

РЕФЕРАТ

Бакалаврська робота на тему

«Холодильник дистиляту установки ректифікації суміші метанол– вода
продуктивністю 2,25 т/год»

Листів – _____, ілюстрацій – _____, таблиць – _____, додатків – _____,
посилань – _____.

Об'єкт дослідження – основне обладнання (колона та холодильник дистиляту) установки ректифікації суміші метанол вода.

Мета роботи – розробка колони та холодильника установці ректифікації, аналіз впливу отвору в тарілці на розмір колони.

В роботі ми визначаємо:

1. Основні розміри ректифікаційної колони та холодильник дистиляту
2. Виконуємо розрахунки на міцність елементів конструкції холодильнику
3. Розглядаємо питання техніки безпеки та ремонту
4. Виявляємо вплив розміру тарілок на розміри колони
5. Робимо висновки в результаті проведеної роботи

Ключові слова: ректифікаційна колона, холодильник, дистиляція, ректифікація, основні розміри, тарілка, отвори, технологія виготовлення, ремонт, безпека.

Зміст

Вступ.....	
1 Аналітичний огляд.....	
2 Опис технологічної схеми.....	
3 Конструкційні матеріали.....	
4 Визначення основних розмірів колони.....	
5 Аналіз впливу конструктивних особливостей контактних пристроїв на розміри колонного апарата.....	
6 Розрахунок на міцність.....	
7 Технологія виготовлення теплообмінника.....	
8 Ремонт теплообмінника.....	
9 Техніка безпеки.....	
Висновки.....	
Список літератури.....	

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

B – ширина, м;

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

D – діаметр, м;

d – діаметр штуцера, м;

F – поверхня контакту, м;

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

t – температура °С;

w – швидкість потоку рідини, м/с;

ω – кутова швидкість

Q – тепловий потік, Вт;

m – витрата речовини, кг/с;

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

G_w – продуктивність кубового залишку, кг/год;

G_d – 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 міцності зварених швів;
 C –прибавка до розрахункової товщини, мм;
 Π –швидкість проникнення корозії, мм/рік;
 S_1 – виконавча товщина стінки днища, мм;
 S_{1p} – розрахункова товщина стінки днища, мм;
 C_3 –прибавка для компенсації корозії, мм;
 W_y – швидкість пару, м/с;
 W_ϕ –швидкість руху потоку, м/с
 V_ϕ –об'ємна продуктивність потоку, м³/с;

Вступ

Ректифікація – це тепло- і масообмінний процес розділення на фракції багатокомпонентної рідкої суміші шляхом її нагріву і випарювання легкокипящих компонентів.

Для отримання чистих легкокипячих компонентів ректифікацію ведуть так, щоб вверху ректифікаційної колони підтримувалася температура, близька до температури кипіння випарювального компоненту. Для підвищення чистоти легкокипячих компонентів, що виділяються, на верх ректифікаційної колони подають флегму (частина сконденсованого легкокипячого компоненту).

Кількість флегми надзвичайно сильно залежить від температур кипіння близьких по складу компонентів і конструктивного оформлення внутрішніх пристроїв.

Чим більше абсолютна кількість флегми, тим більше вимагається енергії на процес ректифікації.

Інтенсивність процесу ректифікації залежить від інтенсивності тепло- і масообмінних процесів в одиниці об'єму апарату. А сама інтенсивність процесу ректифікації залежить від величини питомої поверхні масообміну і значень коефіцієнтів тепло- і масопередачі.

Питома поверхня масообміну і коефіцієнта тепло- і масопередачі залежать від конструкції колон (внутрішніх пристроїв).

По конструктивному оформленню ректифікаційні колони підрозділяються на тарільчасті і насадкові.

Всі існуючі тарільчасті колони працюють за принципом барботажу піднімаючої пару через шар сконденсованої рідини на тарілках різного конструктивного оформлення.

В зв'язку з цим всі тарільчасті ректифікаційні колони мають дуже малу питому поверхню масообміну і невисокий коефіцієнт тепло- і масопередачі.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

Перегонка рідини

Фракційна перегонка - спосіб перегонки з розділенням суміші на декілька фракцій, в різному ступені збагачених летким компонентом.

Цей процес має велике значення в хімічній техніці. Як приклади досить вказати на розділення природних вуглеводнів нафти і синтетичних вуглеводнів з метою отримання моторних палив, на виділення індивідуальних газів з їх сумішей шляхом попереднього зрідження і подальшої ректифікації рідкої суміші.

Завдання розділення багатокомпонентних сумішей в практиці зустрічається набагато частіше, ніж двокомпонентних, тому ректифікація багатокомпонентних сумішей є основним процесом ректифікації у виробництвах.

Ректифікація - розділення рідких однорідних сумішей на речовини, що становлять, або групи складових в результаті протиточної взаємодії парової суміші і рідкої суміші. При цьому пара безперервно збагачується низькокиплячим компонентом, а рідина - висококиплячим компонентом. Ректифікацією може бути досягнутий будь-який заданий ступінь розділення рідких сумішей. Ректифікація є складним процесом дистиляції.

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

Процеси ректифікації здійснюються періодично або безперервно при різному тиску: під атмосферним тиском, під вакуумом (для розділення сумішей висококиплячих речовин), а також під тиском більше атмосферного.

Можливість розділення рідкої суміші на складові її компоненти ректифікацією обумовлена тим, що склад пари, що утворюється над рідкою сумішшю, відрізняється від складу рідкої суміші в умовах рівноважного стану пари і рідини. Відомі рівноважні дані для конкретної суміші дозволяють проаналізувати можливість розділення цієї суміші, знайти граничні концентрації розділення і розрахувати рушійну силу процесу.

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

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

Б) апарати, в яких поверхня фазового контакту створюється потоками газу (пари) і рідини;

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

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

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

У промисловості застосовують ковпачкові, ситчасті і насадкові колони. Вони розрізняються в основному конструкцією внутрішнього устрою апарату, призначення якого — забезпечення взаємодії рідини і пари. Ця взаємодія відбувається при барботуванні пари через шар рідини на тарілках (ковпачкових або ситчастих) або при поверхневому контакті пари і рідини на насадці.

1.2 Апаратурне оформлення процесів перегонки рідини Процес перегонки рідини здійснюють в установці, що включає колону ректифікації, дефлегматор, холодильник-конденсатор, підігрівач початкової суміші, збірник дистилату і кубового залишку. Дефлегматор, холодильник-конденсатор і підігрівач є звичайними теплообмінниками. Основним апаратом установки є ректифікаційна колона, в якій пара рідини, що переганяється піднімається знизу, а назустріч парі зверху стікає рідина, що подається у верхню частину апарату у вигляді флегми. В більшості випадків кінцевими продуктами є дистилат (сконденсована в дефлегматорі пара легколетучого компоненту, що виходять з верхньої частини колони) і кубовий залишок (менш леткий компонент в рідкому вигляді, витікаючий з нижньої частини колони).

Конструкції ректифікаційних колон

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

Тарільчасті ковпачкові колони найчастіше застосовують в ректифікаційних установках.

Пара з попередньої тарілки потрапляє в парові патрубки ковпачків і барботує через шар рідини, в яку частково занурені ковпачки. Ковпачки мають отвори або зубчасті прорізи, що розчленовують пару на дрібні цівки для збільшення поверхні зіткнення її з рідиною. Переливні трубки служать для підведення і відведення рідини і регулювання її рівня на тарілці. Основною областю масообміну і теплообміну між парою і рідиною, як показали дослідження, є шар піни і бризок над тарількою, що створюється в результаті барботажу пари. Висота цього шару залежить від розмірів ковпачків, глибини їх занурення, швидкості пари, товщину шару рідини на тарілці, фізичних властивостей рідини і ін.

Слід зазначити, що, окрім ковпачкових тарілок, застосовують також клапанні, ситчасті, S-подібні, лускові, провальні і інші конструкції тарілок.

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

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

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

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

До провальних відносять тарілки решітчасті, колосникові, трубчасті, ситчасті (плоскі або хвилясті без зливних пристроїв). Поверхня перетину тарілок змінюється в межах 15—30%. Рідина і пара проходять поперемінно через кожен отвір залежно від співвідношення їх натисків. Тарілки мають малий опір, високий ККД, працюють при значних навантаженнях і відрізняються простотою конструкції.

Прямоточні тарілки забезпечують тривалий контакт плівки рідини з парою, що рухається із швидкістю 14—45 м/с. Поверхня перетину тарілки досягає 30%.

Ситчасті колони застосовують головним чином при ректифікації спирту і рідкого повітря. Допустимі навантаження по рідині і парі для них відносно невеликі, і регулювання режиму їх роботи скрутне. Масо- і теплообмін між парою і рідиною в основному походять на деякій відстані від дна тарілки в шарі піни і

бризок. Тиск і швидкість пари, що проходить через отвори тарілки, мають бути достатні для подолання тиску шару рідини на тарілці і створення опору її набряканню через отвори. Ситчасті тарілки необхідно встановлювати строго горизонтально для забезпечення проходження пари через всі отвори тарілки, а також щоб уникнути стікання рідини через них. Зазвичай діаметр отворів ситчастої тарілки приймають в межах 0,8—3,0 мм.

Насадкові колони набули широкого поширення в промисловості. Вони заповнені насадкою з інертних матеріалів певного розміру, що мають форму кілець, куль для збільшення поверхні фазового контакту і інтенсифікації перемішування рідкої і парової фаз.

Конструкції теплообмінного обладнання

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

Теплообмінні апарати класифікуються за такими основними ознаками:

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

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

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

Кожухотрубчасті теплообмінні апарати класифікуються наступним чином:

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

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

– за розташуванням у просторі – вертикальні (В) і горизонтальні (Г); – за числом ходів у трубному просторі – одноходові та багатходові;

– за компонованням – одинарні та здвоєні;

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

До сучасних теплообмінних апаратів пред'являються такі основні вимоги:

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

– застосування конкретного типорозміру апарату повинне забезпечувати передачу потрібної кількості тепла від одного середовища до іншого з отриманням необхідних кінцевих температур кожного робочого середовища при заданому рівні гідравлічних опорів. Кожухотрубчасті теплообмінні апарати з нерухомими трубними решітками є найпростішими за конструкцією, достатньо зручними при експлуатації та ремонті (можлива механічна очистка внутрішньої поверхні та заміна пошкоджених труб). Проте їх застосування обмежується порівняно невеликою різницею температур кожуха та теплообмінних труб (до 30-60 °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 апарату. Кожухотрубчасті теплообмінні апарати з розширником на кожусі є модифікацією апаратів з нерухомими трубними решітками та температурним компенсатором на кожусі. Зберігаючи всі переваги апаратів з нерухомими трубними решітками, вони разом з тим забезпечують підвищення теплової ефективності порівняно з ними за рахунок:

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

– збільшення коефіцієнта теплопередачі завдяки спрямуванню спеціальними кільцевими відбійниками середовища міжтрубного простору на трубну решітку. В цьому випадку виключаються застійні зони, і в теплообмінну 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

Апаратне оформлення процесів перегонки рідини

Для процесу перегонки рідини потрібні такі апарати як:

1.Ректифікаційна колона.

2.Підігрівач

3.Кипятильник

4.Дефлегматор

5.Роздільник

6.Холодильник

7.Кубова ємність

8.Відцентровий насос

2 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ТА КОНСТРУКЦІЇ КОЛОНИ, ТЕПЛООБМІННИКА

Колонна ректифікації та кип'ятильник є складовими частинами апаратурного оформлення процесу ректифікації. Вони відносяться до основного обладнання. Технологічна схема ректифікаційної установки представлена на рисунку 2.1.

