зварні шви в обичайках, зварених з карт, повинні бути розташовані паралельно створюючою, ширина листів між швами - не менше 800мм, а ширина замикаючої вставки - не менше 400мм. Для посудин і апаратів, що виготовляються з карт, допускаються зварні шви, що перехрещуються, за умови роботи цих посудин або апаратів під тиском до 1.6 МПа і при температурі до 4000 °С; при виконанні цих швів автоматичною або електрошлаковою зваркою; при контролі місць перетину швів шляхом просвічування або ультразвукової дефектоскопії.

Вальцювання обичайок з листа супроводжується пластичною деформацією. При вальцюванні в холодному стані пластична деформація приводить до залишкових напруг і наклепу. В цілях обмеження залишкових напруг в металі після холодної гнучки при відношенні товщина стінки обичайок до внутрішнього радіусу, рівному 5% або перевищуючому цю величину, слід або піддавати термічній обробці готові обичайки, або виготовляти їх гарячим способом (нагрів листа до температури близько 1000°С; закінчення гнучкі не нижче 700°С). Отже, мінімально допустимий внутрішній діаметр обичайки при виготовленні її без нагріву рівний

сорококрatній товщині листа. Це співвідношення слід враховувати також при виправці вм'ятин під час ремонтів.

Гибку обичайок з листів проводять на тривалкових або чотиривалкових листогибочних вальцях, а також на гибочних пресах. Листогибочні машини застосовують для вальцювання обичайок з листа завтовшки до 50 мм. В цих машинах гнучка листа здійснюється вальцями, що обертаються. В трьохвалкових машинах гибочним є середній вал, а в чотирьохвалкових - бічні вальці. Лист, що підлягає вальцюванню, вводять у вальці і згинають його переміщенням вниз середнього валу (трьохвалкова машина) або підйомом вгору бічних валів (чотирьохвалкова машина). Гибку проводять за декілька пропусків. Після кожного пропуску кривизну листа збільшують до отримання замкнутої циліндрової обичайки. Вальцювання напівобичайок (корит) проводять до отримання розчину їх кромок, відповідного заданому радіусу, а кривизни - заданої.

Тривалкові машини не дозволяють зігнути кромки листа при вальцюванні. На довжині, декілька меншої половини відстані між бічними вальцями, кромки залишаються плоскими. Тому для отримання правильної циліндрової форми обичайок кромки заздалегідь підгинають. Операцію підгибки кромок звичайно виконують на гідравличному пресі. Можлива подгибка кромок на трьохвалковій листогибочній машині вдавлюванням кінця листа в загинальну матрицю. При вальцюванні обичайок на чотирьохвалковій машині додаткового устаткування для підгибки кромок не потрібен.

Трьохвалкові та чотирьохвалкові листогибні машини дозволяють одержувати, окрім циліндрових, також і конічні деталі. Це досягається похилою установкою верхнього валу в трьохвалковій машині і бічних валів в чотиривалковій. Кут нахилу валів в обох машинах не більше 10-120.

Кільцеві і дугоподібні деталі із звичних сортових профілів (кути, швелери, смуги) одержують гнучку на роликівих сортогибочних машинах, аналогічних за принципом дії і пристроєм листогибним машинам. Деформація металу в цих машинах відбувається в горизонтальній площині.

До дефектів вальцювання відносяться: перекіс кромок, вигин на радіус, менший заданого, конусність, овальність, бочкоподібність. Для попередження перекосів кромок листа при вальцюванні стежать за тим, щоб кромки строго паралелі подовжній осі вальцов. Вальцювання обичайок невеликими ділянками по 10-12мм в декілька прийомів з послідовним опусканням верхнього валу (в трьохвалкових машинах) при зміні кривизни гнучкі шаблоном дозволяє уникнути вигину на менший радіус і овальності. Строго горизонтальне положення верхнього валу (в трьохвалкових машинах) і бічних валів (в чотирьохвалкових машинах) дозволяє попередити конусність обичайок і забезпечити циліндричність.

Овальність обичайок в будь-якому перетині не повинна перевищувати 1%, а для барабанів діаметром зверху 2000мм не повинна бути більш 20мм.

