

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень	5
Вступ	6-7
1. Аналітичний огляд	
1.1 Перегонка рідини	8-9
1.2 Апаратурне оформлення процесів перегонки рідини	10-12
1.3 Конструкція теплообмінного обладнання	12-13
2. Опис технологічної схеми та конструкції обладнання	
2.1 Опис технологічної схеми та конструкції колони	14-16
2.2 Опис конструкції холодильника	16-17
3. Конструкційні матеріали для виготовлення холодильника	17-19
4. Визначення основних розмірів колони та холодильника	
4.1 Вихідні дані	20
4.2 Визначення продуктивності по дистиляту й кубовому залишку	20
4.3 Визначення мінімального й дійсного флегмового числа	21-25
4.4 Визначення середніх значень параметрів по колоні, фізико-хімічних і термодинамічних констант фаз	25-32
4.5 Визначення діаметра колони	32-33
4.6 Визначення висоти колони	33
4.7 Теплові розрахунки холодильника кубового залишку	33-45
5. Аналіз впливу конструктивних особливостей контактних пристроїв на розміри колонного апарата	45-47
6. Розрахунки на міцність елементів холодильника	
6.1 Вихідні дані	48
6.2 Розрахунки на міцність холодильника	49-54
6.3 Розрахунки кожуха холодильника	54-55
6.4 Визначення товщини трубних решіток	55-56
6.5 Визначення допоміжних величин	57
6.6 Розрахунки лінзового компенсатора	57-59
7. Технологія виготовлення холодильника	
7.1 Виготовлення обичайок	60-61
7.2 Виготовлення еліптичних днищ	61-64
7.3 Встановлення штуцерів	62-63
7.4 Збирання й зварювання корпусу	63
7.5 Кріплення труб в трубних решітках	65
7.6 Розвальцьовування труб	65
7.7 Зварювання труб з трубними решітками	65
7.8 Збирання холодильника	65
7.9 Випробування після виготовлення	65-67

8. Ремонт холодильника

- 8.1 Планово-попереджувальні ремонти для теплообмінного обладнання 67-70
- 8.2 Підготовчі роботи перед проведенням ремонту70-71
- 8.3 Розбирання апарата, виявлення й усунення дефектів71-72
- 8.4 Ремонт вузла кріплення труб до трубної решітки72-75

9. Техніка безпеки 76-79

Висновки80

Література81

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ОУ-5 – вуглекислотні вогнегасники;

ОХП-10 – вогнеганик пінний;

ОПС-10, ОППС-100 – вогнегасник порошковий

П – швидкість проникнення корозії;

C_A, C_B – питомі теплоємності;

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

D – діаметр, м;

E_d – теплоємність дистилляту, Дж/(кг·°C);

F – поверхня контакту, м;

G_d – витрата дистилляту, кг/с;

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

Θ_d – температура дистилляту, °C;

t – температура °C;

V_A, V_B – молярні обсяги компонентів;

w – швидкість потоку рідини, м/с;

ω – кутова швидкість с⁻¹;

X – концентрація низькокиплячого компонента;

M_A, M_B – молярна маса компонентів;

ρ_A і ρ_B – щільність компонентів;

μ_A и μ_B – динамічні коефіцієнти в'язкості компонентів;

σ_A и σ_B – поверхневі натягу компонентів;

H_c – висота стовпа води у трубному просторі;

C_1 – добавка для компенсації корозії та ерозії;

C_2 – добавка для компенсації мінусового допуску ;

τ – розрахунковий строк служби теплообмінника;

C_3 – добавка для компенсації ерозії;

Вступ

Ректифікація - один із способів розділення рідких сумішей, заснований на різному розподілі компонентів суміші між рідкою і паровою фазами. При ректифікації потоки пари і рідини, переміщаючись в протилежних напрямках (протитечією), багато разів контактують один з одним в спеціальних апаратах (колонах ректифікацій), причому частина пари, що виходить з апарату (або рідини) повертається назад після конденсації (для пари) або випару (для рідини). Такий протиточний рух контактуючих потоків супроводиться процесами теплообміну і масообміну, які на кожній стадії контакту протікають (у межі) до стану рівноваги; при цьому висхідні потоки пари безперервно збагачуються більш леткими компонентами, а стікаюча рідина — менш леткими. При витраті тієї ж кількості тепла, що і при дистиляції, ректифікація дозволяє досягти більшого витягання і збагачення по потрібному компоненту або групі компонентів. Вона широко застосовується як в промисловому, так і в лабораторному масштабах, часто в комплексі з ін. процесами розділення, такими, як абсорбція, екстракція, кристалізація.

Згідно із законом Рауля, і законом Дальтона, в умовах термодинамічної рівноваги концентрація якого-небудь i -го компонента в парі в K_i разів відрізняється від концентрації його в рідині, причому коефіцієнт розподілу $K_i = p_i / p$ (де p_i — парність насиченої пари i -го компонента; p — загальний тиск). Відношення коефіцієнта розподілу будь-яких двох компонентів K_i і K_j називається відносною летючістю і позначається a_{ij} . Чим більше відрізняється a_{ij} від одиниці, тим легко виконати розділення цих компонентів за допомогою ректифікації. У ряді випадків вдається збільшити a_{ij} в результаті введення в суміш, що розділяється, нового компонента (званого розділяючим агентом), який утворює з деякими компонентами системи азеотропної суміші. З цією ж

метою вводять розчинник, киплячий при значно вищій температурі, ніж компоненти вихідної суміші. Відповідні процеси ректифікації називаються азеотропними або екстрактними. Величина a_{ij} залежить від тиску: як правило, при пониженні тиску a_{ij} зростає. Р. при зниженому тиску — вакуумна — особливо личить для розділення термічно нестійких речовин.

Апаратура для ректифікації. Апарати, службовці для проведення ректифікації, — колони ректифікацій — складаються з власне колони, де здійснюється протиточний контакт пари і рідини, і пристроїв, в яких відбувається випар рідини і конденсація пари, — куба і дефлегматора. Колона є порожнистим циліндром, що вертикально стоїть, усередині якого встановлені т.з. тарілки (контактні пристрої різної конструкції) або поміщений фігурний кусковий матеріал, — насадка. Куб і дефлегматор — це звичайно кожухотрубні теплообмінники (знаходять вживання також трубчасті печі і роторні випарники).

Призначення тарілок і насадки — розвиток міжфазної поверхні і поліпшення контакту між рідиною і парою. Тарілки, як правило, забезпечуються пристроєм для переливу рідини. Як насадка колон ректифікацій зазвичай використовуються кільця, зовнішній діаметр яких дорівнює їх висоті. Найбільш поширені кільця Рашига і їх різні модифікації.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1 Перегонка рідин

Одним з найпоширеніших методів розділення рідких однорідних сумішей, які складаються з двох або більше компонентів, є перегонка (дистиляція і ректифікація).

Перегонка – це процес, що включає часткове випаровування суміші і подальшу конденсацію пари, яка утворилася в результаті роботи. Може здійснюватися багато разів, залежно від компонентів. У результаті конденсації одержують рідину, яка відрізняється від початкової суміші[1].

Якщо початкова суміш складається з легкого або нелегкого компонентів, то її можна розділити шляхом випарювання. Перегонкою розділяють суміші, всі компоненти яких леткі, тобто мають великий тиск пари. Розділення перегонкою засновано на різній леткості компонентів суміші при однаковій температурі. При перегонці всі компоненти переходять в пароподібний стан в кількостях, пропорційних їх фугітивності.

Спрощений випадок передбачає, що суміш є бінарною. Отримана під час перегонки пара містить велику кількість легколеткого або низько киплячого компоненту, у відмінності від початкової суміші. Під час перегонки рідка фаза збіднюється, а парова фаза збагачується легколетким компонентом. Рідина, що залишилася, має склад, багатший на важко леткий, або високо киплячий компоненти.

Ця рідина є залишком, а інша рідина, яка була отримана під час конденсації пари – дистилятом.

Ступінь збагачення парової фази ЛЛК в інших умовах залежить від виду перегонки. Існують два відмінні види такого процесу:

1) проста перегонка і 2) ректифікація.

Перший процес є одноразовим частковим випаровуванням рідкої суміші і конденсації пари, яка утворюється. Дистиляція застосовується у випадку розділення сумішей, леткість компонентів якої значно відрізняється. Її застосовують тільки для грубого розділення рідких сумішей, а також для очищення деяких сумішей від незначних домішок. Відомі кілька процесів простої перегонки, що розглядатимуться нижче.

Кінцеве розділення рідких сумішей за компонентами досягається шляхом ректифікації.