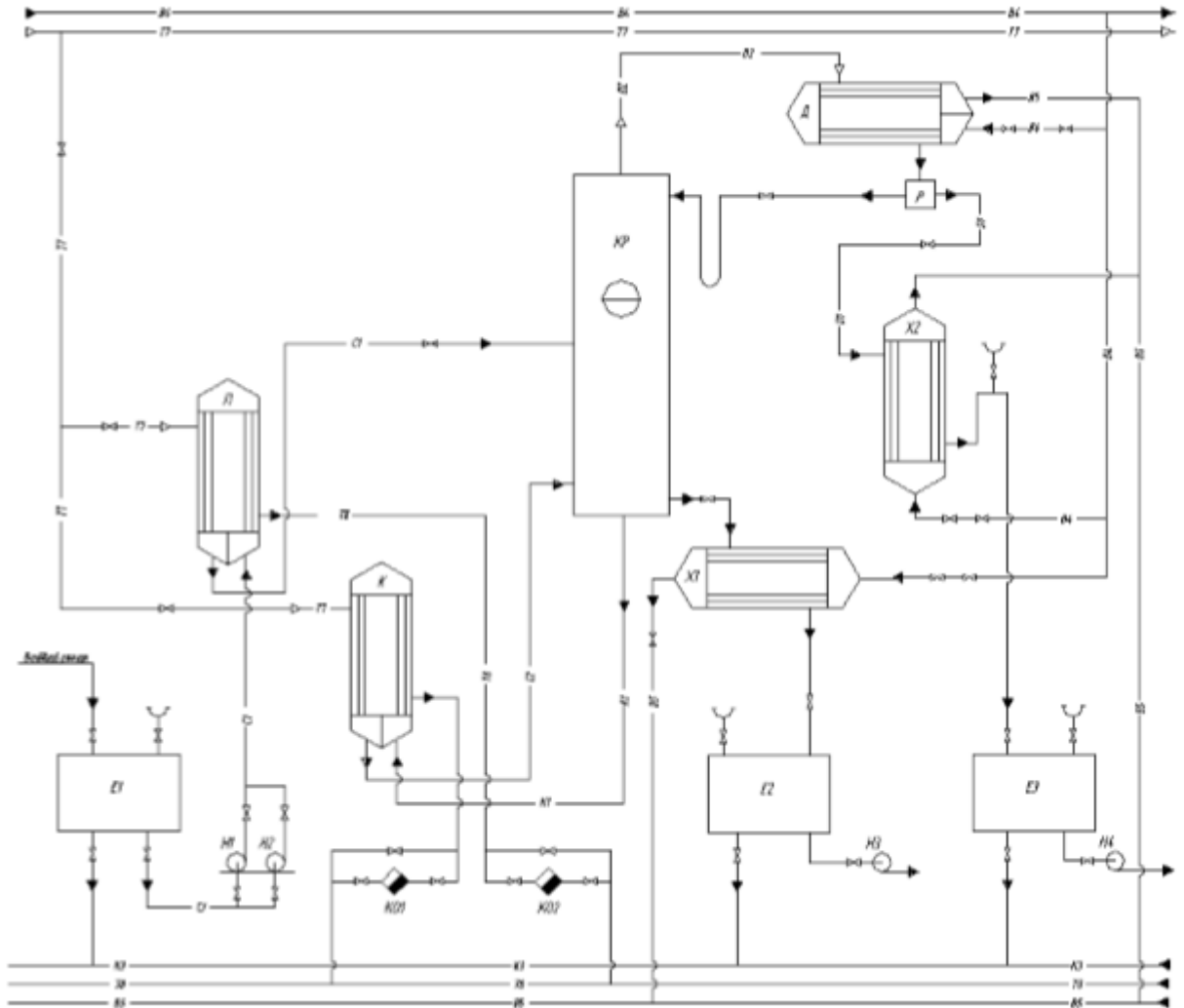


Рисунок 2.1 - Технологічна схема ректифікаційної установки

2.1 Опис роботи технологічної схеми

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

де склад рідини дорівнює складу початкової суміші x_F . Стікаючи вниз по колоні, рідина взаємодіє з парою, що піднімається вгору, яка утворюється при кипінні кубової рідини в кип'ятильнику К. 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_r , що отримується в дефлегматоре Д шляхом конденсації пари, що виходить з колони. Частина конденсату виводиться з дефлегматора у вигляді готового продукту розділення – дистилляту, який охолоджується в холодильнику Х2 і прямує в проміжну ємність Є3. З кубової частини колони безперервно виводиться кубова рідина – продукт збагачений труднолетучим компонентом, який охолоджується в холодильнику Х1 і прямує в ємність Є2. Таким чином, в ректифікаційній колоні відбувається безперервний нерівноважний процес розділення початкової бінарної суміші на дистиллят і кубовий залишок.

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

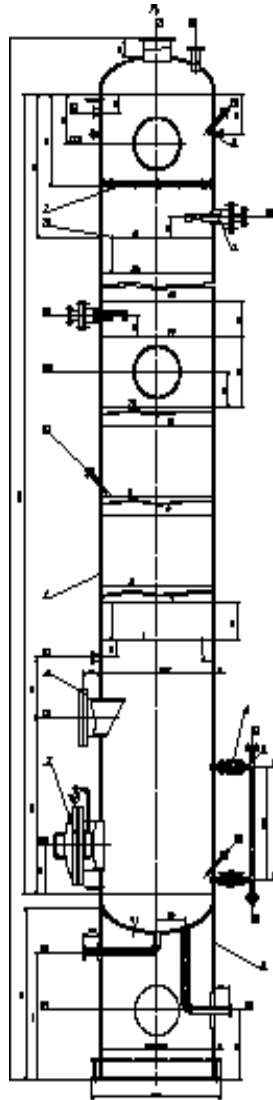


Рисунок 2.2 – Колона ректифікації

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

Колона працює наступним чином:

У ректифікаційні колони подаються пари рідин, що переганяються. Вони піднімаються знизу, а в режимі протитечії назустріч парам йде рідина, яка конденсується нагорі в холодильнику. У випадку, якщо речовина розганки складається з двох компонентів, кінцевими продуктами є дистилят, що виходить з верхньої частини колони і кубовий залишок (менш летючий компонент у рідкому вигляді, що виходить з нижньої частини колони).

Ситуація ускладнюється, якщо необхідно розділити суміш, що складається з великої кількості фракцій.

В даній роботі ми будемо розглядати кожухотрубний теплообмінник-холодильник дистиляту який на технологічній схемі під номером- X2

Опис конструкції холодильника дистиляту

Апарати, призначені для проведення теплообмінних процесів, називають теплообмінними. Їх застосовують для робочих середовищ із різним агрегатним станом у широкому діапазоні тисків, температур та фізико-хімічних властивостей. Передача тепла в теплообмінних апаратах здійснюється від середовища, що має більш високу температуру, до середовища з більш низькою температурою.

Холодильник дистиляту – кожухотрубчастий теплообмінний апарат з температурним компенсатором на кожусі вертикальний одноходовий по трубах (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.

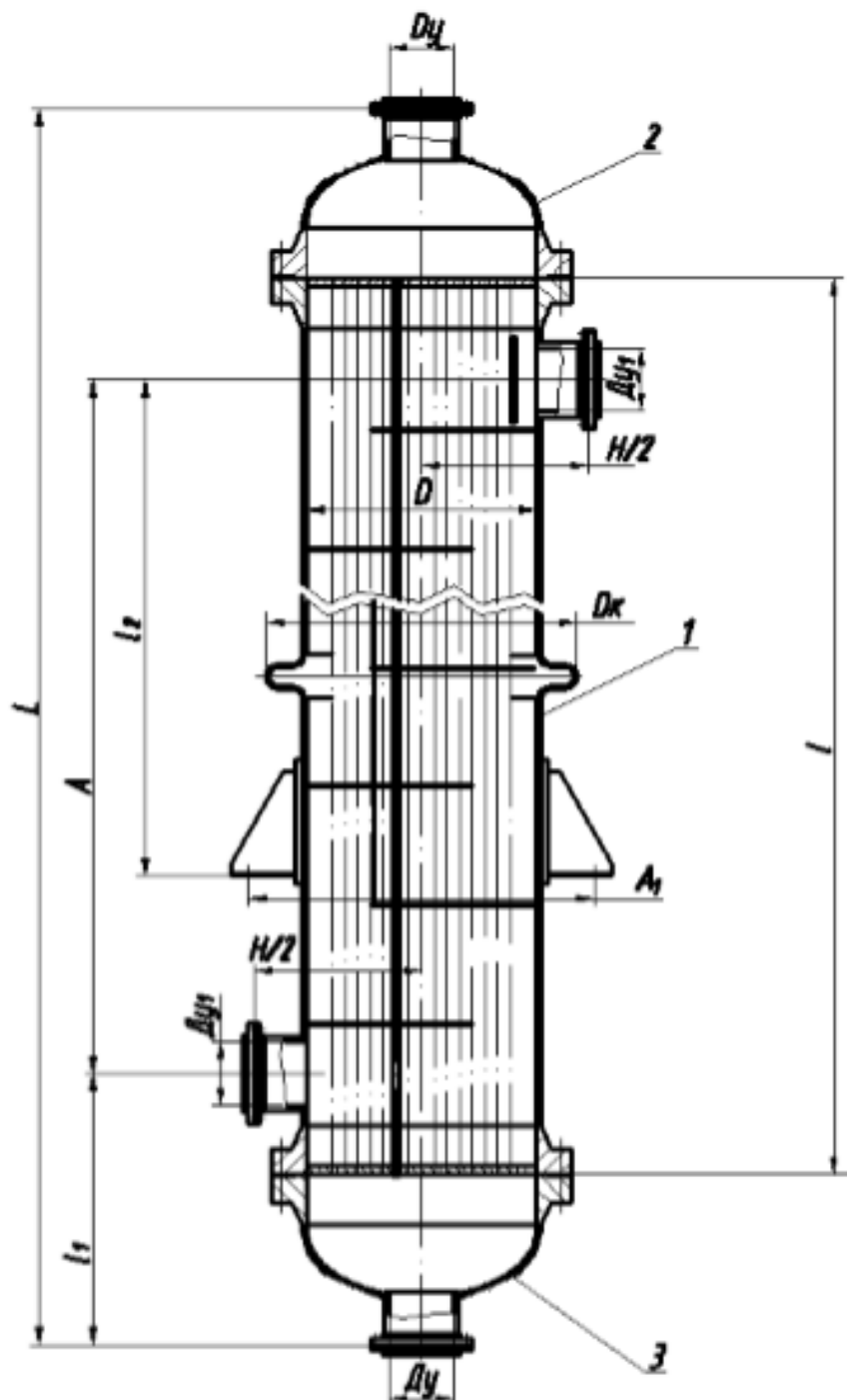


Рисунок 2.3 – Кожухотрубчастий теплообмінний апарат з температурним компенсатором на кожусі вертикальний одноходовий по трубах

До корпусу по торцях приварені трубні решітки, в яких закріплені теплообмінні труби. В основному труби в решітках кріпляться розвальцьовуванням або якимсь іншим способом залежно від матеріалу труб і тиску в апараті. Трубні решітки закриваються кришками на прокладках і

болтах або шпильках. На корпусі є патрубки, через які один теплоносій проходить через міжтрубний простір. Другий теплоносій через патрубки на кришках рухається по трубах. У багатоходовому теплообміннику в корпусі і кришках встановлені перегородки для підвищення швидкості теплоносіїв.

3 Конструкційні матеріали для виготовлення холодильника.

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

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

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

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

Для виготовлення обичайки корпусу і камери застосовуємо сталь 10 за ГОСТ 380-94. Для виготовлення трубних решіток застосовуємо сталь 20 за ГОСТ 5520-74. Матеріал труб для виготовлення патрубків корпусу і камер, матеріал теплообмінних труб – сталь 10 за ГОСТ 8732-78.

Матеріал кріпильних виробів (болтів) по рекомендаціях 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 ст3сп5 по ГОСТ 380-94.

4. Розрахунок тарілчастої ректифікаційної колони для розподілу суміші метанол-вода

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

концентрація води:

у вихідній суміші	- $x_F = 46,5\%$ (мас.),
в дистилляте	- $x_d = 98,5\%$ (мас.),
в кубовому залишку	- $x_W = 1,8\%$ (мас.).