Незграбність визначають шаблоном завдовжки (по дузі) $1/6$ номінального діаметру обичайки. При овальності обичайок в процесі виготовлення від 1 до 3% допускається холодне калібрування за допомогою пресу або вальцов, якому повинне передувати виправлення видимих дефектів швів, з подальшою високою відпусткою.

Перекіс осей взаємно стикуємих обичайок не повинен перевищувати 2мм на кожний метр обичайки.

Відхилення довжини обичайки (або циліндрової частини барабана) і прогинання (включаючи перекіс осей стикуємих обичайок) від номінальних розмірів не повинні перевищувати значень, регламентованого ОСТУ 24.030.39-74.

Відхилення по довжині розгортки кола обичайок корпусів судин і апаратів не повинні перевищувати 3 мм. Неперпендикулярність торця обичайки і її створюючої не повинна перевищувати 3мм при діаметрі понад 3м.

Зібрані і зварені корпуси судин і апаратів відповідно до ОСТУ 26-291-71 повинні задовольняти наступним вимогам:

- відхилення по довжині не повинне перевищувати 0.3% від номінальної довжини корпусу, але не більш 75мм;

- непрямолінійність не повинна виходити за межі 20мм при довжині виробу до 10м.

6.2 Виготовлення днищ

Днища товщиною до 30мм виготовляють нерідко штампуванням заготовки, звареної з двох і більш листів. Зварні шви розташовують по хорді на відстані від центру не більше 0.2 діаметрів днища. В окремих випадках застосовують днища, виготовлені із заздалегідь відштампованих пелюсток і сферичного диска, з розташуванням зварних швів тільки по меридіональному і круговому перетинам. Кругові шви (за винятком випадку кульової форми) розташовують на відстані від центру, не більше 0.25 діаметрів днища. Мінімальну відстань між меридіональними швами приймають рівним п'ятикратній товщині днища або великим. У будь-якому випадку вказану відстань не приймають менше 100мм. Днища з штампованих елементів зварюють стиковими швами з двостороннім проваром. Число пелюсток для днищ встановлюється кресленням.

Днище судин штампують в гарячому поляганні з одного нагріву. Температурний інтервал штампування 850-950 0С. Штампування здійснюється протяжкою. Штамп складається з циліндрового пуансона з еліпсоїдною або сферичною поверхнею торця, виконаною за формою днища. Матриця є протяжним кільцем, встановленим на столі преса на підставних стійках. Під час штампування пуансон, рухаючись вниз, протягує нагріту заготовку через матрицю. При цьому заготовка щільно облягає пуансон і, остигаючи, затискає його. Відштамповане днище знімають з пуансона при зворотньому ході. Днище падає на підкладну плиту, встановлювану на столі преса, і разом з нею витягується з робочого простору. При однаковому технологічному процесі існує декілька способів виготовлення днищ штампуванням. Ці засоби в основному відрізняються вживаним устаткуванням і оснащенням.

Відхилення форми днища перевіряють шаблонами по внутрішній поверхні; воно не повинне перевищувати значень, встановленого ОСТУ 24.030.39-74.

Стоншування в днищах, виготовлених штампуванням і фланжированням, а також потовщення борту допускається в межах 15% від початкової товщини заготовки.

У кульових днищах відхилення діаметру визначають виходячи з умов зсуву кромки, що допускається, при збірці днища з корпусом. Овальність днища допускається до 1%, але не більш 20мм для днищ діаметром зверху 2000мм. Сумісне відведення кромки (незграбність) допускається в межах 0.1S до 3мм, але не більш 5мм (S - товщина стінки). Незграбність вимірюють шаблоном завдовжки по дузі, рівній $1/3$ радіусу днища. Форму готового днища контролюють шаблоном завдовжки не менше $1/3$ радіусу. Зазор, що допускається, а між шаблоном і сферичною поверхнею для днищ діаметром до 5000мм - 5мм.

6.3 Виготовлення фланців

Фланці трубопроводів і сполучних частин, а також вхідні й вихідні фланці арматури, машин, приладів, апаратів і резервуарів, застосовуваних у хімічній, нафтопереробній і нафтохімічній галузях, промисловості, виготовляють відповідно до ОСТ 26-830-73 - ОСТ 26-842-73.