Ректифікація – процес розділення гомогенних сумішей летких рідин двостороннім масо- і теплообміном між нерівноважними рідкою і паровою фазами, що мають різницю температур і рухаються назустріч один одному. Поділ здійснюється в спеціальних колонних апаратах при багатократному або безперервному контакті фаз. Кожне контактування тягне за собою випаровування переважно ЛЛК, яким збагачується пара, а з пари конденсується переважно ВЛК, яка переходить в рідину. В процесі ми маємо обмін компонентами між фазами, що дає змогу отримати пару, яка є майже чистим легколетючий компонент. Пара, яка виходить з верху колони, після конденсації в окремому апараті розділяється на *дистилят*, або *ректифікат* і *флегму* – рідину, що відходить для зрошування колони і взаємодії з парою. Знизу колони відділяється рідина, що є майже чистим ВЛК. Частина залишку випаровується в нижній частині колони для отримання потоку пари.

1.2 Апаратурне оформлення процесів перегонки рідини

Ректифікація, як і інші процеси масопередавання, протікає на поверхні розділу фаз, тому апарати для ректифікації повинні забезпечувати розвинену поверхню контакту між паровою й рідкою фазою.

Для проведення процесів ректифікації застосовуються апарати колонного типу. По характеру взаємодії паровий і рідкої фаз ректифікаційні колони можна розділити на дві основні групи:

- зі східчастим (дискретним) контактом фаз;
- з безперервним контактом фаз.

Ректифікаційні колони з безперервним контактом фаз - у цих колонах рідина стікає у вигляді плівки – або по поверхні насадки (насадочні колони), або по внутрішній або зовнішній поверхні вертикальних труб (плівкові й роторно-плівкові апарати), а пара у вигляді суцільного потоку піднімається нагору через вільний об'єм насадки лил усередині вертикальних труб.

Ректифікаційні колони зі східчастим контактом фаз – являють собою колони, усередині яких на певній відстані один від одного по висоті колони розміщують горизонтальні перегородки – тарілки. Тарілки служать для розвитку поверхні контакту фаз при спрямованому русі цих фаз (рідина тече зверху вниз, а пара проходить у вигляді пухирців або струмків знизу нагору) і багаторазовій взаємодії рідини й пари.

Гідродинамічні режими роботи тарілок. 1) Бульбашковий (барботаажний) режим виникає при невеликих швидкостях пари, коли у вигляді окремих пухирців пара рухається через шар рідини на тарілці. Поверхня контакту фаз у цьому режимі невелика. 2) Пінний режим виникає при збільшенні швидкості пари, коли його пухирці, що виходять із прорізів і отворів, зливаються в струмені, які внаслідок опору барботаажного шару руйнуються з утвором ще більшого числа дрібних пухирців. При цьому на тарілці утворюється газорідинна система – піна. Основною поверхнею контакту фаз

у такій системі є поверхня пухирців, а також струменів пари й крапля рідини над парожидкотною системою, які утворюються при руйнуванні пухирців пари в момент їх виходу з барботажного шару. Поверхня контакту фаз при пінному режимі найбільша, тому пінний режим звичайно є найбільш раціональним режимом роботи тарілчастих колон. 3) Струмінний (інжекційний) режим виникає при подальшому збільшенні швидкості пари, коли збільшується довжина парових струменів і настає такий режим, при якому вони виходять із газорідного шару не руйнуючись, але утворюючи велику кількість бризів. У цьому режимі поверхня контакту фаз суттєво менше, чим у пінному. По способу зливу рідини з тарілки на тарілку тарілчасті колони підрозділяються на колони з тарілками зі зливальними обладнаннями й з тарілками без зливальних обладнань.

Тарілчасті колони зі зливальними обладнаннями. До апаратів цього типу ставляться колони з ковпачковими, ситчатими, клапанними й іншими тарілками. Ці тарілки мають спеціальні обладнання для перетікання рідини з однієї тарілки на іншу – зливальні трубки, кишені і т.д. Нижні кінці зливальних обладнань занурені в рідину на нижчерозташованих тарілках для створення гідрозатвора, що запобігає проходженню газу через зливальне обладнання. Принцип роботи колон такого типу показаний на рис. 1.1 на прикладі колони з ковпачковими тарілками. Рідина подається на верхню тарілку, рухається уздовж тарілки від одного зливального обладнання до іншого, перетікає з тарілки на тарілку й віддаляється з нижньої частини абсорбера. Пара надходить у нижню частину абсорбера, проходить через прорізи ковпачків і потім попадає в шар рідини на тарілці. При цьому пара в рідині розподіляється у вигляді пухирців і струменів, утворюючи в ній шар піни, у якій відбуваються основні процеси масо- і теплопереносу. Пройшовши через усі тарілки, пару йде з верхньої частини апарату. Ковпачкові тарілки стійко працюють при значних змінах навантажень по парі й рідині й вони мало чутливі до забруднень і опадом. Але недоліки ковпачкових тарілок досить істотні – вони складні в обладнанні, для їхнього

виготовлення потрібні більші витрати металу, вони відрізняються більшим гідравлічним опором і малою гранично припустимою швидкістю пари. Сітчасті тарілки. Ці тарілки (рис. 1.2) мають велику кількість отворів діаметром 2-8 мм, через які проходить пара в шар рідини на тарілці. До достоїнств ситчатих тарілок відносяться простота їх обладнання, легкість монтажу й ремонту, низький гідравлічний опір, досить висока ефективність. Недоліки: по-перше, при занадто малій швидкості пару рідина може просочуватися через отвори тарілки на нижчерозташовану тарілку, що приводить до істотного зниження рушійної сили процесу ректифікації. По-друге, ці тарілки чутливі до забруднень і опадом, які забивають їхні отвори.

1.3 Конструкція холодильника

Враховуючи широкий діапазон тиску і температур робочого середовища, а також різноманітність їх властивостей, до сучасних теплообмінних апаратів пред'являються такі основні вимоги:

- конструкція апарату має бути технологічною, надійною протягом передбаченого технічною документацією терміну служби, забезпечувати безпеку при виготовленні, монтажі і експлуатації, передбачати можливість огляду (у тому числі внутрішньої поверхні), очищення, промивання, продування і ремонту, а також забезпечувати можливість термообробки, передбаченої кресленням;
- застосування конкретного типорозміру апарата повинне забезпечувати передачу потрібної кількості тепла від одного середовища до іншого з отриманням необхідних кінцевих температур кожного робочого середовища при заданому рівні гідравлічних опорів.

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 - прямотечийні, протитечийні та змішаного току.

Кожухотрубчасті теплообмінні апарати класифікуються наступним чином:

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

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

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

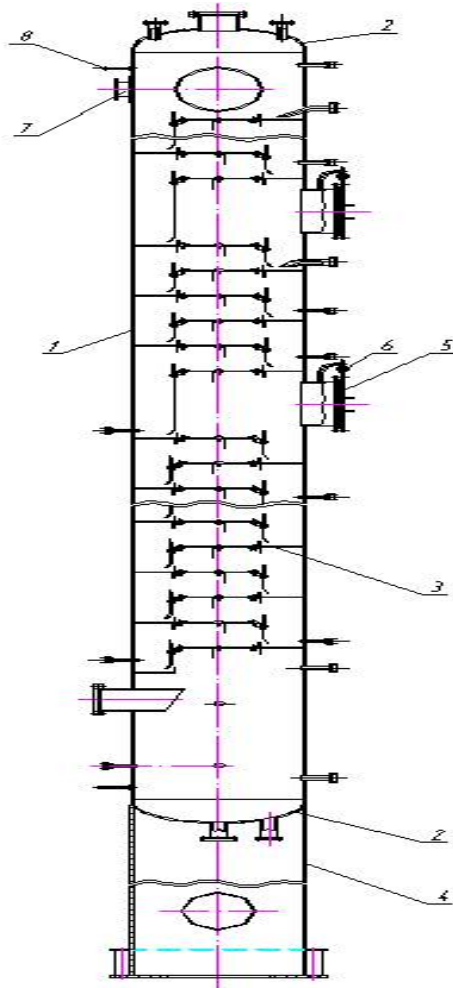
- за числом ходів у трубному просторі - одноходові та багатходові;

- за компонованням - одинарні та здвоєні;

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

2. ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ І КОНСТРУКЦІЇ КОЛОНИ

Колонa ректифікації та холодильник є складовими частинами апаратурного оформлення процесу ректифікації.