Температура:

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

Тиск насиченої водяної пари - 5 кгс/см²,

Коефіцієнт надлишку флегми - 1,8

Діаметр отв. $d_0=12\text{мм}$, $W=1,4\text{м/с}$, $\text{КПД}=0,75$, $h=0,5\text{м}$

Колона – тарілчаста сітчата.

Колона працює під атмосферним тиском .

Вихідна суміш і флегма вводяться в апарат при температурі кипіння .

4.1. Визначення продуктивності по вихідній суміші і дистилляту

Продуктивність колони по дистилляту

$$G_D = G_F \frac{\bar{x}_F - \bar{x}_W}{\bar{x}_D - \bar{x}_W} = 2250 \frac{0,465 - 0,018}{0,985 - 0,018} = 1040 \frac{\text{кг}}{\text{год}} = 0,288 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Продуктивність колони по кубовому залишку

$$G_W = G_F - G_D = 2250 - 1040 = 1210 \text{ кг/ч} = 0,336 \text{ кг/с}.$$

Перевірка:

$$2250 \cdot 0,465 = 1040 \cdot 0,985 + 1210 \cdot 0,018$$

$$1046 = 1046$$

4.2. Визначення мінімального і дійсного флегмового числа

Перераховуємо масові концентрації в молярний за формулою

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

Молярні маси: метиловий спирт – 32 кг/кмоль.

Вода – 18 кг/кмоль.

Тоді концентрація вихідної суміші :

$$x_F = \frac{\frac{\bar{x}_F}{M_A}}{\frac{\bar{x}_F}{M_A} + \frac{1-\bar{x}_F}{M_B}} = \frac{\frac{0,465}{32}}{\frac{0,465}{32} + \frac{1-0,465}{18}} = 0,32 = 32,7$$

Дистиляту

$$x_D = \frac{\frac{\bar{x}_D}{M_A}}{\frac{\bar{x}_D}{M_A} + \frac{1-\bar{x}_D}{M_B}} = \frac{\frac{0,985}{32}}{\frac{0,985}{32} + \frac{1-0,985}{18}} = 0,974 = 97,4$$

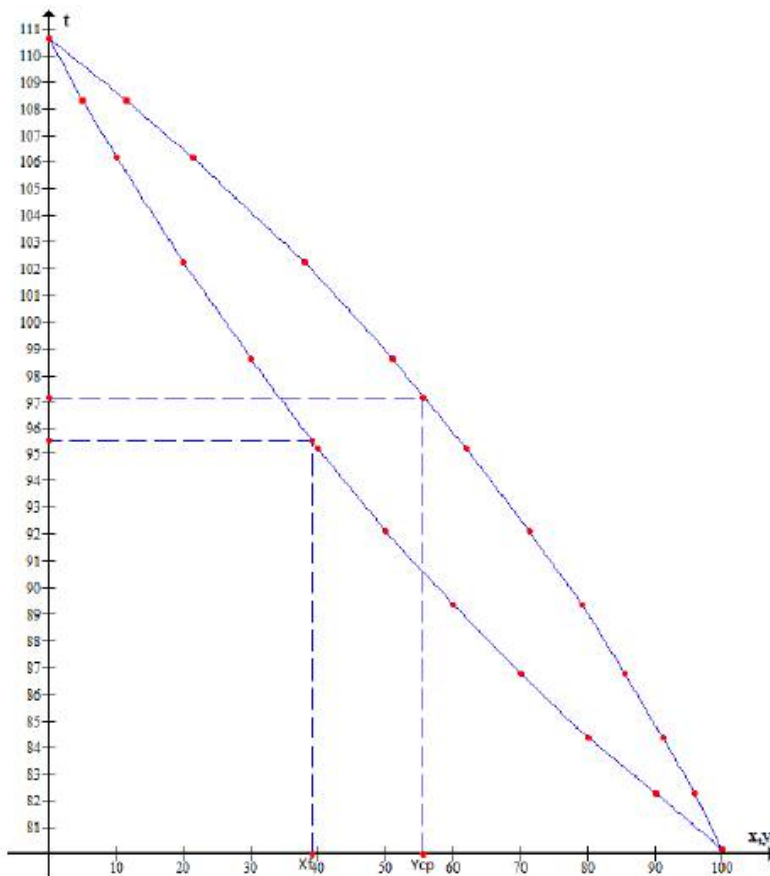
Кубового залишку :

$$x_W = \frac{\frac{\bar{x}_W}{M_A}}{\frac{\bar{x}_W}{M_A} + \frac{1-\bar{x}_W}{M_B}} = \frac{\frac{0,018}{32}}{\frac{0,018}{32} + \frac{1-0,018}{18}} = 0,0101 = 1,01$$

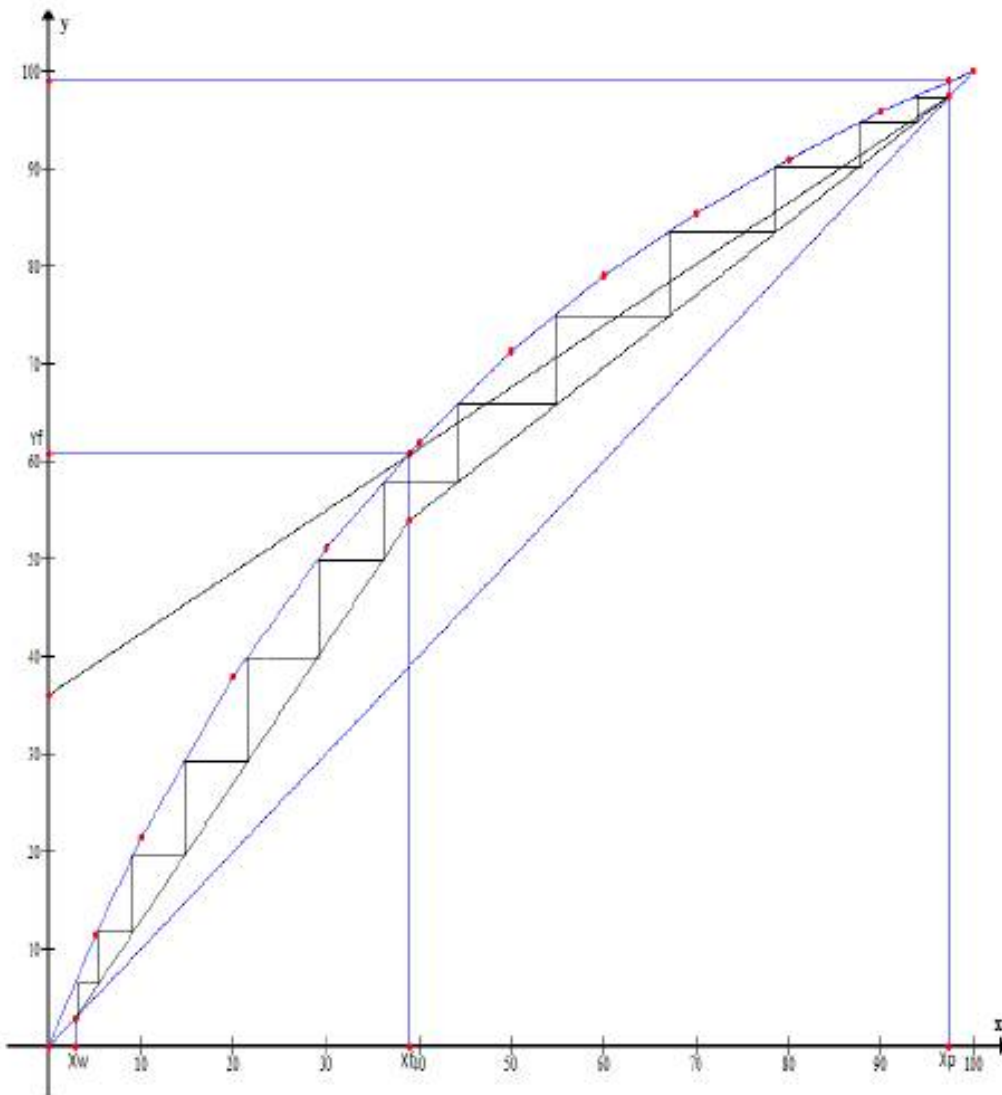
Мінімальна флегмова число визначаємо графо - аналітичним способом . Для цього на підставі досвідчених даних, в координатах у - х будуємо криву рівноваги для суміші метанол-вода при атмосферному тиску і криву температур стосу - ня і конденсації. Дані по рівноваги для інших бінарних сумішей наведені в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

Таблиця 3.1 - Рівноважні дані для суміші метиловий спирт – вода.

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



4.2,5 Графік залежності t от x,y



На діаграмі $y-x$ з точки 1 ($x_d = y_d$) через точку 2' (X_F, y_{F^*}) проводимо пряму лінію до перетину з віссю y . Відрізок, що відсікається на осі y , позначимо через $b_{\max} = 0,53$. За величиною цього відрізка знаходимо мінімальне флегмове число (формула 2.6):

$$R_{\min} = (X_d / b_{\max}) - 1 = (0,974 / 0,53) - 1 = 0,837$$

Дійсне флегмове число , використовуючи рівняння (2.7)

$$R = K_R \cdot R_{\min} = 1,8 \cdot 0,833 = 1,5$$

На діаграмі у-х наносимо лінії робочих концентрацій (робочі лінії) для оптимального флегмового числа $R = 1,5$ (рис. 3.3): для цього на осі у відкладаємо відрізок

$$B = \frac{x_p}{R+1} = \frac{0,974}{1,5+1} = 0,388 = 38,9,$$

кінець якого з'єднуємо прямою з точкою 1 ($x_d = y_d$); точку перетину цієї прямої з вертикальною лінією, проведеної з абсциси XF, позначимо точкою 2 (XF, yF) і, нарешті, крапку 2 з'єднуємо з точкою 3 ($x_W = y_W$). Лінії 1-2 і 2-3 є робочими лініями для верхньої і нижньої частин колони, відповідно.

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

Рідка фаза.

Середня мольна концентрація в нижній частині колони:

$$X_{cp}^n = \frac{X_W + X_F}{2} = \frac{0,0101 + 0,327}{2} = 0,168.$$

Середня мольна концентрація у верхній частині колони:

$$X_{cp}^e = \frac{X_F + X_p}{2} = \frac{0,327 + 0,974}{2} = 0,651.$$

Середня мольна концентрація по колоні:

$$X_{cp} = \frac{X_{cp}^n + X_{cp}^e}{2} = \frac{0,168 + 0,651}{2} = 0,410.$$

Середня масова концентрація по колоні:

$$\alpha_{cp} = \frac{x_{cp} \cdot M_A}{x_{cp} \cdot M_A + (1 - x_{cp}) \cdot M_B}, \quad (3.1)$$

$$\alpha_{cp} = \frac{0,410 \cdot 32}{0,410 \cdot 32 + (1 - 0,410) \cdot 18} = 0,55.$$

Середня температура у нижній частині колони:

$$t_{xcp}^H = \frac{t_{XW} + t_{XF}}{2} = \frac{99 + 77,5}{2} = 88,25 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Середня температура у верхній частині колонни:

$$t_{xcp}^6 = \frac{t_{XF} + t_{XP}}{2} = \frac{77,5 + 65}{2} = 71,25 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Середня температура по колоні:

$$t_{Xcp} = \frac{t_{xcp}^H + t_{xcp}^6}{2} = \frac{88,25 + 71,25}{2} = 79,25 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

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

Середня мольна маса:

$$M_{xcp} = M_A \cdot x_{cp} + M_B \cdot (1 - x_{cp})$$

$$M_{xcp} = 32 \cdot 0,410 + 18 \cdot (1 - 0,410) = 23,74 \text{ кг/кмоль}.$$

Середня густина рідини визначається за формулою:

$$\rho_{xcp} = \frac{\rho_A \cdot \rho_B}{\rho_B \cdot \alpha_{cp} + \rho_A (1 - \alpha_{cp})}, \quad (3.2)$$