При виготовленні теплообмінних апаратів фланці корпусів розподільних камер і кришок для апаратів діаметром 400 мм і вище, розрахованих на умовний тиск 15,7 МПа, повинні відповідати діючим галузевим стандартам, а для апаратів з робочою температурою однієї або обох середовищ 300°C і більше виконують приварними в стик з ущільнювальною поверхнею виступ-западина.

Для корпуса підігрівника ПВД 6-200-1,2 необхідно виготовити фланці приварні в стик, із внутрішнім діаметром 1200 мм. Матеріал сталь 20К.

Особливості технології виготовлення. Як заготовлі для виготовлення фланців необхідно використати бандажні заготовлі, тому що умовний діаметр

фланців 1200 мм. При виборі способу одержання заготовлі для фланця необхідно враховувати матеріал і габаритні розміри фланця, розміри перетину обіду, коефіцієнт використання металу, трудомісткість виготовлення й інші фактори. В [б.табл. 14.2, стор.3] наведені рекомендації з областей застосування кожного із зазначених способів.

Про доцільність застосування заготовель кожного із зазначених видів вирішують виходячи з конкретних умов виробництва.

При штампуванні фланців на молотах забезпечуються висока продуктивність, точність розмірів заготовель, у результаті чого значно зменшується відхід металу в стружку й знижується трудомісткість обробки. Штампування на кривошипних горячештампуючих пресах мають ряд переваг перед штампуванням на молотах: підвищується продуктивність праці й точність виконання розмірів кування, збільшується коефіцієнт використання металу.

У результаті зменшення штампувальних ухилів, зменшується витрата електроенергії, і поліпшуються умови праці. Гибку з наступним зварюванням вигідно застосовувати в тому випадку, коли перетин обіду фланця відносно невелике й коли матеріал фланця має гарну зварюваність. В [б.табл. 14.3, стор.3] наведені порівняльні техніко-економічні показники виготовлення заготовель фланців куванням у підкладному кільці й гнучкої із профільного прокату з наступним зварюванням в стик.

При одержанні заготовель куванням з наступною прокаткою на колопрокатном стані більший ступінь пророблення матеріалу фланця у всіх напрямках, відсутність звареного шва, порівняно високий коефіцієнт використання металу дозволяють рекомендувати цей спосіб при серійному виготовленні великогабаритних фланців. Одержання заготовель, зварених з окремих секторів, застосовують, як правило, для фланців більших розмірів, виготовлених із прокату великої товщини (більше 40 мм) або з марок сталей, на які відсутній стандартний профільний прокат.

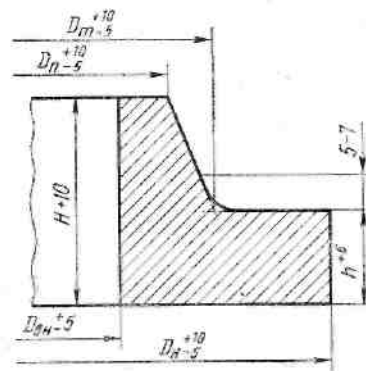


Рис. 6.1. - Заготівка фланця, отримана на бандажепрокатном стані

Деякі металургійні заводи по замовленням підприємств нафтового й хімічного машинобудування поставляють кільця для фланців, виготовлені методом кування з наступною прокаткою на бандажепрокатном верстаті (рис. 6.1). Кільця поставляються для фланців с $D_u = 400 - 1200$ мм, $R_u = 1,0 - 6,4$ МН/м² зі сталей марок 20, 16ГС, 12ХМ, 15Х5М, 09М2С, 12Х18Н10Т. Розміри заготівель максимально наближені до чистових розмірів фланців.

Свердлення отворів у фланцях.

Універсальний кондуктор, із пневматичним затиском призначений для свердлення отворів у фланцях (мал. 2). Роботу на кондукторі виконують у такий спосіб.