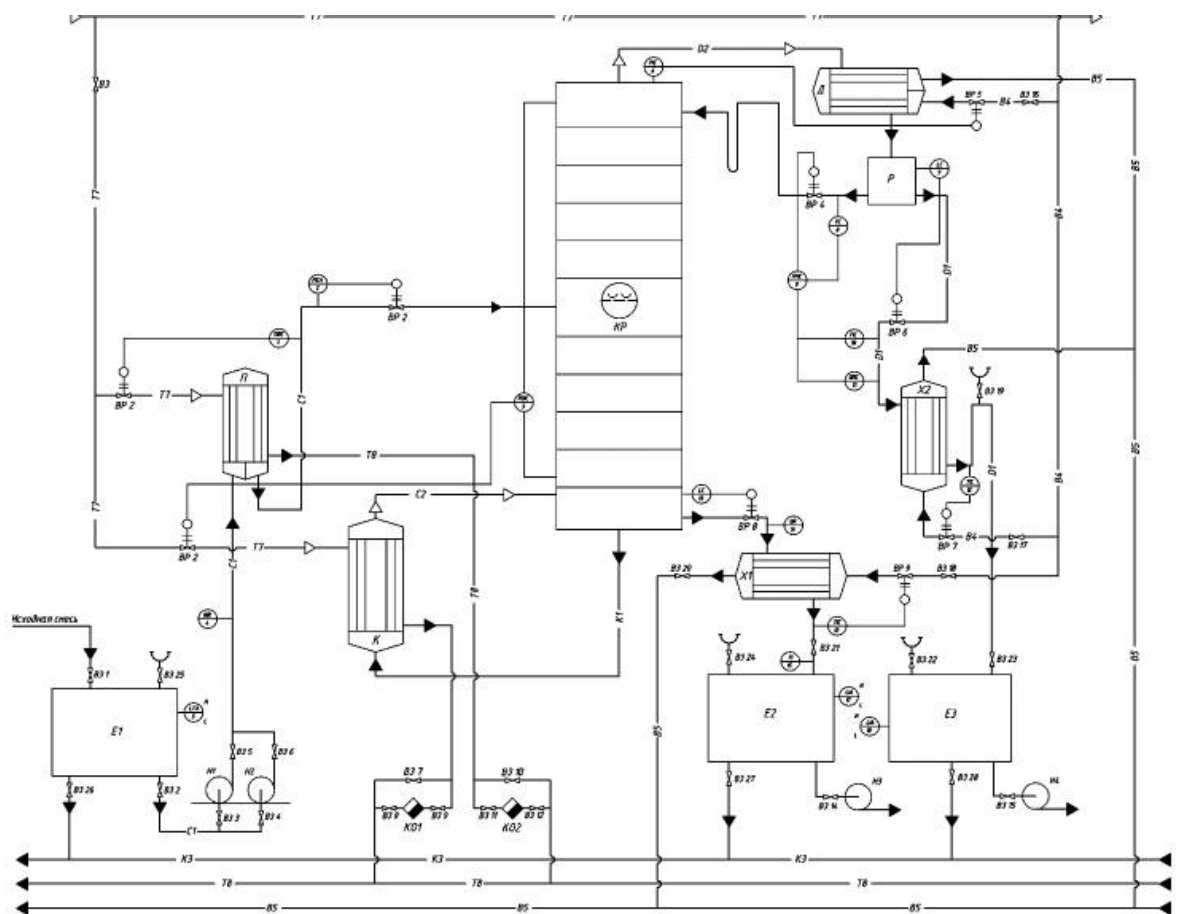
Колонa (рисунок 2.2) є основним апаратом для розділення рідких сумішей, які мають різну температуру кипіння

Система працює наступним чином:

Вихідна суміш з первинної ємності (1) відцентровим насосом (2) надходить в підігрівач (3), де її температура піднімається до температури кипіння і проходить на живильну тарілку ректифікаційної колони (5). Падаючи по тарілках рідина, надходить в куб, з якого потрапляє в кип'ятильник (4). З кип'ятильника пара рідини виходить в нижню частину

апарата і рухається назустріч вихідної суміші, збагачуючись низько НКК. Пройшовши колону пари, потрапляють в дефлегматор (6) і там конденсуються. Висхідна суміш потрапляє в роздільник (7), де ділиться на два потоки: перша частина в якості флегми відходить в колону і біжить по тарілках вниз, збагачуючись при цьому ВКК, а інша частина потрапляє в холодильник (8), де зменшується температура і потрапляє в ємність (9).

Під час процесу частина висхідної рідини з куба надходить в холодильник (11) і в приймальну ємність (12) в якості кубового залишку.



Колона працює наступним чином:

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

2.2 Опис конструкції холодильника

Холодильник зображено на Рисунок. 2.3. Він призначений для охолодження кубового залишку, після чого кубовий залишок направляється в ємність.

Холодильник являє собою кожухотрубчатий теплообмінник, у межтрубному просторі якого кубовий залишок, а в трубах рухається охолоджуючий агент (вода). Однак питання про напрямок кубового залишку і прохолоджуючого агента усередину або зовні труб слід вирішувати в кожному конкретному випадку, враховуючи бажаність підвищення коефіцієнта теплопередачі й зручність очищення поверхні теплообміну. Холодильник кубового залишку, як правило розташовують безпосередньо біля куба колони, щоб забезпечити більшу компактність установки

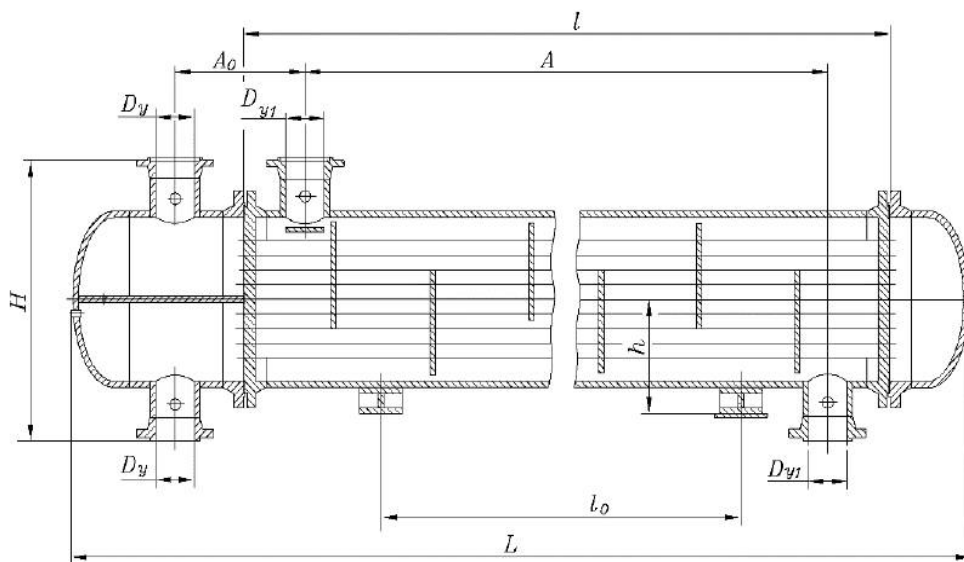


Рисунок. 2.3 – Кожухотрубчастий теплообмінний апарат (холодильник)

3 КОНСТРУКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ХОЛОДИЛЬНИКА

При розрахунку і створенні теплообмінного апарата необхідно враховувати такі чинники, як теплове навантаження апарату, температурні умови процесу, фізико-хімічні характеристики робочих середовищ, умови теплообміну, характер гідравлічних опорів, його корозійна стійкість та термін експлуатації.

Хімічні продукти в тій чи іншій мірі завжди викликають корозію матеріалу апарату, тому для виготовлення їх застосовуються різні метали (залізо, чавун, алюміній) і їх сплави. Найбільше застосування знаходять сталі. Завдяки здатності змінювати свої властивості залежно від складу, можливості термічної і механічної обробки сталі з низьким змістом вуглецю добре штамнуються, але погано обробляються різанням[4]. Додатки інших металів - легуючих елементів - покращують якість сталей і додають їм особливі властивості (наприклад, хром покращує механічні властивості,

зносостійкість і корозійну стійкість; нікель підвищує міцність, пластичність; кремній збільшує жаростійкість)

В даній роботі ми розділяємо середовище бензол-толуол та маємо температури труб та кожуха 114 та 164 °С відповідно , тому обираємо сталь 08X22H6T для трубної решітки, самих теплообмінних труб, для фланців штуцерів трубного простору, для шпильок та гайок кріплень апаратних штуцерів трубного простору, так як саме ця сталь забезпечує всі вимоги, які наведені вище.