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

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

$\rho_B = 972,16 \text{ кг/м}^3$.

$$\rho_{xcp} = \frac{736,3 \cdot 972,16}{972,16 \cdot 0,410 + 736,3(1 - 0,410)} = 860 \text{ кг/м}^3$$

Середню в'язкість розраховують за рівнянням:

$$\lg \mu_{xcp} = x_{cp} \cdot \lg \mu_A + (1 - x_{cp}) \cdot \lg \mu_B$$

де μ_A и μ_B – динамічні коефіцієнти в'язкості компонентів А та В, Па·с. $\mu_A = 0,29$ мПа·с, $\mu_B = 0,358$ мПа·с при $t_{\text{сер}} = 79,65$ °С

$$\lg \mu_{x \text{ сер}} = 0,410 \cdot \lg 0,29 + (1 - 0,410) \cdot \lg 0,358 = -0,482$$

$$\mu_{x \text{ сер}} = 0,33 \text{ мПа} \cdot \text{с} = 0,32 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

Середній поверхневий натяг визначаємо за рівнянням:

$$\sigma_{x \text{ ср}} = \sigma_A \cdot X_{\text{ср}} + \sigma_B \cdot (1 - X_{\text{ср}}), \quad (3.3)$$

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

$$\sigma_A = 17,683 \cdot 10^{-3} \text{ н/м при } t_{x \text{ ср}} = 79,25 \text{ °С [1, с. 526]; Додаток Б.}$$

$$\sigma_B = 62,671 \cdot 10^{-3} \text{ н/м.}$$

$$\sigma_{x \text{ ср}} = 17,683 \cdot 10^{-3} \cdot 0,410 + 62,671 \cdot 10^{-3} (1 - 0,410) = 44,22 \cdot 10^{-3} \text{ н/м.}$$

Коефіцієнти дифузії при середній температурі $t_{x \text{ сер}}$ визначають за рівнянням [1]:

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

де $D_{x(20)}$ – коефіцієнт дифузії при $t = 20$ °С, м²/с;

$$b = \frac{0,2\sqrt{\mu}}{\sqrt[3]{\rho}}, \text{ тут } \mu \text{ [мПа} \cdot \text{с]} \text{ и } \rho \text{ [кг/м}^3\text{]} – \text{ в'язкість та густина розчинника (води)}$$

при $t = 20$ °С;

$$t = t_{x \text{ сер}}.$$

Коефіцієнт дифузії при 20 °С розраховують за емпіричним рівнянням [3]:

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

де V_A и V_B – мольні об'єми компонентів А и В, см³/моль;

A, B – коефіцієнти, які залежать від властивостей компонентів, A = 1,19; B = 4,7 (див. табл. 5 Додаток А).

$$b = \frac{0,2\sqrt{\mu}}{\sqrt[3]{\rho}} = \frac{0,2\sqrt{1,005}}{\sqrt[3]{998}} = 0,02.$$

Мольні об'єми компонентів (див. Додаток):

$$V_A = 18,9 \text{ см}^3/\text{моль};$$

$$V_B = 14,8 + 4 \cdot 3,7 + 7,4 = 37,0 \text{ см}^3/\text{моль}.$$

$$D_{x(20)} = \frac{1 \cdot 10^{-6}}{1,19 \cdot 4,7 \cdot \sqrt{1,005} (37^{1/3} + 18,9^{1/3})^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{32} + \frac{1}{18}} = 1,465 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}.$$

$$D_{x(t)} = 1,465 \cdot 10^{-9} \cdot [1 + 0,02 \cdot (79,65 - 20)] = 3,21 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}.$$

Парова фаза.

Середня мольна концентрація у нижній частині колони:

$$y_{cp}^H = \frac{y_W + y_F}{2} = \frac{0,0101 + 0,58}{2} = 0,30$$

Середня мольна концентрація у верхній частині колони:

$$y_{cp}^6 = \frac{y_F + y_P}{2} = \frac{0,58 + 0,974}{2} = 0,77.$$

Середня мольна концентрація по колоні:

$$y_{cp} = \frac{y_{cp}^H + y_{cp}^6}{2} = \frac{0,30 + 0,77}{2} = 0,535.$$

Середня температура у нижній частині колони:

$$t_{y_{cp}}^H = 91,6^\circ\text{C}$$

Середня температура у верхній частині колони:

$$t_{y_{cp}}^e = 73,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Середня температура по колоні:

$$t_{y_{cp}} = 82,55 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Середня мольна маса

$$\begin{aligned} M_{y_{cp}} &= M_A \cdot y_{cp} + M_B \cdot (1 - y_{cp}) = 32 \cdot 0,535 + 18 \cdot (1 - 0,535) = \\ &= 25,5 \text{ кг/кмоль}. \end{aligned}$$

Середня густина:

$$\rho_{y_{cp}} = \frac{M_{y_{cp}}}{22,4} \cdot \frac{P}{P_0} \cdot \frac{T_0}{T}, \quad (3.6)$$

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

$$\rho_{y_{cp}} = \frac{25,5}{22,4} \cdot \frac{1}{1,033} \cdot \frac{273}{(273 + 82,55)} = 0,838 \text{ кг/м}^3.$$

Середня в'язкість [1]:

$$\frac{M_{y_{cp}}}{\mu_{y_{cp}}} = \frac{y_{cp} \cdot M_A}{\mu_{yA}} + \frac{(1 - y_{cp}) \cdot M_B}{\mu_{yB}},$$

де μ_{yA} и μ_{yB} – динамічні коефіцієнти в'язкості пари компонентів А та В;

$\mu_{yA} = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$, $\mu_{yB} = 1,15 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$ при $t_{y_{cp}} = 82,55 \text{ } ^\circ\text{C}$ (див. Номограму 1 Додаток А).

$$\frac{25,5}{\mu_{y_{cp}}} = \frac{0,535 \cdot 32}{1,2 \cdot 10^{-5}} + \frac{(1 - 0,535) \cdot 18}{1,15 \cdot 10^{-5}},$$

$$\mu_{y_{cp}} = 1,186 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}.$$

Коефіцієнт дифузії для паровій фази визначають за рівнянням [3]:

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

де $P = 1 \text{ кгс/см}^2$ (тиск у колоні атмосферний);

$T = 273 + t_{y \text{ сep}}, \text{ } ^\circ\text{C}$.

$$D_y = \frac{4,3 \cdot 10^{-7} \cdot 355,45^{3/2}}{1 \cdot (37^{1/3} + 18,9^{1/3})^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{32} + \frac{1}{18}} = 2,38 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$$

4.4.Визначення діаметру колони

Діаметр колони визначаємо за рівнянням (2.8).

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

$$V_y = \frac{G_y}{\rho_{y \text{ сp}}} = \frac{G_p \cdot (R+1)}{\rho_{y \text{ сp}}} = \frac{1040 \cdot (1,5+1)}{3600 \cdot 0,838} = 0,861 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Тоді діаметр колони:

$$D = \sqrt{\frac{V_y}{0,785 \cdot W}} = \sqrt{\frac{0,861}{0,785 \cdot 1,4}} = 0,885 \text{ м}.$$

Приймаємо $D=0,8 \text{ м}$. та уточнюємо швидкість пари у колоні

$$W = \frac{V_y}{0,785 \cdot D^2} = \frac{0,861}{0,785 \cdot 0,8^2} = 1,714 \text{ м/с}.$$

4.5.Визначення висоти колони

Кількість дійсних тарілок

$$n_d = \frac{n_T}{\text{к.п.д.}} = \frac{10}{0,75} = 14$$

$n_T=10$ (теоретичних тарілок) – визначаємо по діаграмі х,у.

Висоту колони визначаємо за рівнянням (2.10)

$$H = (n - 1) \cdot h + H_{\text{сеп}} + H_{\text{куб}} = (14 - 1) \cdot 0,5 + 0,8 + 2,0 = 9,3 \text{ м}$$

4.6. Визначення гідравлічного опору колони з сітчатими тарілками

Гідравлічний опір ректифікаційної колони визначаємо за рівнянням (2.20):

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

Для сітчастої тарілки приймаємо: діаметр отворів $d_o = 12$ мм, висота перелива $h_{\text{пер}} = 30$ мм, вільний перетин тарілки $F_o = 0,08$ (8%).

Гідравлічний опір сітчастої тарілки визначаємо за рівнянням (2.22).

$$\Delta P_{\text{сyx}} = \zeta \frac{W_o^2 \cdot \rho_{\text{ycp}}}{2} = 1,82 \frac{21,42^2 \cdot 0,835}{2} = 350 \text{ Па.}$$

Швидкість пара в отворах:

$$W_o = \frac{W_0}{F_o} = \frac{1,714}{0,08} = 21,42 \text{ м/с}$$

$$\Delta P_{\sigma} = \frac{4\sigma}{1,3d_o + 0,08d_o^2} = \frac{4 \cdot 44,22 \cdot 10^{-3}}{1,3 \cdot 0,02 + 0,08 \cdot 0,02^2} = 11,3 \text{ Па.}$$

Для визначення статичного тиску рідини на тарілці визначаємо витрату рідкої фази у нижній частині колони:

$$L = G_{\text{р}} \cdot R + G_{\text{ф}} = 1040 \cdot 1,5 + 2250 = 3810 \text{ кг/ч}$$

або у об'ємному виразі $4,43 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Для колони $D = 0,8$ м довжина зливного борту $l_{\text{сл}} = \Pi = 0,570$ м (див.

Додаток В), тоді інтенсивність потоку $\frac{L}{l_{\text{сл}}} = \frac{4,43}{0,570} = 7,77 \frac{\text{м}^3}{\text{ч} \cdot \text{м}}$.

Так як $\frac{L}{l_{cl}} = 7,77 > 5 \frac{м^3}{ч \cdot м}$, тоді $m = 10000$.

Тоді за рівнянням (2.25):

$$\begin{aligned}\Delta P_{cm} &= 1,3 \left[K \cdot h_{nep} + \sqrt[3]{K \left(\frac{L}{m \cdot l_{cl}} \right)^2} \right] \cdot \rho_{xcp} \cdot g = \\ &= 1,3 \left[0,5 \cdot 0,03 + \sqrt[3]{0,5 \left(\frac{4,43}{10000 \cdot 0,570} \right)^2} \right] \cdot 860 \cdot 9,81 = 164,5 \text{ Па.}\end{aligned}$$

Гідравлічний опір однієї тарілки

$$\Delta P_T = \Delta P_{cух} + \Delta P_{\sigma} + \Delta P_{ct} = 350 + 11,3 + 164,5 = 526 \text{ Па.}$$

Гідравлічний опір колони:

$$\Delta P_K = n \cdot \Delta P_T = 10 \cdot 526 = 5260 \text{ Па.}$$

Раніше прийнята відстань між тарілками $h = 0,5$ м перевіряємо за співвідношенням (2.26):

$$h > 1,8 \cdot \Delta P_T / \rho_{xcp} \cdot g,$$

$$1,8 \cdot \frac{526}{5260 \cdot 9,81} = 0,0101 \text{ м,}$$

$$0,5 > 0,0101$$

умова виконується.