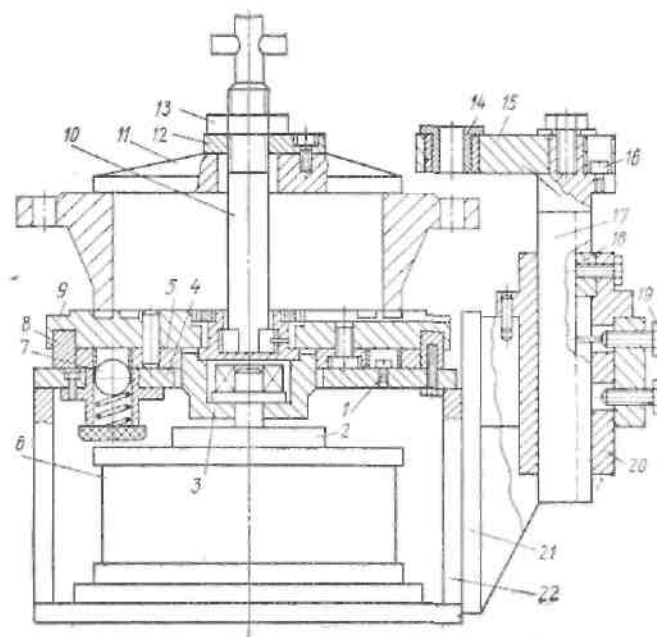


Рис. 6.2. - Універсальний поворотний кондуктор із пневматичним затиском для свердління фланців, приварених в стик

Деталь ставиться на настановний диск 9. Для базування деталі по внутрішньому діаметрі на настановному диску передбачені кільцеві виточення. Деталь кріпиться до настановного диска гайкою 13 і швидкоз'ємним болтом 10 за допомогою планки 11 з відкидною шайбою 12. Таке кріплення деталі виконується у верхньому (відкріпленому) положенні поршня пневмоциліндра 6 для того, що б при повороті кондуктора не відбувалося провертання деталі щодо диска. У цьому положенні настановний диск разом з деталлю й прикріпленим до нього ділильним диском 5 підняті над кришкою 4 корпусу 22 на стільки щоб між диском 5 і постійним фіксатором 1 був зазор величиною 1-2 мм для забезпечення обертання диска 5 разом з накидною гайкою 3 і п'ятої 2, що опирається на завзятий підшипник.

При повороті дисків дві кульки 7 (на малюнку показана одна кулька), розташовані діаметрально протилежно щодо вертикальної осі й опираються на пружини (чинність пружнення яким регулюється гайкою), попадають в отвори ділильного диска. При затисненні деталі пневмоциліндром шток поршня йде вниз, і через гайку 3, п'яту 2, швидкоз'ємний болт 10, гайку 13, відкидну шайбу 12, планку 11 й оброблювану деталь вся поворотна система притискається до кришки 4, забезпечуючи надійне кріплення деталі при свердлінні. Постійний фіксатор підвищує точність розподілу кульками. Кільце 8 запобігає влучення стружки під ділильний диск, забезпечуючи тим самим надійність роботи кондуктора.

До корпусу кріпиться зварений кронштейн 21 із запресованої в нього втулкою 20, у якій вертикально пересувається шток 17 із планкою 15 і втулкою 14; шток стопориться двома гвинтами 19 внаслідок чого можна обробляти деталі різної висоти. Шпонка 18 і штир 16 запобігають повороту штока й кондукторної планки щодо корпусу.

Описана конструкція забезпечує точність свердління без втулки 14, тому змінні планки 15 застосовують тільки для настроювання на необхідний діаметр болтових отворів.

Набір ділильних дисків 5 з різною кількістю отворів, настановних дисків 9 з різними базовими поверхнями, кондукторних планок 15 зі змінними втулками 14 і планок, що кріплять, 11 робить кондуктор універсальним.

Ущільнювальні поверхні фланців обробляють механічно, переважно після їх приварки.

6.4 Збирання й зварювання корпусу

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.

6.5 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 развальцьованих 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 лушення 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, бруду, 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.

6.6 Збирання теплообмінника

Збирання теплообмінника необхідно проводити в такій послідовності:

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

7 Ремонт дефлегматора

7.1 Загальні положення

Апарат підлягає реєстрації в органах Держнадзорохоронпраці.

При монтажі, експлуатації й технічним обслуговуванні апарата необхідно керуватися вимогами “Правил устрою й безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском”, “Правил безпеки у вибухонебезпечні й пожежаопасних хімічних і нафтохімічних виробництвах”, “Правил захисту від статичної електрики у виробництвах хімічної, нафтохімічної й нафтопереробної промисловості”, а також норм по техніці безпеки й промислової санітарії виробництва, на яким буде експлуатуватися даний апарат.