Застосування сталі 08X22H6T:

Сталь 08X22H6T Використання в промисловості: зварні апарати і судини, камери горіння і інші конструктивні елементи газових турбін, корпуси апаратів днища, фланці, деталі внутрішніх пристроїв апаратів, трубні диски і пучки, що працюють при температурі від -10 до +300 ° С під тиском і стикаються з корозійними середовищами; сталь аустеніто - феритного класу Клас: Сталь корозійностійка звичайна

Хімічний склад сталі : С-(до 0,08%); Si-(до 0,8%); Mn-(до 0,8%); Ni-(5,3-6,3%); S-(до 0,025%); P-(до 0,035%); Cr-(21-23%); Cu-(до 0,3%); Fe-(67%)

Фізичні властивості сталі 08X22H6T

Физические свойства нержавеющей обыкновенной стали 08X22H6T (ЭП53 0X22H5T)

<i>Температура, °С</i>	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900
<i>Модуль нормальної пружності, E, ГПа</i>	203	201	193	181	165	162	154	141	139	
<i>Щільність, ρп, кг/см3</i>	7700									
<i>Коефіцієнт теплопровідності Вт / (м · °С)</i>		15	16	18	20	21	23	24	27	30
<i>Уд. електроопір (ρ, Н · м)</i>	740									
<i>Температура випробування, °С</i>	20-100	20-200	20-300	20-400	20-500	20-600	20-700	20-800	20-900	20-1000
<i>Коефіцієнт лінійного розширення (α, 10⁻⁶ 1 / °С)</i>	9.6	13.8	16.0	16.0	16.4	16.2	16.5	16.7	17.1	

Технологічні параметри 08Х22Н6Т

Температура кування	Початок 1150, кінець 850.
Зварюваність	без обмежень. Способи зварювання: АДС і РДС. Для ручної зварки рекомендується застосовувати електроди ЦЛ-11 з присадочною дротом Св-08Х19Н10Б. Аналогічну дрот використовують і для аргоно-дугового і електродугової автоматичного зварювання. Для електродугової автоматичного зварювання застосовують флюс АН-26. Термообробка після зварювання не потрібно.
Обробка різанням	Близька оброблюваності сталей 12Х18Н9Т, 12Х18Н10Т.
Схильність до відпускної здібності	при нагріванні в інтервалі 350-750 С в феритної складової сталі протікають процеси, пов'язані з 475 З крихкістю (350-500 С) і виділенням б-фази (500-750 С), що знижують ударну в'язкість і пластичність.

Для кожуха холодильника ми вибираємо звичайну Сталь 08Х22Н6Т

Сталь марки 08Х22Н6Т найбільш поширена, відноситься до вуглецевої сталі для виробництва різноманітного конструкційного матеріалу. З цього виду матеріалу виробляється найбільша кількість видів конструкцій і матеріалів.

4.Визначення основних розмірів колони та заданого апарата.

Продуктивність за вихідною сумішшю – 5,5 т/год;

Концентрація бензолу:

- у вихідні суміші $a_F = 40,0\%$ (мас.);

- у дистилляту $a_D = 97,5\%$ (мас.);

- у кубовому залишку $a_w = 2,0\%$ (мас.).

Температура:

- вихідної суміші – 17 °С;

- охолоджувальної води – 10 °С;

- дистилляту після холодильника – 21 °С;

- кубового залишку після холодильника – 21 °С.

Тиск насиченої водяної пари – 4,5 кгс/см².

Коефіцієнт надлишку флегми – 1,8.

Умови:

- колона працює під атмосферним тиском;

- вихідну суміш та флегму вводять в апарат при температурі кипіння.

4.2. Визначення продуктивності за дистиллятом та кубовим залишком

Продуктивність колони ректифікації за дистиллятом визначають за формулою:

$$G_D = G_F \cdot \frac{x_F - x_w}{x_D - x_w},$$

$$G_D = G_F \cdot \frac{x_F - x_w}{x_D - x_w} = 5500 \cdot \frac{0,40 - 0,020}{0,975 - 0,020} = 2148,48 \text{ кг/ч} = 0,607 \text{ кг/с.}$$

Продуктивність колони за кубовим залишком визначають із рівнянням:

$$G_W = G_F - G_D,$$

$$G_W = 5500 - 2188,48 = 3311,52 \text{ кг/г} = 0,919 \text{ кг/с}.$$

4.3. Визначення мінімального та дійсно числа флегми

Перераховують концентрації потоків з масової долі у мольні долі за формулою:

$$X_A = \frac{\frac{x_A}{M_B}}{\frac{x_A}{M_A} + \frac{1-x_A}{M_B}},$$

де X_F – мольна доля низькокиплячого компонента (бензолу) у бінарній суміші;

x_F – масова доля низькокиплячого компонента (бензолу) у бінарній суміші;

M_A, M_B – мольні маси відповідно компонентів бензолу і толуолу.

Мольні маси: Бензолу – 78,11 кг/кмоль; Толуолу – 92,13 кг/кмоль.

Тоді концентрація вихідної суміші:

$$X_F = \frac{\frac{x_F}{M_A}}{\frac{x_F}{M_A} + \frac{1-x_F}{M_B}} = \frac{\frac{0,40}{78,11}}{\frac{0,40}{78,11} + \frac{1-0,40}{92,13}} = 0,440;$$

Дистилята:

$$X_D = \frac{\frac{x_D}{M_A}}{\frac{x_D}{M_A} + \frac{1-x_D}{M_B}} = \frac{\frac{0,975}{78,11}}{\frac{0,975}{78,11} + \frac{1-0,975}{92,13}} = 0,981;$$

Кубового залишку:

$$X_W = \frac{\frac{x_W}{M_A}}{\frac{x_W}{M_A} + \frac{1-x_W}{M_B}} = \frac{\frac{0,020}{78,11}}{\frac{0,020}{78,11} + \frac{1-0,020}{92,13}} = 0,0235.$$

Мінімальне число флегми знаходять графоаналітичним способом. Для цього на основі дослідних даних табл. 1, в координатах у–х будують рівноважну криву для суміші бензол - толуол при атмосферному тиску та криву залежності температур кипіння та конденсації від складу рідини та пари. Рівноважні дані для бінарних сумішей приведеної в табл. 1.

Таблиця 1. Рівноважні дані для суміші бензол – толуол

Вміст бензолу, мол. %		Температура кипення, t, °С
В жидкості (X)	У парі (Y)	
0	0	110,6
5	11,5	108,3
10	21,4	106,1
20	38	102,2
30	51,1	98,6
40	61,9	95,2
50	71,2	92,1
60	79	89,4
70	85,4	86,8
80	91	84,4
90	95,9	82,3
100,0	100,0	80,2

На діаграмі у – х з точки 1, координати якої (xD, yD), через точку 2' з координатами (xF, yF*) проводять пряму лінію до перехрещення з віссю ординат Оу. Відрізок, який відсікає пряма лінія на вісі Оу, позначають через Bmax = 0,41. Звідси знаходять мінімальне флегмове число:

$$R_{\min} = \frac{x_D}{B_{\max}} - 1 = 1,4525.$$

Якщо урахувати знаний коефіцієнту надлишку флегми K_R та задіяти рівняння, можна знайти робоче (дійсне) флегмове число:

$$R = K_R \cdot R_{\min} = 1,8 \cdot 1,4525 = 2,6145.$$

На діаграмі $y - x$ наносять лінії робочих концентрацій (робочі лінії) для робочого флегмового числа $R = 2,6145$. Для цього на вісі ординат Oy відкладають відрізок $B = \frac{x_D}{R+1} = \frac{0,975}{2,6145+1} = 0,2714$, кінець якого з'єднують з точкою 1, яка має координати $(x_D = y_D)$. Точку перехрестя цієї прямої з вертикальною лінією, яка установлена в точці x_F вісі абсцис, позначають точкою 2, що має координати (x_F, y_F) . Та, кінець кінцем, точку 2 з'єднують з точкою 3 $(x_W = y_W)$. Лінії 1-2 та 2-3 є відповідно робочими лініями для верхньої та нижньої частин ректифікаційної колони.