4.7. Теплові розрахунки

4.7.1. Підігрівач вихідної суміші

Рівняння теплового балансу для підігрівача:

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

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

t_{XF} – температура кипіння вихідної суміші;

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

Питома теплоємність вихідної суміші

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

де C_A , C_B – питомі теплоємності сірковуглецю та чотирьоххлористого вуглецю при середній температурі $t_{XF}^{cp} = 47,75^\circ\text{C}$;

$$C_A = 0,63 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}; C_B = 1 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}, [1, \text{с. 562}]; \text{таблиця Б.7 Додатки.}$$

$$C_F' = 0,465 \cdot 0,63 + (1 - 0,465) \cdot 1 = 0,82795 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} = 3468 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

$$Q = 1,05 \cdot G_F \cdot C_F' (t_{XF} - t_{нач}) = 1,05 \cdot \frac{2250}{3600} \cdot 3468 (77,5 - 18) = 136553 \text{ Вт.}$$

Витрати гріючої пари:

$$G_{г.п} = \frac{Q}{r} = \frac{136553}{2117 \cdot 10^3} = 0,064 \text{ кг/с,}$$

$$r = 2117 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \text{ при } P = 5 \text{ кгс/см}^2 [1, \text{с. 550}]; \text{таблиця Б.9 Додатки.}$$

Середня різниця температур

$$151 \longrightarrow 151,1$$

$$18 \longrightarrow 77,5$$

Температура насиченої водяної пари при $P = 5 \text{ кгс/см}^2$ складає 151°C [1, с. 550]; таблиця Б.9 Додатки.

Велика різниця температур:

$$\Delta t_{\delta} = 151,1 - 18 = 133,1 \text{ }^\circ\text{C};$$

менша різниця температур:

$$\Delta t_{\text{м}} = 151,1 - 77,5 = 74 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Так як $\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}} = \frac{131,1}{74} = 1,8 < 2$, тоді середню різницю температур

визначаєм за рівнянням (2.38):

$$\Delta t_{\text{cp}} = \frac{\Delta t_{\delta} + \Delta t_{\text{м}}}{2} = \frac{131,1 + 74}{2} = 102,5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Коефіцієнт теплопередачі приймаєм орієнтовно рівним $250 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ [6, с. 47].

Поверхня теплообміну підігрівача вихідної суміші

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{\text{cp}}} = \frac{136553}{250 \cdot 102,5} = 5,25 \text{ м}^2.$$

Вибирають одноходовий кожухотрубчастий теплообмінник із наступними характеристиками [7, с. 51]:

- діаметр кожуха 273 мм;
- труба $\text{Ø } 20 \times 2$ мм;
- кількість труб в теплообміннику 61 шт.;
- довжина труб 1 м;
- поверхня теплообміну $5,25 \text{ м}^2$.

4.7.2 .Дефлегматор

Витрата теплоти, що віддається охолоджуючій воді при конденсації пари у дефлегматорі, визначається з теплового балансу дефлегматора:

$$Q_d = G_d \cdot (R + 1) \cdot r_d = G_B \cdot C_B \cdot (t_k - t_n),$$

тут $r_d = x_d \cdot r_A + (1 - x_d) \cdot r_B$.

Питомі теплоти пароутворення сірковуглецю r_A та чотирьоххлористого вуглецю r_B при $t_{Xd}=65$ °С:

$$r_A = 1109,2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}; r_B = 2347 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}, [1, \text{с. 542}]; \text{таблица Б.8 Додатки.}$$

$$R_d = 0,985 \cdot 1109,2 + (1 - 0,985) \cdot 2347 = 1128 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

$$Q_d = \frac{1040}{3600} \cdot (1,5 + 1) \cdot 1128 \cdot 10^3 = 0,818 \cdot 10^6 \text{ Вт.}$$

Приймаємо температуру охолоджуючої води на виході з дефлегматора 25°С, тоді витрати охолоджуючої води

$$G_B = \frac{Q_d}{C_B \cdot (t_k - t_n)} = \frac{0,818 \cdot 10^6}{4190 \cdot (25 - 12)} = 15,02 \text{ кг/с.}$$

Середня різниця температур при протivotочній схемі руху теплоносіїв:

$$65^\circ\text{C} \quad \longrightarrow \quad 65^\circ\text{C}$$

$$25^\circ\text{C} \quad \longleftarrow \quad 12^\circ\text{C}$$

Велика різниця температур:

$$\Delta t_{\delta} = 65 - 12 = 53^\circ\text{C};$$

менша різниця температур:

$$\Delta t_{\text{м}} = 65 - 25 = 40^\circ\text{C}.$$

Так як $\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}} = \frac{55}{45} = 1,325 < 2$, то

$$\Delta t_{\text{cp}} = \frac{\Delta t_{\delta} + \Delta t_{\text{м}}}{2} = \frac{53 + 40}{2} = 47^\circ\text{C}.$$

Приймаємо орієнтовно коефіцієнт теплопередачі $K = 500 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ [6, с. 47].

Поверхня теплообміну дефлегматора:

$$F = \frac{Q_D}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{0.818 \cdot 10^6}{500 \cdot 47} = 35 \text{ м}^2.$$

Вибирають чотириходовий кожухотрубчастий теплообмінник із наступними характеристиками [7, с. 51]:

- діаметр кожуха 600 мм;
- труба $\text{Ø } 25 \times 2$ мм;
- кількість труб в теплообміннику 196 шт.;
- довжина труб 3 м; поверхня теплообміну 35 м^2 .

4.7.3. Холодильник дистиллята

Витрати теплоти, що віддаються охолоджуючій воді у водяному холодильнику дистиллята, 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_d – теплоємність дистиллята при його середній температурі $(t_{Xd} + t_{d \text{ кон}})/2$;

$t_{d \text{ кон}}$ – кінцева температура дистиллята після холодильника, $^{\circ}\text{C}$ (за умовою завдання).

$$C_d = x_d \cdot C_A + (1 - x_d) \cdot C_B,$$

$$C_A = 0,65 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}}; C_B = 1 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}}, \text{ при середній температурі}$$

$$t_{cp} = \frac{t_{Xd} + t_{d \text{ кон}}}{2} = 43^{\circ}\text{C}; [1, \text{ с. } 562]; \text{ таблиця Б.7 Додатки.}$$

$$C_d = 0,985 \cdot 0,65 + (1 - 0,985) \cdot 1 = 0,655 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}} = 2744,4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

$$Q = G_D \cdot c_D' \cdot (t_{XD \text{ п}} - t_{XD \text{ к}}) = \frac{1040}{3600} \cdot 2744,4 (65 - 20) = 35814,42 \text{ Вт.}$$

Витрати охолоджуючої води при нагріванні її на 15 °С у холодильнику товарного дистиллята:

$$G_B = \frac{Q}{C_B \cdot (t_k - t_n)} = \frac{3581442}{4190 \cdot (27 - 12)} = 0,57 \text{ кг/с.}$$

Середня різниця температур при протivotочній схемі руху теплоносіїв:

$$65 \text{ }^\circ\text{C} \longrightarrow 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$27 \text{ }^\circ\text{C} \longleftarrow 12 \text{ }^\circ\text{C}$$

Велика різниця температур:

$$\Delta t_{\bar{o}} = 65 - 27 = 38 \text{ }^\circ\text{C};$$

Меньша різниця температур:

$$\Delta t_m = 20 - 12 = 8 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Так як $\frac{\Delta t_{\bar{o}}}{\Delta t_m} = \frac{38}{8} = 4,75 > 2$, то середню різниця температур визначаємо

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\bar{o}} + \Delta t_m}{\ln \frac{\Delta t_{\bar{o}}}{\Delta t_m}} = \frac{38 - 8}{1,55} = 19,4 \text{ }^\circ\text{C}.$$

При орієнтовному значенні $K = 400 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ поверхня теплообміна холодильника товарного дистиллята складе

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{35814,42}{400 \cdot 19,4} = 4,6 \text{ м}^2$$

Вибирають одноходовий кожухотрубчастий теплообмінник із наступними характеристиками [7, с. 51]:

- діаметр кожуха 273 мм;
- труба $\text{Ø } 25 \times 2$ мм;
- кількість труб в теплообміннику 32 шт.;
- довжина труб 1,5 м;
- поверхня теплообміну 5 м^2 .

4.7.4. Холодильник кубового залишку.

Витрати теплоти, що віддаються охолоджуючій воді у водяному холодильнику кубового залишку, визначаються з рівняння теплового балансу:

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

де C_w – теплоємність кубового залишка при його середній температурі $(t_{X_w} + t_{W_{\text{кон}}})/2$;

$t_{W_{\text{кон}}}$ – кінцева температура кубового залишка після холодильника, °С (за умовою завдання).

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

$C_A = 0,63 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$; $C_B = 1 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$, при середній температурі $t_{cp} = \frac{t_{X_w} + t_{W_{\text{кон}}}}{2} = \frac{99 + 20}{2} = 59,5 \text{ } ^\circ\text{C}$; [1, с. 562]; таблиця Б.7 Додатки.

$$c_w' = 0,018 \cdot 0,63 + (1 - 0,018) \cdot 1 = 0,993 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} = 4160 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

$$Q = G_w \cdot c_w' \cdot (t_{X_{W\Pi}} - t_{X_{W\text{к}}}) = \frac{1210}{3600} \cdot 4160 (99 - 20) = 110460 \text{ Вт}.$$

Витрати охолоджуючої води при нагріванні її на 15 °С у холодильнику кубового залишка:

$$G_w = \frac{Q}{C_B \cdot (t_k - t_n)} = \frac{110460}{4160 \cdot (27 - 12)} = 1,8 \text{ кг/с}.$$

Середня різниця температур при протivotочній схемі руху теплоносіїв:

99 °C → 20 °C

27 °C ← 12 °C

Велика різниця температур:

$$\Delta t_{\delta} = 99 - 27 = 72 \text{ °C};$$

менша різниця температур:

$$\Delta t_{\text{м}} = 20 - 12 = 8 \text{ °C}.$$

Так як $\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}} = \frac{72}{8} = 9 > 2$, то середню різницю температур визначаємо

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln(\Delta t_{\delta} / \Delta t_{\text{м}})} = \frac{72 - 8}{\ln 72 / 8} = 29,1 \text{ °C}.$$

При орієнтовном значенні $K = 400 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ [6, с. 47], поверхня теплообміна холодильника кубового залишку складе

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{\text{ср}}} = \frac{110460}{400 \cdot 29,1} = 9,5 \text{ м}^2.$$

Вибирають одноходовий кожухотрубчастий теплообмінник із наступними характеристиками [7, с. 51]:

- діаметр кожуха 325 мм;
- труба $\text{Ø } 20 \times 2$ мм;
- кількість труб в теплообміннику 100 шт.;
- довжина труб 1,5 м;
- поверхня теплообміну $9,5 \text{ м}^2$

4.7.5. Кип'ятильник

Кількість теплоти $Q_{\text{к}}$, котре потрібно подати в куб колони, визначається з рівняння теплового балансу колони:

$$Q_{\text{к}} = Q_{\text{д}} + G_{\text{д}} \cdot C_{\text{д}} \cdot t_{\text{Xd}} + G_{\text{W}} \cdot C_{\text{W}} \cdot t_{\text{Xw}} - G_{\text{F}} \cdot C_{\text{F}} \cdot t_{\text{XF}} + Q_{\text{пот.}}$$

Теплові втрати приймаємо 3% від корисно витрачаємої теплоти;

питомі теплоємкості взяті відповідно при $t_{xp} = 65^\circ\text{C}$, $t_{xF} = 77,5^\circ\text{C}$, $t_{xw} = 99^\circ\text{C}$.

$$C_d = x_d \cdot C_A + (1 - x_d) \cdot C_B = 0,985 \cdot 0,65 + (1 - 0,985) \cdot 1 = \\ = 0,655 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} = 2744,4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

$$C_F = x_F \cdot C_A + (1 - x_F) \cdot C_B = 0,465 \cdot 0,66 + (1 - 0,465) \cdot 1,003 = \\ = 0,843 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} = 3534,2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

$$C_W = x_W \cdot C_A + (1 - x_W) \cdot C_B = 0,018 \cdot 0,7 + (1 - 0,018) \cdot 1,005 = \\ = 0,998 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} = 4188 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

$$Q_K = 1,03(0,818 \cdot 10^6 + \frac{1040}{3600} \cdot 2744,4 \cdot 65 + \frac{1210}{3600} \cdot 4188 \cdot 99 - \\ - \frac{2250}{3600} \cdot 3534,2 \cdot 77,5) = 1160130 \text{ Вт}.$$

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

$$G_{z.n} = \frac{Q_K}{r} = \frac{1160130}{2117 \cdot 10^3} = 0,548 \text{ кг/с}.$$

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

$$\Delta t_{cp} = 151,1 - 99 = 52,1^\circ\text{C}.$$

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

$$F = \frac{Q_k}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{1160130}{2000 \cdot 52,1} = 11,13 \approx 12 \text{ м}^2.$$

Вибирають одноходовий кожухотрубчастий теплообмінник із наступними характеристиками [7, с. 51]:

- діаметр кожуха 600 мм;
- труба Ø 25x2 мм;
- кількість труб в теплообміннику 196 шт.;
- довжина труб 3 м;
- поверхня теплообміну 11,5 м².