Монтаж апарата робити відповідно до проекту виробництва монтажних робіт, розробленим монтажною організацією, що виконує монтаж апарата, вимог ГОСТ 12.03.009-76, СНіП 3.05.05-84 “Будівельні норми й правила. Технологічне встаткування й технічні трубопроводи”, робочої документації.

Перед монтажем необхідно: перевірити по пакувальних аркушах комплектність поставленого встаткування і його вузлів; ознайомитися з технічною документацією вхідної в комплект поставки апарата; перевірити відповідність апарата заводської документації шляхом зовнішнього огляду без розбирання вузлів.

Ремонт апарата робити з інструкцією про порядок здачі й приймання встаткування в ремонт і з ремонту.

Ремонт апарата і його елементів під час роботи не допускається.

7.2 Монтаж дефлегматора

Монтаж апарата роблять ремонтно-монтажні бригади підприємства або спеціалізовані організації. Монтаж апарата й великий

ремонт проводиться по проекту ремонтно-монтажних робіт, що включає дані про обсяг ремонтних робіт, про спосіб їх ведення й про послідовність; розрахунки потреби в робочій силі, у такелажному інструменті, устаткуванні й матеріалах; інструкції з техніки безпеки при виконанні робіт.

Апарат, що надходить із заводу виготовлювача, ретельно перевіряється й ухвалюється відповідно до технічної документації, що включає паспорт, інструкцію з монтажу й експлуатації, перелік запасних частин і інструментів, у також робочі креслення запасних і швидкозношуваних частин. Перед початком монтажу роблять планувальні й дорожні роботи, прокладають допоміжні трубопроводи й електричний кабель, установлюють пристосування, монтажний і такелажний інструмент.

Проектом виробництва монтажно-складальних робіт передбачаються наступні операції складання.

1. Установка дефлегматора на будівельну металоконструкцію.
2. Установка обслуговуючих майданчиків і сходів.
3. Припасування й приєднання всіх трубопроводів.
4. Установка арматур і контрольно-вимірювальних приладів.
10. Установка огорожень.
11. Випробування апарата на герметичність.
14. Проведення теплоізоляційних робіт.
15. Здача апарата в експлуатацію.

Перед монтажем апарати повинні бути очищені від сторонніх предметів і бруду. Необхідно переконатися у відсутності ушкодження і якщо вони є — усунути їх. Зокрема, межтрубний простір дефлегматора, необхідно перевірити тиском води відповідно до вказівки на кресленні загального виду апарата.

Усі відкриті фланцеві з'єднання до монтажу трубопроводів повинні бути заглушені. Прокладки, установлені у фланцеві

з'єднання, повинні бути цільними й не повинні мати ушкоджень. При монтажі вузлів апаратів не допускається їхня підвіска за штуцера, бобишки.

У процесі монтажу виявляються й усуваються дефекти конструкції й виготовлення апаратури.

Одночасно здійснюється налагодження роботи деталей з метою підготовки апаратів до експлуатації.

Усю арматури перед установкою слід промити й перевірити на герметичність.

Конденсатоотводчики необхідно встановлювати нижче нижніх трубних решіток випарників, щоб їх не залило конденсатом.

Арматури на лініях пропарювання повинна бути якнайближче до трубопроводу, пропарювання якого передбачається.

7.3 Ремонт

Ремонт апарата виконують за наступною схемою: часткова або повне розбирання апарата, очищення й промивання деталей; складання відомості дефектів; відновлення зношених деталей, з'єднань і складальних одиниць; комплектування апарата новими деталями й виготовлення нових деталей; складання; випробування.

При підготовці апарата до ремонту треба знизити надлишковий тиск до атмосферного й звільнити апарат від продукту; відключити його від магістралей і встановити заглушки відповідно існуючій у цеху схемі; продути азотом до відсутності горючих (у перерахуванні на водень), пропарити, промити водою й продути повітрям до змісту кисню не менш 20% і змісту шкідливих речовин не вище ГДК шляхом природньої або примусової вентиляції після від'єднання шланга з азотом; роз'єднати фланцеві з'єднання, демонтувати внутрішні пристрої.