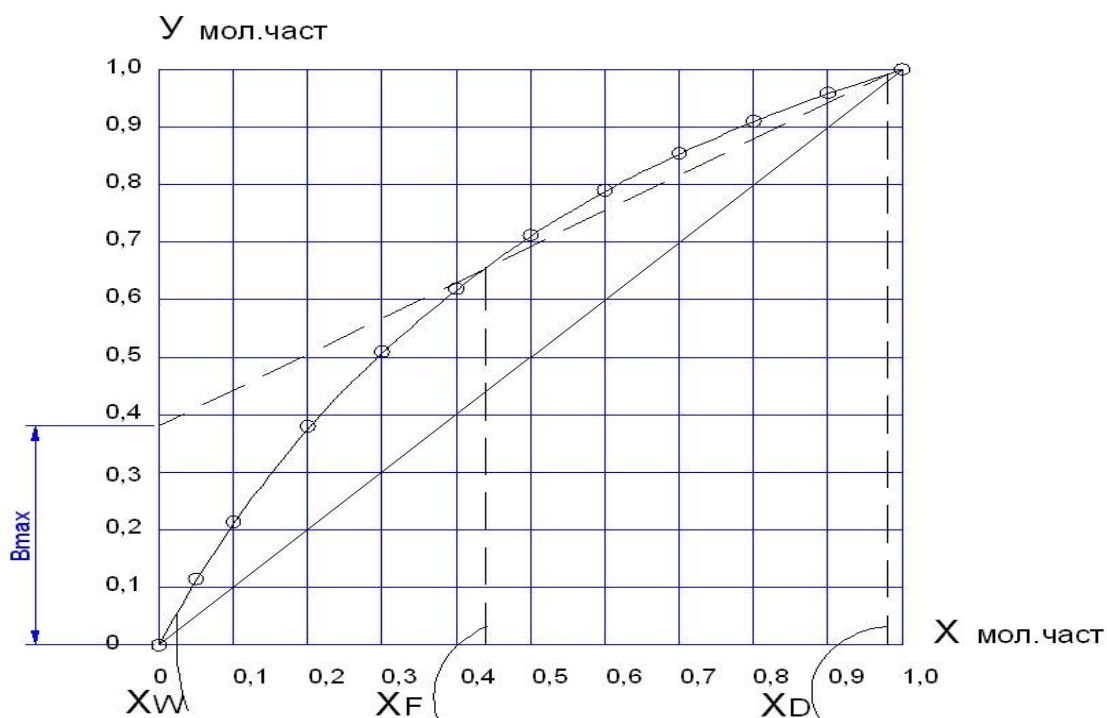


Рисунок 1 – До визначення мінімального флегмового числа

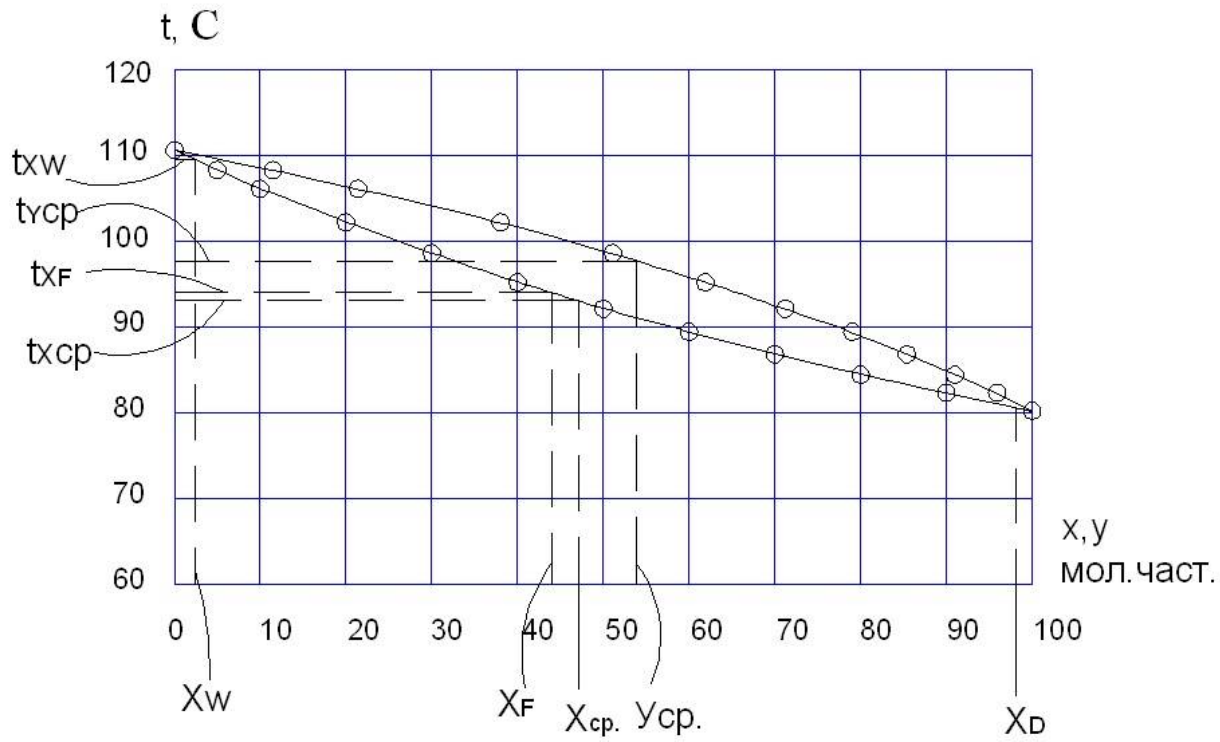


Рисунок 2 – Ізобара температур кипіння і конденсації

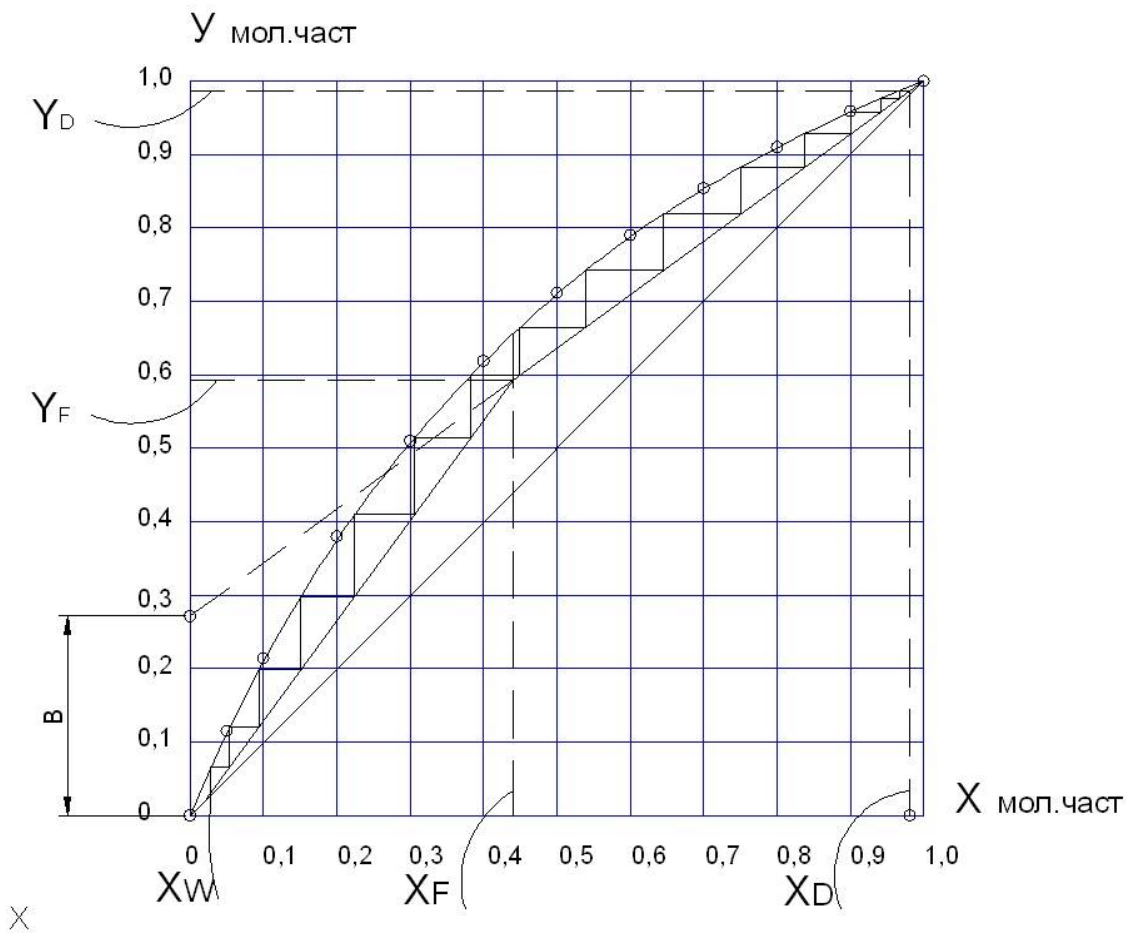


Рисунок 3 – Побудова кінетичної кривої і визначення числа теоретичних

тарілок

Число теоретичних тарілок, визначаємо за графіком: $n_T = 12$

Число дійсних тарілок:

$$n_d = \frac{n_T}{\text{кпд}} = \frac{12}{0,5} = 24$$

Приймаємо $n_d = 24$.