Примітка:

При розрахунку поверхні кип'ятильника температура кипіння кубової рідини $t_{xw} = 99 \text{ °C}$ взята при атмосферному тиску. Не враховано збільшення температури кипіння кубової рідини у зв'язку зі збільшенням тиску в кубі колони на величину $\Delta P_k = 0,1-0,15 \text{ кгс/см}^2$.

4.7.6. Визначення діаметрів штуцерів колони

Внутрішній діаметр штуцера визначають за рівнянням (2.41).

Штуцер виходу пари з колони:

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

де $V_y = 0,861 \text{ м}^3/\text{с}$ (см. розділ 3.5).

Приймають $W_y = 15 \text{ м/с}$, тоді

$$d = \sqrt{\frac{0,861}{0,785 \cdot 15}} = 0,270 \text{ м.}$$

Стандартний розмір труби для виготовлення штуцера Ø273 x 10 мм, [7, с. 17].

Штуцер подачі флегми до колони:

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

$$V_{\phi} = \frac{G_R}{\rho_A} = \frac{G_D \cdot R}{\rho_A} = \frac{1040 \cdot 1,5}{3600 \cdot 751} = 0,58 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Так як швидкість потоку приймають орієнтовно, то можна прийняти густину флегми рівній густині чистого метилового спирту: $\rho_A = 751 \text{ кг/м}^3$ при $t = 65 \text{ }^\circ\text{C}$.

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

$$d = \sqrt{\frac{1,31 \cdot 10^{-3}}{0,785 \cdot 0,5}} = 0,062 \text{ м}.$$

Стандартний розмір труби для виготовлення штуцера $\text{Ø } 38 \times 3 \text{ мм}$, [7, с. 17].

Штуцер подачі вихідної суміші до колони:

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

$$\rho_F = \frac{\rho_A \cdot \rho_B}{\rho_B \cdot \bar{x}_F + (1 - \bar{x}_F) \cdot \rho_A}$$

$$V_F = \frac{G_F}{\rho_F};$$

при $t_{XF} = 77,5 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\rho_F = \frac{738,5 \cdot 973,5}{973,5 \cdot 0,465 + (1 - 0,465) \cdot 738,5} = 848,01 \text{ кг/м}^3,$$

$$V_F = \frac{2250}{3600 \cdot 848,01} = 0,73 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Приймають $W_F = 0,8 \text{ м/с}$, тоді

$$d = \sqrt{\frac{0,73 \cdot 10^{-3}}{0,785 \cdot 0,8}} = 0,034 \text{ м}.$$

Стандартний розмір труби для виготовлення штуцера $\text{Ø}32 \times 3 \text{ мм}$, [7, с. 17].

Штуцер підводу парорідинної суміші до колони, яка виходить з кип'ятильника:

Для розрахунку діаметру парорідинного трубопроводу рекомендують наближену формулу:

$$d = d_{\text{вн}} \cdot \sqrt{n_{\text{тр}}}$$

де $d_{\text{вн}}$ – внутрішній діаметр труби трубчатки кип'ятильника, м;

$n_{\text{тр}}$ – загальне число труб трубчатки кип'ятильника, шт. (див. розділ 3.9.5.)

$$d = 0,273 \cdot \sqrt{61} = 2,2 \text{ м}.$$

Стандартний розмір труби для виготовлення штуцера $\text{Ø}219 \times 6 \text{ мм}$, [7, с. 17].

Штуцер виходу кубової рідини з колони, що далі надходить до кип'ятильника:

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

$$V_{\text{кип}} = \frac{G_F + G_R - G_W}{\rho_B} = \frac{2250 + 1040 \cdot 1,5 - 1210}{3600 \cdot 958,85} = 0,75 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Приймаємо $W_{\text{кип}} = 0,3$ м/с, тоді

$$d = \sqrt{\frac{0,75 \cdot 10^{-3}}{0,785 \cdot 0,3}} = 0,017 \text{ м.}$$

Стандартний розмір труби для виготовлення штуцера $\text{Ø}180 \times 2$ мм, [7, с. 16].

Штуцер виходу кубового залишку з колони:

$$d = \sqrt{\frac{V_w}{0,785 \cdot W_w}},$$

$$V_w = \frac{G_w}{\rho_w} = \frac{1210}{3600 \cdot 958,85} = 3,51 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с.}$$

$\rho_w = 958,85$ кг/м³ – густина води при 99 °С.

Приймаємо $W_w = 0,3$ м/с, тоді

$$d = \sqrt{\frac{3,51 \cdot 10^{-4}}{0,785 \cdot 0,3}} = 0,038 \text{ м.}$$

Стандартний розмір труби для виготовлення штуцера $\text{Ø}38 \times 3$ мм, [7, с. 17].

4.7.7. Розрахунок та вибір ємностей установки

Приймають, що установка повинна безперервно роботи протягом $\tau=6$ годин=21600 с, а наповненість ємностей повинна складати 80% від їх повного об'єму ($K=0,8$).

Ємність вихідної суміші

$$V = \frac{G_F \cdot \tau}{K \cdot \rho_{x \text{ сеп}}^{20}} \frac{0,625 \cdot 21600}{0,8 \cdot 895} = 19, \text{ м}^3$$

де $G_F = 0,625$ кг/с;

$\rho_A = 792$ кг/м³ – густина метилового спирту при 20 °С;

$\rho_B = 998$ кг/м³ – густина води при 20 °С;

$K = 0,465$;

$$\rho_{x \text{ сеп}}^{20} = \frac{792 \cdot 998}{0,465 \cdot 998 + (1 - 0,465)792} = 895 \text{ кг/м}^3$$

Вибирають ємність із каталогу [8] ГЭЭ-50-0,6-1-К-0,7.

Ємність дистиляту

$$V = \frac{G_D \cdot \tau}{K \cdot \rho_a^{20}} \frac{0,288 \cdot 21600}{0,8 \cdot 792} = 9,85 \text{ м}^3$$

де $G_D = 0,288$ кг/с;

Вибирають ємність із каталогу [8] ГЭЭ-25-0,6-1-К-0,9

Ємність кубового залишку

$$V = \frac{G_W \cdot \tau}{K \cdot \rho_b^{20}} \frac{0,336 \cdot 21600}{0,8 \cdot 998} = 9,09 \text{ м}^3 \text{ де } G_W = 0,336 \text{ кг/с; } _ \text{Вибирають ємність із}$$

каталогу [8] ГЭЭ-25-0,6-1-К-0,9.

5 Аналіз впливу конструктивних особливостей контактних пристроїв на розміри колонного апарата

В даній роботі потрібно було розрахувати колонну з сітчастими тарілками з діаметром отворів на тарільці $d_0=12$ мм. За розрахунками ректифікаційної колони я отримав діаметр колони рівним $D=0,8$ м, висота колони складає $H=9300$ мм.

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

Щоб побудувати графік потрібно знайти робочий об'єм за формулою:

$$V = H \cdot S$$

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

$$D_{роз}=1,355$$

$$N_D = 13$$

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

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

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

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

$$D_{роз} = 0,885 \text{ м}$$

$$N_D = 14$$

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

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

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

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

$$D_{роз} = 1,2 \text{ м}$$

$$N_D = 20$$

$$H = (N_D - 1) \cdot 0.5 = 9,5 \text{ м}$$

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

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

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

$$D_{\text{роз}} = 1,52 \text{ м}$$

$$N_{\text{д}} = 14$$

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

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

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

Побудуємо графік та визначимо оптимальний варіант:

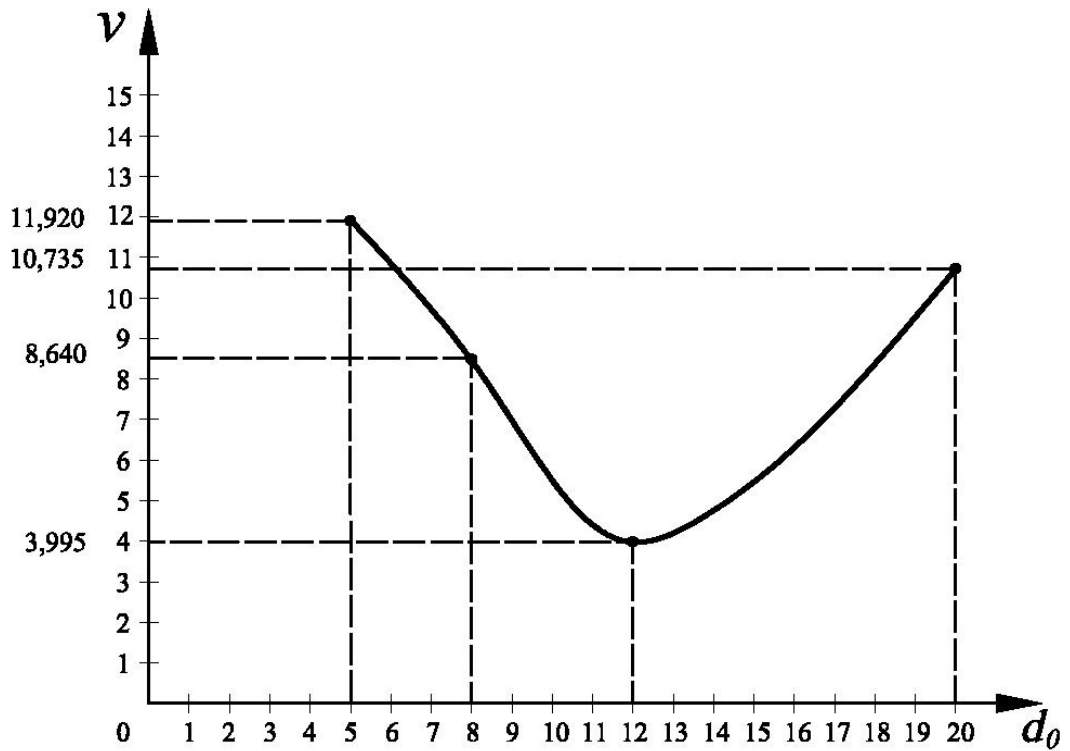


Рисунок 5.1 – Залежності об'єму від діаметру отворів

Таблиця 5.1 – Діаметрів отворів та об'єму

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

Доцільно використовувати колону ректифікації з діаметром отворів на сітчастій тарільці $d_0=12$ мм. Тому що в цьому варіанті найменший робочий об'єм а отже і менша металоємність. З усіх чотирьох варіантів цей найбільш оптимальній

6 РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ ЗАДАНОГО АПАРАТА

6.1 Вихідні дані

Тип апарата	Н
Наружний діаметр кожуха D , мм	273
Довжина теплообмінних труб l , мм	1500
Зовнішній діаметр теплообмінної труби d , мм	12
Товщина стінки труби S мм	2
Число ходів по трубах	1
Розрахунковий тиск в трубному просторі, МПа	0,4
Розрахункова температура труб, °С	38
Розрахункова температура кожуха, °С	65
Матеріал кожуха	Сталь 10
Матеріал розподільної камери	Сталь 10
Матеріал теплообмінних труб	Сталь 10
Матеріал трубної решітки	Сталь 10
Матеріал перегородок	Сталь 20
Група теплообмінника	1

6. Розрахунок на міцність, жорсткість та стійкість

6.2. Розрахунок на міцність, жорсткість та стійкість

Розрахункова температура

Визначаємо розрахункову температуру розподільної камери

$$t_{\text{кам}} = 2 \cdot t_k - t_t \quad (6.1)$$

$$t_{\text{кам}} = 2 \cdot 65 - 38 = 92^\circ \text{C}$$

Визначаємо розрахункову температуру ізольованих фланців

$$t_{\phi} = t, \quad (6.2)$$

де t – розрахункова температура апарата, °C.