Дефекти виявляють перед зупинкою на ремонт (попередня дефектація), а також у процесі розбирання апарата (повузлова й подетальна дефектація). Значне число деталей і складальних одиниць перевіряють візуальним оглядом, при яким фіксують стан робочих поверхонь.

Можливі дефекти:

- відкладання осаду, забруднення теплообмінної поверхні;
- зменшення товщини стінки корпусу, теплообмінних труб, трубних решіток;
- випучини й вм'ятини на корпусі й днищах;
- свищі, тріщини, прогари на корпусі, трубках, на фланцях;
- збільшення діаметра отворів для труб у трубних решітках;
- прогин трубних решіток і деформація труб;
- порушення теплоізоляції.

7.3.1 Чищення теплообмінної апаратури

Дефлегматор необхідно періодично чистити від відкладання солей, бруди, смол. Кількість відкладань залежить від властивості продукту й температури. Спосіб очищення вибирають залежно від состава відкладань. Їхньої кількості й конструкції апарата.

Способи очищення теплообмінних поверхонь від відкладань.

1. Хімічний. Відкладання руйнуються розчинами хімічних реагентів. Гідності: низька трудомісткість і скорочення строків простою в ремонті, простота використовуваного встаткування. Спосіб ефективний для очищення теплообмінників від деяких відкладань.

2. Гідропневматичний. Спосіб використовують для промивання закритих теплообмінних апаратів, забруднених мінеральними й органічними речовинами, нерозчинними у воді, продуктами корозії, карбонатними відкладаннями. Суть методу. Через апарат пропускають одночасно теплоносії і стислий інертний газ або повітря. Стиснений газ або повітря вводять в апарат 4-5 раз у добу протягом 5 хвилин. Газ,

потрапляючи в рідину, розширюється, при цьому швидкість руху рідини зростає. Пухирці газу вдаряються про стінки трубок, внаслідок чого відкладання руйнуються й відпадають.

3. Ультрозвуковий. Суть методу. Для очищення використовують пружні механічні коливання часток рідини підвищеної частоти. Коливання часток рідини викликають кавітаційні удари про забруднену поверхню, і забруднення відділяються від поверхні.

4. Механічний. Використовується для очищення трубного простору в теплообмінниках типу Н и К. Суть методу. Тверді відкладання видаляють шкребками, свердлом або іншим різальним інструментом наприкінці вала. Вал приводять в обертання електродвигуном через редуктор. Одночасно через порожній вал подають пару або воду для видалення відкладань. Недоліком методу є більша трудомісткість, часто доводиться демонтувати теплообмінник.

5. Гідромеханічний. Суть методу. На забруднену поверхню направляється струмінь води, що має більшу швидкість. Тиск води перебуває в межах $150-750 \text{ кг/см}^2$. Недоліком методу є необхідність розбирання апарата, мала продуктивність і висока трудомісткість.

7.3.2 Ремонт корпусу

Корозія й ерозія на корпусах ремонтується наплавленням у наступних випадках:

- якщо сума площ дефектних місць не перевищує 20% площі робочої поверхні корпусу;
- якщо площа однієї дефектної ділянки не перевищує 500 см^2 ;
- якщо глибина дефекту не перевищує 30% фактичної товщини корпусу;
- якщо відсутня схильність металу корпусу до корозійного розтріскування під напругою.

Якщо ці умови виконуються, то дефектна ділянку вирізують, і на його місце вваривають вставку.

Роботи на внутрішній і зовнішній поверхні апарата проводять після розбирання внутрішніх пристроїв.

Поверхня дефектної ділянки й прилягаючої зони (шириною не менш 50 мм на сторону) слід очистити від забруднень.

Після видалення дефектів і зачищення поверхні перевіряють повноту видалення дефекту візуально-оптичним, ультразвуковим або радіографічним методом.

Підготовку крайок під зварювання або наплавлення проводять способом механічної обробки. Допускається застосування вогневого способу. Підготовлена поверхня не повинна мати гострих кутів і заусенцев.

Після видалення дефектів і підготовки крайок під зварювання або наплавлення вогневим способом поверхня необхідно зачистити механічним способом на глибину 1,0 мм.

Перед початком зварювання слід перевірити якість підготовки й складання елементів, що зварюються, тобто стан стикуємих крайок і прилягаючих до них поверхонь.