4.4. Визначення середніх значень параметрів колони, фізико-хімічних та термодинамічних констант фаз

Рідка фаза.

Середня мольна концентрація для нижньої частини колони:

$$X_{cp}^n = \frac{X_W + X_F}{2} = \frac{0,0235 + 0,440}{2} = 0,2317.$$

Середня мольна концентрація для верхньої частини колони:

$$X_{cp}^e = \frac{X_F + X_D}{2} = \frac{0,440 + 0,981}{2} = 0,7105.$$

Середня мольна концентрація в колоні:

$$X_{cp} = \frac{X_{cp}^n + X_{cp}^e}{2} = \frac{0,2317 + 0,7105}{2} = 0,4709.$$

Середня масова концентрація в колоні:

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

$$x_{cp} = \frac{0,4709 \cdot 78,11}{0,4709 \cdot 78,11 + (1 - 0,4709) \cdot 92,13} = 0,4300.$$

Середня температура у нижньої частини колони:

$$t_{xcp}^n = \frac{t_{XW} + t_{XF}}{2} = \frac{110 + 94}{2} = 102 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Середня температура у верхньої частини колони:

$$t_{xcp}^e = \frac{t_{XF} + t_{XD}}{2} = \frac{94 + 80,5}{2} = 87,25 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Середня температура у колоні:

$$t_{x_{cp}} = \frac{t_{x_{cp}}^H + t_{x_{cp}}^6}{2} = \frac{102 + 87,25}{2} = 94,625^\circ\text{C}.$$

Значення t_{xw} , t_{xf} , t_{xp} взяті із діаграми $t - x$, у.

Середня мольна маса:

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

$$M_{x_{cp}} = 78,11 \cdot 0,4709 + 92,13 \cdot (1 - 0,4709) = 85,5279 \text{ кг/кмоль}.$$

Середня густина рідини визначається за формулою:

$$\rho_{x_{cp}} = \frac{\rho_A \cdot \rho_B}{\rho_{TB} \cdot X_{cp} + \rho_A (1 - X_{cp})},$$

Де ρ_B і ρ_T - густина компонентів бензолу та толуолу при температурі $t_{x_{cp}}$.
 $\rho_A = 798,9125 \text{ кг/м}^3$, $\rho_B = 793,375 \text{ кг/м}^3$, при $t_{x_{cp}} = 94,625^\circ\text{C}$.

$$\rho_{x_{cp}} = \frac{798,9125 \cdot 793,375}{793,375 \cdot 0,4709 + 798,9125 \cdot (1 - 0,4709)} = 795,7467 \text{ кг/м}^3.$$

Середню в'язкість розраховують за рівнянням:

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

де μ_B і μ_T – динамічні коефіцієнти в'язкості компонентів бензолу та толуолу, Па·с.

$$\mu_A = 0,2766 \text{ мПа} \cdot \text{с}, \mu_B = 0,2839 \text{ мПа} \cdot \text{с} \text{ при } t_{cp} = 94,625^\circ\text{C}.$$

$$\lg \mu_{x_{cp}} = 0,4709 \cdot \lg 0,2766 + (1 - 0,4709) \cdot \lg 0,2839 = -0,5521$$

$$\mu_{x_{cp}} = 0,28 \text{ мПа} \cdot \text{с} = 0,28 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

Середню силу поверхневого натягу визначають за рівнянням:

$$\sigma_{x_{cp}} = \sigma_B \cdot X_{cp} + \sigma_T \cdot (1 - X_{cp}),$$

де σ_B і σ_T – сили поверхневих натягів компонентів бензолу та толуолу, Н/м.

$$\sigma_A = 19,4722 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}, \sigma_B = 19,9643 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м} \text{ при } t_{x_{cp}} = 94,625^\circ\text{C}.$$

$$\sigma_{x_{cp}} = 19,4722 \cdot 10^{-3} \cdot 0,4709 + 19,9643 \cdot 10^{-3} (1 - 0,4709) = 19,7325 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}.$$

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

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

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

$b = \frac{0,2\sqrt{\mu}}{\sqrt[3]{\rho}}$, тут μ [МПа·с] и ρ [кг/м³] – в'язкість та густина розчинника (толуолу) при $t = 20$ °С;

$t = t_{x \text{ сер}}$.

Коефіцієнт дифузії при 20 °С розраховують за емпіричним рівнянням:

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

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

А, В – коефіцієнти, які залежать від властивостей компонентів, А = 1; В = 1.

$$b = \frac{0,2\sqrt{\mu}}{\sqrt[3]{\rho}} = \frac{0,2\sqrt{0,586}}{\sqrt[3]{866}} = 0,016.$$

Мольні об'єми компонентів:

$$V_A = 6 \cdot 14,8 + 6 \cdot 3,7 + 15 = 126 \text{ см}^3/\text{моль};$$

$$V_B = 7 \cdot 14,8 + 8 \cdot 3,7 + 15 = 148,2 \text{ см}^3/\text{моль}.$$

$$D_{x(20)} = \frac{1 \cdot 10^{-6}}{1 \cdot 1 \cdot \sqrt{0,586} (126^{1/3} + 148,2^{1/3})^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{78,11} + \frac{1}{92,13}} = 1,955 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}.$$

$$D_{x(t)} = 1,955 \cdot 10^{-9} \cdot [1 + 0,016 \cdot (94,625 - 20)] = 4,2892 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}.$$

Парова фаза.

Середня мольна концентрація у нижній частині колони:

$$y_{\text{сеп}}^{\text{H}} = \frac{y_{\text{W}} + y_{\text{F}}}{2} = \frac{0,024 + 0,58}{2} = 0,302.$$

Середня мольна концентрація у верхній частині колони:

$$y_{\text{сеп}}^{\text{B}} = \frac{y_{\text{F}} + y_{\text{D}}}{2} = \frac{0,58 + 0,975}{2} = 0,777.$$

Середня мольна концентрація у колоні:

$$y_{\text{сеп}} = \frac{y_{\text{сеп}}^{\text{H}} + y_{\text{сеп}}^{\text{B}}}{2} = \frac{0,302 + 0,777}{2} = 0,539.$$

Середня температура у нижній частині колони:

$$t_{\text{y сеп}}^{\text{H}} = 103,6 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Середня температура у верхній частині колони:

$$t_{\text{y сеп}}^{\text{B}} = 89,5 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Температури $t_{\text{y сеп}}^{\text{H}}$, $t_{\text{y сеп}}^{\text{B}}$ вишукані з діаграми $t - x$, y .

Середня температура у колоні:

$$t_{\text{y сеп}} = \frac{t_{\text{y сеп}}^{\text{H}} + t_{\text{y сеп}}^{\text{B}}}{2} = \frac{103,6 + 89,5}{2} = 96,55 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Середня мольна маса

$$M_{y_{сер}} = M_A \cdot y_{сер} + M_B \cdot (1 - y_{сер}) = 78,11 \cdot 0,539 + 92,13 \cdot (1 - 0,539) = 84,5732 \text{ кг/кмоль.}$$

Середня густина:

$$\rho_{y_{сер}} = \frac{M_{y_{сер}}}{22,4} \cdot \frac{P}{P_o} \cdot \frac{T_o}{T},$$

де $T = 273 + t_{y_{сер}}$, °C; $P = 1$ кгс/см² (тиск в колоні атмосферний).

$$\rho_{y_{сер}} = \frac{84,5732}{22,4} \cdot \frac{1}{1,033} \cdot \frac{273}{369,55} = 2,7004 \text{ кг/м}^3.$$

Середня в'язкість:

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

де μ_{yB} и μ_{yT} – динамічні коефіцієнти в'язкості пари компонентів бензолу та толуолу;

$$\mu_{yB} = 9,81 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}, \mu_{yT} = 1,27 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с} \text{ при } t_{y_{сер}} = 89,5 \text{ }^\circ.$$

$$\frac{84,5732}{\mu_{y_{сер}}} = \frac{0,539 \cdot 78,11}{9,81 \cdot 10^{-6}} + \frac{(1 - 0,539) \cdot 92,13}{1,27 \cdot 10^{-5}},$$

$$\mu_{y_{сер}} = 1,105 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}.$$

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

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

де $P = 1$ кгс/см² (тиск у колоні атмосферний);

$$T = 273 + t_{y_{сер}}, \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$D_y = \frac{4,3 \cdot 10^{-7} \cdot 369,55^{3/2}}{1 \cdot (126^{1/3} + 148,2^{1/3})^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{78,11} + \frac{1}{92,13}} = 4,6346 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}.$$