Розрахункову температуру ізольованих фланців і фланців штуцерів розподільної камери теплообмінника приймаємо рівною температурі розподільної камери, тобто $t_{\phi} = t_{кам} = 92^{\circ}C$

Розрахункову температуру ізольованих фланців штуцерів кожуха приймаємо рівною температурі середовища міжтрубного простору тобто $t_{\phi} = t_{к} = 92^{\circ}C$

Розрахункова температура болтів для ізольованих фланцевих з'єднань

$$t_{\sigma} = 0,97 \cdot t \quad (6.3)$$

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

$$t_{\sigma} = 0,97 \cdot 38 = 36,86^{\circ}C$$

Розрахункова температура болтів фланцевих з'єднань штуцерів міжтрубного простору

$$t_{\sigma} = 0,97 \cdot 92 = 89,24^{\circ}C$$

Допустимі напружини

Таблиця 6.1 – Допустимі напружини матеріалів деталей теплообмінника

Елементи апарата	Матеріал	Допустимі напружини, МПа		Відношення допустимих напружин $[\sigma]_{20}/[\sigma]$
		при температурі 20 °C $[\sigma]_{20}$	при розрахунковій температурі $[\sigma]$	
Кожух	Сталь 10	100	92	1,09
Трубна	Сталь 10	120	105	1,01

решітка				
Труби	Сталь 10	130	128,5	1,01
Фланці апаратні	Сталь 20	147	145,5	1,01
Фланці штуцерів трубного простору	Сталь 20	147	145,5	1,01
Фланці штуцерів міжтрубного простору	Сталь 20	137	122	1,02
Шпильки	Сталь 35	130	126	1,01
Гайки	Сталь 20	124	120	1,05

Визначаємо пробний тиск, при якому проводиться випробування апарата

$$P_{np} = 1,25 \cdot P \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]}; \quad (6.4)$$

Для трубного простору

$$P_{np} = 1,25 \cdot 0,4 \cdot 1,15 = 0,575 \text{ МПа}$$

Гідростатичний тиск при випробуванні трубного простору теплообмінника складає

$$P_{гтр} = \rho_v \cdot g \cdot H_c \cdot 10^{-6}, \quad (6.5)$$

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

$$P_{гтр} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,596 \cdot 10^{-6} = 0,0057 \text{ МПа}$$

Гідростатичний тиск при випробуванні трубного простору

$$P_{гтр} = 0,014 \leq 0,05 P_{np} = 0,05 \cdot 0,575 = 0,0287 \text{ МПа}$$

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

$$P_{im} = P_{np} = 0,575 \text{ МПа}$$

Умова

$$P_{im} = 0,575 \text{ МПа} \leq 1,35 P_m \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,35 \cdot 0,4 \cdot 1,15 = 0,621 \text{ МПа}$$

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

Для міжтрубного простору

$$P_{нрк} = 1,25 \cdot P_k \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,25 \cdot 0,4 \cdot 1,04 = 0,52 \text{ МПа}$$

Гідростатичний тиск при випробування міжтрубного простору

$$P_{гк} = \rho_v \cdot g \cdot H_k \cdot 10^{-6}; \quad (5) \quad (6.6)$$

$$P_{ГК} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,596 \cdot 10^{-6} = 0,0058 > 0,05P_{прк} = 0,05 \cdot 0,52 = 0,026 \text{ МПа}$$

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

$$P_{ік} = P_{прк} + P_{ГК} = 0,52 + 0,0058 = 0,5258 \text{ МПа}$$

Умова

$$P_{ік} = 0,5258 \leq 1,35 \cdot P_{к} \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,35 \cdot 0,4 \cdot 1,04 = 0,5616 \text{ МПа}$$

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

Коефіцієнти міцності зварних швів

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

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

Добавки до розрахункових величин

Суми добавок до розрахункових величин визначаємо за формулою

$$C = C_1 + C_2,$$

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

C_2 – добавка для компенсації мінусового
допуску, мм.

Добавку для компенсації корозії та ерозії C_1 розраховуємо за формулою

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

де Π – швидкість проникнення корозії, мм/рік;

τ – розрахунковий строк служби
– теплообмінника, років;

C_3 – добавка для компенсації ерозії, мм.

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

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

Добавка для компенсації корозії складає:

– для труб з боку трубного та міжтрубного просторів

$$C_{1m} = 0 \text{ мм};$$

– для кожуха

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

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

Приймаємо добавку до компенсації мінусового допуску для труб

$$C_{2т} = 0,5 \text{ мм}, \text{ для кожуха } C_2 = 0,6 \text{ мм}.$$

6.3 Розрахунок кожуха теплообмінника

Розрахунок товщини стінки циліндричної обичайки кожуха теплообмінника

Визначаємо розрахункову товщину стінки кожуха від дії внутрішнього тиску

$$S_{PK} = \frac{P_K \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p - P_K'} \quad (6.7)$$

$$S_{PK} = \frac{0.4 \cdot 273}{2 \cdot 92 \cdot 1.0 - 0.4} = 0,594 \text{ мм}$$

Визначаємо виконавчу товщину стінки кожуха

$$S \geq S_p + C; \quad (6.7)$$

Відповідно галузевому стандарту приймаємо виконавчу товщину стінки кожуха рівною $S_K = 6 \text{ мм}$. Додаток для компенсації мінусового допуску для сталевих листів товщиною 6 мм складає $C_2 = 0,6 \text{ мм}$. Додаток

$$C_2 = 0,6 > 0,05 \cdot S = 0,3 \text{ мм} \quad (6.8)$$

враховуємо, так як вона перевищує 5% від номінальної товщини листа.

Сума додатків до розрахункової товщини стінки кожуха складає

$$C_K = C_{1K} + C_{2K}; \quad (6.9)$$

$$C_K = 0,5 + 0,6 = 1,1 \text{ мм.}$$

Остаточно приймаємо виконавчу товщину стінки кожуха рівною $S_K = 6 \text{ мм}$.

Визначаємо допустимий внутрішній надлишковий тиск в кожусі

$$[P] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p \cdot (S - C)}{D + (S - C)}; \quad (6.10)$$

$$[P] = \frac{2 \cdot 92 \cdot 1 \cdot (6 - 1,1)}{273 + (6 - 1,1)} = 3,291 \text{ МПа}$$

Умова міцності

$$P = 0,4 \leq [P]_K = 3,291 \text{ МПа} \text{ виконується.}$$

виконується.

Умова застосування розрахункових формул

$$\frac{S - C}{D} = \frac{6 - 1,1}{273} = 0,017 \leq 0,1$$

виконується .

6.4. Розрахунок лінзового компенсатора

Умови застосування розрахункових формул

$$\frac{S_l}{d_n} = \frac{4}{408} = 0,009 \leq 0,035;$$

$$1,08 \leq \frac{D_l}{d_n} = \frac{658}{408} = 1,61 \leq 3,00;$$

$$\frac{2r}{D_l - d_n} = \frac{2 \cdot 22}{658 - 408} = 0,176 \leq 0,4$$

виконуються.

Визначення допоміжних величин

Розрахунковий діаметр западини хвилі компенсатора розраховуємо за формулою

$$d_1 = d_n - S_l = 408 - 4 = 404 \text{ мм.}$$

Розрахунковий діаметр гребеня хвилі компенсатора визначаємо за формулою

$$d_2 = D_l - S_l = 658 - 4 = 654 \text{ мм.}$$

Середній радіус тороїдального переходу хвилі компенсатора розраховуємо за формулою

$$r_s = 0,5(2r + S_l) = 0,5(2 \cdot 22 + 4) = 24 \text{ мм.}$$

Допоміжну величину впливу переходу розраховуємо за формулою

$$\rho_n = 2 - 100 \cdot \frac{r_s}{d_1 + d_2} = 2 - 100 \cdot \frac{24}{404 + 654} = 0,27 \text{ мм.}$$

Розрахункову ширину пластинчастої зони хвилі компенсатора визначаємо за формулою

$$b_n = 0,5(d_2 - d_1 + \rho_n \cdot r_s) = 0,5 \cdot (654 - 404 + 0,27 \cdot 24) = 128,24 \text{ мм.}$$

Радіус закруглення пластинчастої зони хвилі компенсатора розраховуємо за формулою

$$R_o = 0,25(d_2 + d_1 - 2b_n) = 0,25 \cdot (654 + 404 - 2 \cdot 128,24) = 801,52 \text{ мм.}$$

Середній діаметр хвилі компенсатора визначаємо за формулою

$$d_{cp} = 0,5(d_2 + d_1) = 0,5 \cdot (654 + 404) = 529 \text{ мм.}$$

Характеристики хвилі обчислюємо за формулами :

$$\xi = \frac{d_2}{d_1} - 1 = \frac{654}{404} - 1 = 0,61;$$

$$\eta = \frac{d_2 - d_1}{2r_s} - 2 = \frac{654 - 404}{2 \cdot 24} - 2 = 3,20;$$

$$\alpha = S_n / d_1 = 4 / 404 = 0,09;$$

$$\lambda = b_n / R_o = 128,24 / 801,52 = 0,159;$$

$$\gamma = 1 + 1,25 \cdot \frac{d_2}{d_1} - \frac{3,2 \cdot r_s}{d_2 - d_1} = 1 + 1,25 \cdot \frac{654}{404} - \frac{3,2 \cdot 24}{654 - 404} = 2,72.$$

Розрахунок компенсатора на міцність

Розрахункову товщину S_3 , мм, розраховуємо за формулою

$$\begin{aligned} S_3 &= 0,25(d_2 - d_1 - \gamma \cdot r_s) \cdot \sqrt{P / [\sigma_n]} = \\ &= 0,25 \cdot (654 - 404 - 2,72 \cdot 24) \cdot \sqrt{0,4 / 160} = 1,15 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Розрахункову товщину стінки компенсатора S_4 , мм, визначаємо за формулою (7.115)

$$S_4 = \frac{P \cdot d_{cp}}{2[\sigma]_l \cdot \varphi} \cdot \frac{L}{d_2 - d_1 + 2l_k + 2,3 r_s} =$$

$$= \frac{0,4529}{2 \cdot 160 \cdot 1} \cdot \frac{106}{654 - 404 + 2 \cdot 4,2 + 2,3 \cdot 24} = 0,26 \text{ мм.}$$

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

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

$$= 0,26 \cdot \sqrt{0,5 + \sqrt{0,25 + (1,15 / 0,26)^4}} = 1,16 \text{ мм.}$$

Суму добавок до розрахункової товщини стінки лінзового компенсатора при її товщині $S_l = 4,0$ мм приймаємо рівною 0 мм.