При ремонті корпусів зварені шви повинні забезпечувати необхідну міцність і бути доступними для контролю.

Зварені шви повинні розташовуватися поза опорами корпусу. При влученні звареного шва на опору він повинен бути перевірено в обсязі 100 % ультразвуковим або радіографічним методом контролю на відсутність дефектів.

Не допускається перетинання зварених швів, виконуваних при ремонті ручним дуговим зварюванням. Зварені шви повинні бути зміщені по відношенню друг до друга на величину, рівну трикратної товщині стінки корпусу.

Перед ремонтним зварюванням або наплавленням роблять контроль підготовленої поверхні на відсутність дефектів.

При установці на корпусі «латок», заміні листів, обичайок і днищ підготовку крайок під зварювання рекомендується проводити згідно з вимогами паспорта на корпус.

Усі зварені шви підлягають клеймуванню, що дозволяє встановити зварника, що виконував ці шви.

7.3.3 Заміна дефектних ділянок

Дефекти корпусів усувають заміною листа, обичайки, днища або установкою «латки» з того ж металу.

Для пристрою демонтажу й монтажу внутрішніх пристроїв корпусів допускається в певних місцях вирізка монтажних вікон з наступною заваркою.

7.3.4 Заміна штуцерів

Штуцера підлягають заміні при наступних дефектах: тріщинах усіх видів і напрямків; корозії й ерозії; розшаруванні металу.

Заміну штуцерів виконують установкою нового штуцера із заміною або без заміни зміцнювального кільця.

Новий штуцер повинен виготовлятися в умовах ремонтного цеху з дотриманням вимог стандартів і нормативно-технічної документації на виготовлення штуцерів.

Заміну дефектного способу роблять у такий спосіб. Штуцер відрізають вогневим способом на відстані 10-12 мм від поверхні зміцнювального кільця. Вогневим способом видаляють частину, що залишився, штуцера й швів приварки зміцнювального кільця до корпусу. Знімають зміцнювальне кільце й зачищають корпус від залишків шва абразивним колом. Вогневим способом підготовляють крайки отвору під новий штуцер. При одержанні отвору більшого діаметра або неправильної форми слід виконати наплавлення.

Новий штуцер установлюють в отвір і прихоплюють до корпусу; число прихваток повинне бути не менш із найбільшою відстанню між ними 200-250 мм.

Штуцер приварюють до корпусу, зачищають корінь шва й виконують підварку шва при V-образнім обробленні. При X-образному обробленню другу половину заварюють після зачищення кореня першого шва.

Готовий шов піддають контролю ультразвуковим методом. Установлюють на корпус зміцнювальне кільце й прихоплюють в 4-6 місцях при відстані між прихватами не більш 200-250 мм.

Приварюють зміцнювальне кільце до корпусу й патрубку штуцера.

Роблять термообробку.

Якість звареного з'єднання підлягає контролю через контрольні отвори пневмо- і гідровипробуванням тиском.

7.3.5 Термічна обробка корпусу після ремонту

Термічна обробка місць заварки й наплавлення дефектних ділянок необхідна для зниження залишкових напруг і для поліпшення властивостей металу шва й околосшовної зони. Термічна обробка не повинна приводити до деформації корпусу.

Термічну обробку слід проводити після остаточного зварювання й усунення всіх дефектів. У випадку повторної заварки дефектне місце необхідно знову піддати термообробці.

8. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

Допуск для проведення робіт

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

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

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

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

Організація робочого місця.

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

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

При виконанні ремонтних робіт підрядчик не повинен допускати захаращування матеріалами та будівельними відходами проїздів до пожежних гідрантів, місць, а також території навколо та в середині цехів до різного устаткування. Щодня після закінчення робіт безпосередній керівник зобов'язаний забезпечити прибирання місць. У місцях, що представляють небезпеку при проведенні ремонтних робіт, підрядчиком повинен бути вивішений застережливий плакат, та захищені отвори для передачі устаткування і матеріалів в ремонтну зону. Ліси, підмостки та інші пристосування для виконання будівельних та монтажних робіт на висоті повинні бути інвентарними, виготовлятися за типовими проектами

та відповідати вимогам ГОСТ 12.2.012-75. Для лісів повинні застосовуватися тільки металеві кріпильні елементи (болти, хомути скоби), стійки, рами, опорні сходи та інші вертикальні елементи лісів повинні бути встановлені по схилу і розкріплюватися відповідно до проекту. Нижні частини стійки, розміщені біля проїздів повинні бути захищені від ударів проїжджаючого транспорту.