4.4. Визначення діаметру колони

Витрата пари, яка підіймається колоною, може бути розрахована як

$$V_y = \frac{G_y}{\rho_{y\text{сеп}}} = \frac{G_D \cdot (R+1)}{\rho_{y\text{сеп}}} = \frac{2188 \text{ ю} 48 \cdot (2,6145 + 1)}{2,7004} = 0,8136 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Тоді діаметр колони

$$D = \sqrt{\frac{V_y}{0,785 \cdot W}} = \sqrt{\frac{0,8136}{0,785 \cdot 1,7}} = 0,78 \text{ м}.$$

Приймаємо стандартне значення діаметра колони $D = 0,8 \text{ м}$ та уточнюємо швидкість пари у колоні:

$$W = \frac{V_y}{0,785 \cdot D^2} = \frac{0,8136}{0,785 \cdot 0,8^2} = 1,6194 \text{ м/с}.$$

4.5. Визначення висоти колони

Висоту колони визначають за рівнянням:

$$H = (n - 1) \cdot h + H_{\text{сеп}} + H_{\text{куб}} = (12 - 1) \cdot 0,5 + 0,8 + 2,0 = 8,3 \text{ м}.$$

4.6. Визначення гідравлічного опору колони з сітчастими тарілками

Гідравлічний опір ректифікаційної колони визначають за рівнянням:

$$\Delta P_k = n \cdot \Delta P_T.$$

Для сітчастій тарілки приймаємо: діаметр отворів $d_o = 25$ мм, висота переливу $h_{пер} = 30$ мм, вільний переріз тарілки $F_o = 0,1$.

Гідравлічний опір сухої сітчастої тарілки визначають за рівнянням:

$$\Delta P_{сyx} = \zeta \frac{W_o^2 \cdot \rho_{y\text{ сep}}}{2} = 1,82 \frac{20,2425^2 \cdot 2,7004}{2} = 1006,9265 \text{ Па.}$$

Швидкість пари в отворах тарілки:

$$W_o = W / F_o = 1,6194 / 0,08 = 20,2425 \text{ м/с.}$$

Гідравлічний опір, який обумовлений силами поверхневого натягу рідини на тарілці

$$\Delta P_{\sigma} = \frac{4\sigma}{1,3d_o + 0,08d_o^2} = \frac{4 \cdot 29,9 \cdot 10^{-3}}{1,3 \cdot 0,025 + 0,08 \cdot 0,025^2} = 3,6743 \text{ Па.}$$

Для визначення статичного тиску рідини на тарілки розраховуємо витрату рідкої фази у нижній частині колони:

$$L = G_D \cdot R + G_F = 2188,48 \cdot 2,6145 + 5500 = 11221,78 \text{ кг/ч.}$$

Якщо в об'ємному вираженні, то $14,1022 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Для колони $D = 0,8$ м довжина зливного порогу $l_{зл} = \Pi = 0,570$ м (див. табл. 1 Додаток В), тоді інтенсивність потоку

$$\frac{L}{l_{зл}} = \frac{14,1022}{0,570} = 24,7407 \frac{\text{м}^3}{\text{год} \cdot \text{м}}$$

Так як $\frac{L}{l_{зл}} = 24,7407 > 5 \frac{\text{м}^3}{\text{ч} \cdot \text{м}}$, то $m = 10000$.

Тоді за рівнянням:

$$\Delta P_{ct} = 1,3 \left[K \cdot h_{nep} + \sqrt[3]{K \left(\frac{L}{m \cdot l_{3l}} \right)^2} \right] \cdot \rho_{xcep} \cdot g =$$

$$= 1,3 \left[0,5 \cdot 0,03 + \sqrt[3]{0,5 \left(\frac{14,1022}{10000 \cdot 0,570} \right)^2} \right] \cdot 795,7467 \cdot 9,81 = 267,2408 \text{ Па.}$$

Гідравлічний опір однією сітчастої тарілки складає

$$\Delta P_T = \Delta P_{cux} + \Delta P_\sigma + \Delta P_{ct} = 1006,9265 + 3,6743 + 264,2408 = 1274,8416 \text{ Па.}$$

Гідравлічний опір колони:

$$\Delta P_k = n \cdot \Delta P_T = 12 \cdot 1274,8416 = 15298,0992 \text{ Па.}$$

Раніше про прийняття відстані між тарілками $h = 0,5$ м перевіряємо за відношенням:

$$h > 1,8 \cdot \Delta P_T / (\rho_{xcep} \cdot g),$$

$$1,8 \cdot \frac{1274,8416}{795,7467 \cdot 9,81} = 0,1633 \text{ м,}$$

$$0,3 > 0,1633,$$

умова дотримується.

4.7. Тепловий розрахунок установки

Підігрівник вихідної суміші

Рівняння теплового балансу для підігрівника вихідної суміші:

$$Q = 1,05 \cdot G_F \cdot c_F' \cdot (t_{XF} - t_n) = G_{г.п.} \cdot r_{г.п.},$$

де t_{XF} – температура кипіння вихідної суміші;

t_n – початкова температура суміші (див. завдання).

Теплові втрати приймають в розмірі 5% від корисної теплоти, що затрачується.

Питома теплоємність вихідної суміші:

$$c'_F = a_F \cdot c_B + (1 - a_F) \cdot c_T$$

де c_A , c_B – питомі теплоємності бензолу та толуолу при середній температурі

$$t_{X_F}^{сеп} = \frac{t_{X_F} + t_n}{2} = \frac{94 + 17}{2} = 55,5^\circ\text{C};$$

$$c_A = 0,4546 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}};$$

$$c_B = 0,4460 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}.$$

$$c'_F = 0,40 \cdot 0,4546 + (1 - 0,40) \cdot 0,4460 = 0,4494 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} = 1882 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

$$Q = 1,05 \cdot G_F \cdot c'_F (t_{XF} - t_n) = 1,05 \cdot \frac{5500}{3600} \cdot 1882 (94 - 17) = 198802,0973 \text{ Вт}.$$

Витрата пари, що гріє:

$$G_{г.п.} = \frac{Q}{r_{г.п.}} = \frac{198802,0973}{2129 \cdot 10^3} = 0,0933 \text{ кг/с},$$

де $r_{г.п.} = 2129 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ при $P = 4,5 \text{ кгс/см}^2$

Середня різниця температур

147 \longrightarrow 147

17 \longrightarrow 94

Температура насиченої водяної пари при $P = 4,5 \text{ кгс/см}^2$ складає 147°C

Більша різниця температур:

$$\Delta t_{\delta} = 147 - 17 = 120 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

менша різниця температур:

$$\Delta t_{\text{м}} = 147 - 94 = 53 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Так як $\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}} = \frac{120}{53} = 2,26 > 2$, то середню різницю температур

визначаємо за рівнянням:

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln(\Delta t_{\delta} / \Delta t_{\text{м}})} = \frac{120 - 53}{\ln(120/53)} = 85,8 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

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

Поверхня теплообміну підігрівника вихідної суміші

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{\text{ср}}} = \frac{198802,097}{250 \cdot 85,8} = 9,2681 \text{ м}^2.$$

Вибирають одноходовий кожухотрубчастий теплообмінник із наступними характеристиками:

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

Дефлегматор (конденсатор)

Витрата теплоти, що віддається охолоджуючій воді при конденсації пари в дефлегматорі, визначають із рівняння теплового балансу дефлегматора:

$$Q_{\text{д}} = G_{\text{д}} \cdot (R + 1) \cdot r_{\text{д}} = G_{\text{в}} \cdot C_{\text{в}} \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{п}}),$$

де $r_{\text{д}} = a_{\text{д}} \cdot r_{\text{б}} + (1 - a_{\text{д}}) \cdot r_{\text{т}}$.

Питомі теплоти пароутворення бензолу $r_{\text{б}}$ та толуолу $r_{\text{т}}$ при $t_{\text{хд}}=80,5$

°C:

$$r_A = 393,535 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}; r_B = 378,499 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

$$r_D = 0,975 \cdot 393,535 + (1 - 0,975) \cdot 378,499 = 393,1590 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

$$Q_D = \frac{2188,48}{3600} \cdot (2,6145 + 1) \cdot 393,3 \cdot 10^3 = 8,6388 \cdot 10^5 \text{ Вт}.$$

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

$$G_B = \frac{Q_D}{c_g \cdot (t_k - t_n)} = \frac{8,6388 \cdot 10^5}{4190 \cdot (25 - 10)} = 13,7451 \text{ кг/с}.$$

Середня різниця температур при протитечійній схемі руху теплоносіїв:

$$80,5 \text{ °C} \quad \longrightarrow \quad 80,5 \text{ °C}$$

$$25 \text{ °C} \quad \longleftarrow \quad 10 \text{ °C}$$

Більша різниця температур:

$$\Delta t_{\delta} = 80,5 - 10 = 70,5 \text{ °C};$$

менша різниця температур:

$$\Delta t_m = 80,5 - 25 = 55,5 \text{ °C}.$$

Так як $\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_m} = \frac{70,5}{55,5} = 1,2702 < 2$, то

$$\Delta t_{\text{сер}} = \frac{\Delta t_{\delta} + \Delta t_m}{2} = \frac{70,5 + 55,5}{2} = 63 \text{ °C}.$$

Приймають орієнтовно коефіцієнт теплопередачі $K=500 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Поверхня теплообміну дефлегматора:

$$F = \frac{Q_D}{K \cdot \Delta t_{\text{сер}}} = \frac{8,6388 \cdot 10^5}{500 \cdot 63} = 27,4247 \text{ м}^2.$$

Вибирають двоходовий кожухотрубчастий теплообмінник із наступними характеристиками:

- діаметр кожуха 400 мм;

- труба Ø 20x2 мм;
- кількість труб в теплообміннику 181 шт.;
- довжина труб 3 м;
- поверхня теплообміну 34 м².