Виконавчу товщину стінки лінзового компенсатора розраховуємо за формулою

$$S_l \geq S_{np} + C_l = 1,16 + 0,5 = 2,66 \text{ мм.}$$

Допустимий тиск $[P]_1$ визначаємо за формулою

$$[P]_1 = 16 \left(\frac{S_l - C_l}{d_2 - d_1 - \gamma \cdot r_s} \right)^2 \cdot [\sigma]_l =$$

$$= 16 \cdot \left(\frac{4 - 0,5}{654 - 404 - 2,72 \cdot 24} \right)^2 \cdot 160 = 0,9 \text{ МПа.}$$

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

$$[P]_2 = \frac{2[\sigma]_l \cdot \varphi \cdot (S_l - C_l)}{d_{cp}} \cdot \frac{d_2 - d_1 + 2l_k + 2,3 \cdot r_s}{L} =$$

$$= \frac{2 \cdot 160 \cdot 1 \cdot (4 - 0,5)}{529} \cdot \frac{654 - 404 + 2 \cdot 4,2 + 2,3 \cdot 24}{106} = 6,26 \text{ МПа.}$$

Допустимий тиск визначаємо за формулою (116)

$$[P]_n = \frac{[P]_l}{\sqrt{1 + \left(\frac{[P]_l}{[P]_2}\right)^2}} = \frac{0.9}{\sqrt{1 + \left(\frac{0.9}{6.26}\right)^2}} = 0,88 \text{ МПа}$$

7 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ХОЛОДИЛЬНИКА ДИСТИЛЯТУ

Виготовлення основних елементів апарата

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

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

Зборку поздовжнього стику роблять гідравлічними струбцинами. Після приварки на ролюкооперах вхідної й вихідної планки звареним трактором виконується зварювання внутрішнього шва на флюсовій подушці, а після зачищення кореня шва зварюється зовнішній поздовжній шов. Після зварювання зовнішнього шва на стенді шов зачищають, знімають посилення й видаляють вхідну й вихідну планки. Далі обичайка подається до листозгинальної машини на виправлення, зварні шви контролюються ультразвуковою дефектоскопією. Отвори в обичайці під штуцера обробляють вирізкою газовим різакм з попередньою розміткою.

Виготовлення еліптичних днищ

Розміри й форма днищ повинні відповідати ГОСТ 6533-78.

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

Формовку днища методом штампування на пресах проводять у наступному порядку. Заготівля за допомогою транспортера подається в нагрівальну піч для рівномірного нагрівання до необхідної температури. Температурний інтервал штампування 850-950 0С. Нагріта заготівля спеціальними захватами витягається з печі й подається на транспортер, за допомогою якого транспортується до штампа, що перебуває під пресом. Штмп складається із циліндричного пуансона з еліпсоїдною торцевою поверхнею, виконаної за формою кулі. Під час штампування, пуансон, рухаючись униз тягне заготовку через матрицю.

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

Встановлення штуцерів

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

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

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

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

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

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

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

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

Патрубок прихоплюється й потім приварюється до фланця.

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.

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 Уобразных 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 лущення металу на внутрішній поверхні труби не допускаються.

Зварювання труб з трубними решітками

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

Випробування після виготовлення

Після виготовлення теплообмінника перед здачею його в експлуатацію необхідно зробити випробування на щільність і міцність. Усе теплообмінні труби мають бути піддані гідравлічним випробуванням на підприємстві-виготовнику. При відсутності в сертифікатах даних про гідравлічні випробування підприємство-виготівник теплообмінних апаратів зобов'язано

провести вибіркві гідравлічні випробування відповідно до вимог ГОСТ 3845-75 по 3 % труб від кожної партії, але не менше 5 труб. При отриманні незадовільних результатів хоча б однієї з труб проводять повторні випробування на подвійній кількості труб, взятих із тієї ж партії.

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

Гідровипробування проводиться водою з температурою не нижче +5°C і не вище +40°C. При заповненні теплообмінника водою, повітря повинне бути цілком вилучене.

Тиск при випробуванні повинний контролюватися двома манометрами.

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

Час витримки теплообмінника під пробним тиском залежить від товщини стінки апарата і складає 10 хвилин. Після витримки теплообмінника під пробним тиском, його знижують до розрахункового, при якому проводиться огляд зовнішньої поверхні теплообмінника, усіх його роз'ємних і зварних сполук.

8 РЕМОНТ ТЕПЛООБМІННИКА

Методи виконання планово-попереджувальних ремонтів

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

1. По місцю виконання робіт:

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

2. По методу підготовки і проведення ремонтів:

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

3. По плануванню ремонтів в часі:

- ремонт устаткування підприємства, рівномірно розосереджений протягом року. Забезпечує найвигідніше завантаження ремонтних цехів і бригад;
- ремонт виконується в період зупинки спільний для всіх або більшості одиниць устаткування цеху (виробництва). Цей варіант характерний для виробництв, що безперервно діють;
- ремонти плануються на час року (сезон) найбільш сприятливий для виробництва ремонтних робіт, або протягом якого має місце недовантаження виробництва (ТЕЦ, холодильні станції, установки, устаткування яких розміщене поза будівлями).

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

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

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

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

Розбирання холодильника, виявлення і усунення дефектів

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

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

При ремонті внутрішні поверхні очищають від бруду й інших відкладень.

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

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

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

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

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

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

При ремонті корпусів використовують ручне електродугове зварювання, крім того може бути використане автоматичне й напівавтоматичне зварювання. Зварні шви, що виконуються при ремонті, повинні забезпечувати необхідну міцність і бути доступними для контролю. Їх розташовують поза опорою корпуса.

Перетинання зварних швів, що проводяться ручним електродуговим зварюванням не допускається.

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

Дефектні днища при неможливості їхнього ремонту на місці заміняють новими.

При ремонті часто необхідно відновити поверхні ущільнювачів трубних решіток і фланців, що мають пошкодження, наприклад, у наслідок корозії металу. Ці роботи можна виконувати, не відрізуючи фланці, спеціальним переносним пристроєм, розробленим ВНІПТхімнафтоапаратури.

Пристрій є зварною конструкцією, що містить корпус, яким він кріпиться на оброблюваному фланці, і план-шайбу із змонтованою на ній кареткою з рецедержателем. Пристрій можна кріпити до фланців, розташованих у вертикальній і горизонтальній площині; універсальний затиск дозволяє кріпити його на фланцях різних зовнішніх діаметрів.

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

Порушення герметичності може бути викликане розгерметизацією труби і вузла кріплення. У першому випадку текцію легко усунути установкою конічних пробок з обох боків дефектної труби. Такі пробки завдовжки 40—60 мм застосовують для герметизації труб зовнішнім діаметром 10—28 мм з вуглецевих і корозійно-стійких сталей, латуні, монеля. Для холодильників,

конденсаторів і інших апаратів при робочій температурі середовища не вище 105°C рекомендуються пробки з фібри, що розбухає при контакті з водою і надійно ущільнює місце течії. Застосування конічних пробок скорочує час простою установок. При плановому ремонті і заміні дефектних труб пробки видаляють і велику частину їх використовують повторно.

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

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

Трьохроликівий розвальцьовочний інструмент з регульованою глибиною розвальцьовування набув в даний час найбільшого поширення як у нас, так і за рубежом. У пазах корпусу, що розташовані під кутом 120° один до іншого і під кутом ϕ (де $\phi = 1^{\circ}30' - 4^{\circ}30'$) до подовжньої осі інструменту, обертаються ролики, що утримуються від випадання завальцьованими краями пазів. У середині корпусу обертається і переміщається в осьовому напрямі веретено з фіксуючою гайкою. Гвинт фіксує в корпусі положення підшипникового упору, що складається з нерухомої обойми, підшипника, стопорного кільця і різьбового упору, що обертається разом з корпусом. Глибину розвальцьовування регулюють перекриттям підшипниковим упором частини довжини роликів переміщенням по різьбленню упору

Ремонт вузла кріплення труб до трубної решітки

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

металу труб (у цих випадках, якщо дозволяє робоча температура, успішно застосовують клеєвальцьовочні з'єднання), руйнування захисного покриття (для труб оцинкованих, алюмінізованих і ін.), що призводить до необхідності розвальцьовування через тонкостінні проміжні втулки.

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

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

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

Труби видаляють найчастіше вручну з використанням облямовування. Для цього висвердлюють трубу приблизно на три довжини розвальцьованої частини, зменшуючи при цьому товщину її стінки. Для тонких труб висвердлювання не обов'язкове. Після цього між трубою і внутрішньою поверхнею отвору решітки забивають спеціальне облямовування, яке деформує стінку труби. Ретельність в установці і роботі цим інструментом запобігає пошкодженню отвору трубних решіток. Потім облямовуванням трубу вибивають з трубних решіток.

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

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

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

нереверсивного двигуна) і пристрою для фіксації развальцьовочного інструменту.

9 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

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

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

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

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

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

4 Хімічні опіки при попаданні агресивних речовин на шкіру.

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

6 Обмороження при зіткненні із зрідженими газами.

7 Поразка електричним струмом при несправності електроустаткування.

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

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

10 Шкідливі викиди в робочу зону та водоймища

Ремонтно – монтажні роботи

Виведення в ремонт устаткування (або демонтаж при виключенні з схеми) здійснюється по письмовому розпорядженню начальника цеху. На підставі письмового розпорядження заступник начальника цеху

встановлює і підписує порядок виведення устаткування в ремонт або посилається на відповідні розділи інструкції.

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

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

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

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

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

При установці заглушок ремонтною службою цеху механік (майстер) несе відповідальність за дотримання ремонтною службою правил техніки безпеки і пожежної безпеки при виконанні цієї роботи і за якість установки заглушок.

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

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

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

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

видалити їх з цеху або небезпечної зони.

Організація робочого місця

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

Проведення робіт на висоті

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

Роботи, які виконуються на висоті більш 5м від поверхні землі, перекриття або робочого настилу, безпосередньо з конструкції, устаткування, машин і механізмів при їх монтажі і ремонті мають проводитися із застосуванням запобіжного поясу (поясу верхолаза).

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

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

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

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

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

Проведення зварювальних і вогневих робіт

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

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

Кожна вогнева робота, що проводиться в плановому порядку, складається з двох етапів: підготовка об'єкту до проведення вогневої роботи безпосереднє проведення вогневої роботи.

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

Відповідальний за проведення вогневих робіт зобов'язаний:

- перевірити у виконавців наявність і справність засобів індивідуального захисту, інструменту і пристосувань, їх відповідність виконуваний роботі, наявність посвідчень і талонів – попереджень;
- проводити інструктаж виконавців про правила безпечного ведення робіт; - забезпечити місце проведення робіт первинними засобами пожежогасінні.

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

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

Для проведення робіт усередині ємностей повинна призначатися бригада в складі не менш 2-х чоловік (працівник, спостережник). Газонебезпечні роботи усередині ємностей проводяться при постійній присутності газорятівного. Перебування усередині ємностей допускається, як правило, одній людині. При необхідності перебування

в ємкості більшого числа працівників мають бути розроблені, внесені до наряду-допуску і додатково здійснені заходи безпеки, що передбачають призначення що не менш одного спостерігаючого персонально на того, що одного працює в апараті, порядок входу і евакуації працівників, порядок розміщення шлангів, забірних патрубків протигазів, сигнально-рятувальних вірьовок, наявність засобів зв'язку і сигналізації на місці проведення робіт.

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

Експлуатація технологічного устаткування

Основною умовою безпечної експлуатації є дотримання обслуговуючим персоналом норм технологічного режиму, робочих інструкцій по охороні праці.

Перед пуском необхідно:

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

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

Апарат повинен бути зупинений у наступних аварійних випадках:

- 1) При підвищенні тиску або температурі вище величини, зазначеної в технічній характеристиці апарата.
- 2) При несправності приладів
- 3) При виявленні в основних елементах апарата тріщин, пропусків, випучин, розриву прокладок.

ВИСНОВКИ

В даній дипломній роботі розглянуто холодильник дистиляту установки ректифікації суміші метанол-вода продуктивністю 2,25 т/год.

а) На основі аналітичного огляду вибрана конструкція холодильника дистиляту, 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 нормативнотехнічною документацією;

г) Розглянуті питання технології виготовлення холодильника дистиляту, його монтаж і ремонт;

д) Висвітлені питання техніки безпеки.

ЛИТЕРАТУРА

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

Дытнерского Ю.И., 2-е изд-во. – М.: ЦИНИНЕФТЕХИММАШ, 1978. – С. 220.

12.Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии, 3-е изд. – М.: Химия, 1987. – 496 с.

13.І-23 Конструювання та розрахунок кожухотрубчастих теплообмінних апаратів: – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля. – 2006. – 208 с. В.В. Іванченко, О.І Барвін, Ю.М Штонда