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

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

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

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

Порядок підготовки устаткування до проведення ремонтних робіт.

При підготовці до ремонту устаткування і комунікації повинні бути:

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

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

Техніка безпеки при роботі на висоті.

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

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

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

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

До засобів індивідуального захисту монтажників відносяться:

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

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

Огорожі і поручні повинні витримувати зосереджене навантаження 70 кгс.

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

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

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

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

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

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

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

При довжині трапів і мостків більше 3 м під ними повинні встановлюватися проміжні опори. Ширина трапів і мостків не повинна бути менше 0,6 м. Трапи і мостки повинні мати огорожі. По всій довжині трапа через кожних 30-40 см повинні бути планки для упору ніг перетином 20x40 мм.

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

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

Переносні дерев'яні сходи і розсувні сходи-драбини завдовжки більше 3 м повинні мати не менш 2-х металевих стяжних болтів, встановлених під

ступенями. Розсувні сходи-драбини повинні бути обладнані пристроями, що виключають можливість їх мимовільного зрушення.

Загальна довжина сходів не повинна перевищувати 5 м.

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

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

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

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

Перевірка справності приставних сходів проводиться щомісячно відповідальною особою.

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

Забороняється працювати з механізованим інструментом з приставних сходів.

Організація безпечного проведення вогняних робіт

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

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

Місця проведення вогняних робіт можуть бути постійними і тимчасовими.

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

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

Вогняні роботи на цих місцях проводяться без письмового дозволу.

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

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

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

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

Організація безпечного проведення газонебезпечних робіт

До газонебезпечних робіт відносяться роботи, пов'язані з оглядом, чищенням, ремонтом, розгерметизацією технологічного устаткування, комунікацій, зокрема роботи усередині ємкостей, при проведенні яких є або не виключена можливість виділення в робочу зону взриво-пожеженобезпечним або шкідливої пари, газів і інших речовин, здатних

викликати вибух, загоряння, надати шкідливу дію на організм людини, а також роботи при недостатньому змісті кисню (об'ємна частка нижче 20 %).

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

I - що проводяться з оформленням наряду-допуску;

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

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

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

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

Газонебезпечні роботи, що періодично повторюються, є невід'ємною частиною технологічного процесу, характеризуються аналогічними умовами їх проведення, постійністю місця і характеру робіт, певним складом виконавців (установка і зняття заглушок на насосах, заміна всмоктуючих і нагнітальних клапанів на компресорах природного газу) можуть проводитися без оформлення наряду-допуску. Всі ці роботи включаються в перелік газонебезпечних робіт.

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

Порядок оформлення документації на проведення газонебезпечних робіт.

Наряд-допуск на проведення газонебезпечних робіт з діагональною жовтою смугою складається і підписується спільно заст. начальника цеху і механіком цеху, підписується начальником цеху або особою що його

заміщає, узгоджується з командиром ВГСО, інженером по охороні праці виробництва, при необхідності з суміжними цехами, і затверджується начальником виробництва.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ВИСНОВКИ

В роботі розглянуто дефлегматор установки ректифікації суміші бензол – бутиловий спирт продуктивністю 7 т/год..:

- а) На основі аналітичного огляду вибрана конструкція дефлегматора, 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 дефлегматора, 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 технологи. – 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 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.
- 12 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.

13 В.В. Іванченко, О.І Барвін, Ю.М Штонда Конструювання та розрахунок кожухотрубчастих теплообмінних апаратів: – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля. – 2006. – 208 с.

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

15 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.

16 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.

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

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

19 СОУ МПП 71.120-217:2009. Посудини та апарати сталеві зварні. Загальні технічні умови.

20 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.

21 О.І. Барвін та 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

22 А.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.

23.В.В. Іванченко, О.І Барвін, Ю.М Штонда Конструювання та

розрахунок кожухотрубчастих теплообмінних апаратів: – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля. – 2006. – 208 с.