Холодильники дистиляту

Витрата теплоти, що віддається охолоджуючій воді у водяному холодильнику дистиляту, визначають із рівняння теплового балансу:

$$Q = G_D \cdot c_D' \cdot (t_{XD \text{ п}} - t_{XD \text{ к}}) = G_B \cdot c_B \cdot (t_k - t_n),$$

де c_D' – середня питома теплоємність дистиляту при його середній температурі $t_{XD \text{ сеп}} = (t_{XD \text{ п}} + t_{XD \text{ к}})/2$;

$t_{XD \text{ к}}$ – кінцева температура дистиляту після холодильника, °С (див. завдання).

$$c_D' = a_D \cdot c_B + (1 - a_D) \cdot c_T$$

де $c_A = 0,4546 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ та $c_B = 0,4460 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ – теплоємності бензолу та толуолу при середній температурі $t_{XD \text{ сеп}} = 50,75 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$$c_D' = 0,975 \cdot 0,4546 + (1 - 0,975) \cdot 0,4460 = 1903,517 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}.$$

$$Q = G_D \cdot c_D' \cdot (t_{XD \text{ п}} - t_{XD \text{ к}}) = \frac{2188,48}{3600} \cdot 1903,517 (80,5 - 21) = 68851,5635 \text{ Вт.}$$

Витрата охолоджувальної води при нагріві її до температури 15°С в холодильнику товарного дистиляту:

$$G_B = \frac{Q}{c_B \cdot (t_k - t_n)} = \frac{68851,5635}{14190 \cdot (27 - 10)} = 0,9666 \text{ кг/с.}$$

Середня різниця температур при протитечійній схемі руху теплоносіїв:

$$80,5 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \longrightarrow \quad 21 \text{ } ^\circ\text{C}$$

27 °C ←———— 10 °C

Більша різниця температур:

$$\Delta t_{\delta} = 80,5 - 27 = 53,5 \text{ °C};$$

менша різниця температур:

$$\Delta t_{\text{м}} = 21 - 10 = 11 \text{ °C}.$$

Так як $\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}} = \frac{53,5}{11} = 4,863 > 2$, то середню різницю температур визначаємо

як:

$$\Delta t_{\text{сеп}} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln(\Delta t_{\delta} / \Delta t_{\text{м}})} = \frac{53,5 - 11}{\ln(53,5 / 11)} = 26,86 \text{ °C}.$$

Приймають орієнтовно коефіцієнт теплопередачі $K = 400 \text{ Вт/м}^2$.
Поверхня теплообміну холодильника товарного дистилляту складе

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{\text{сеп}}} = \frac{68851,5635}{400 \cdot 26,86} = 6,4155 \text{ м}^2.$$

Вибирають одноходовий кожухотрубчастий теплообмінник із наступними характеристиками:

- діаметр кожуха 400 мм;
- труба Ø 25x2 мм;
- кількість труб в теплообміннику 62 шт.;
- довжина труб 1,5 м;
- поверхня теплообміну 7,5 м².

Холодильник кубового залишку

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

$$Q = G_w \cdot c_w' \cdot (t_{\text{XW п}} - t_{\text{XW к}}) = G_B \cdot c_B \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{н}}),$$

де c_w – середня питома теплоємність кубового залишку при його середній

температурі $(t_{XW\Pi} - t_{XW\kappa})/2$;

$t_{W\kappa}$ – кінцева температура кубового залишку після холодильника, °С.

$$c'_{W'} = a_{W'} \cdot c_B + (1 - a_{W'}) \cdot c_T$$

$c_A = 0,4689 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$; $c_B = 0,4595 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$, при середній температурі

$$t_{cp} = \frac{t_{XW} + t_{W\text{кон}}}{2} = \frac{110 + 21}{2} = 65,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$c_{W'} = 0,020 \cdot 0,4689 + (1 - 0,020) \cdot 0,4595 = 1926,092 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

$$Q = G_w \cdot c_{W'} \cdot (t_{XW} - t_{W\text{кон}}) = \frac{3311,52}{3600} \cdot 1926,092(110 - 21) =$$

$$= 157685,5566 \text{ Вт}.$$

Витрата охолоджувальної води при нагріві її до температури 15°С в холодильнику кубового залишку:

$$G_B = \frac{Q}{C_B \cdot (t_{\kappa} - t_{\Pi})} = \frac{157685,5566}{4190 \cdot (27 - 10)} = 2,2137 \text{ кг/с}.$$

Середня різниця температур при протитечійній схемі руху теплоносіїв:

$$110 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \longrightarrow \quad 21 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$27 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \longleftarrow \quad 10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Більша різниця температур:

$$\Delta t_{\delta} = 110 - 27 = 83 \text{ } ^\circ\text{C};$$

менша різниця температур:

$$\Delta t_{\text{м}} = 21 - 10 = 11 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Так як $\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}} = \frac{83}{11} = 7,54 > 2$, то середню різницю температур визначають

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln(\Delta t_{\delta} / \Delta t_{\text{м}})} = \frac{83 - 11}{\ln(83/11)} = 35,62 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Приймають орієнтовно коефіцієнт теплопередачі $K=400 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$, тоді поверхня теплообміну холодильника кубового залишку складе

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{157685,5566}{400 \cdot 35,62} = 11,0672 \text{ м}^2.$$

Вибирають двоходовий кожухотрубчастий теплообмінник із наступними характеристиками:

- діаметр кожуха 273 мм;
- труба Ø 20x2 мм;
- кількість труб в теплообміннику 61 шт.;
- довжина труб 3 м;
- поверхня теплообміну 11,5 м².

Кип'ятильник

Кількість теплоти Q_K , яке необхідно подавати в куб колони, визначається із рівняння теплового балансу колони:

$$Q_K = Q_D + G_D \cdot c_D \cdot t_{XD} + G_W \cdot c_W \cdot t_{XW} - G_F \cdot c_F \cdot t_{XF} + Q_{пот.}$$

Теплові втрати приймають 3% від теплоти, що корисно витрачається; питомі теплоємності беруть відповідно при температурах $t_{XD}=80,5^\circ\text{C}$, $t_{XF}=94^\circ\text{C}$, $t_{XW} = 110^\circ\text{C}$.

$$c_D = a_D \cdot c_B + (1 - a_D) \cdot c_T = 1963,7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

$$c_F = a_F \cdot c_B + (1 - a_F) \cdot c_T = 2025,446 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

$$c_W = a_W \cdot c_B + (1 - a_W) \cdot c_T = 2096 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

$$Q_k = 1,03(8,6388 \cdot 10^5 + \frac{2188,48}{3600} \cdot 1963,7 \cdot 80,5 + \frac{3311,52}{3600} \cdot 2096 \cdot 110 - \frac{5500}{3600} \cdot 2025,446 \cdot 94) = 903589,061 \text{ Вт.}$$

Витрати пари, що гріє при $P = 4,5 \text{ кгс/см}^2$:

$$G_{z.n} = \frac{Q_k}{r} = \frac{903589,061}{2129 \cdot 10^3} = 0,4244 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

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

$$\Delta t_{\text{сер}} = 147 - 110 = 37^\circ\text{C.}$$

Приймають орієнтовно коефіцієнт теплопередачі $K=2000 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$, тоді поверхня кип'ятильника складе:

$$F = \frac{Q_k}{K \cdot \Delta t_{\text{сер}}} = \frac{903589,061}{2000 \cdot 37} = 12,21 \text{ м}^2.$$

Вибирають одноходовий кожухотрубчастий теплообмінник із наступними характеристиками:

- діаметр кожуха 325 мм;
- труба $\text{Ø } 20 \times 2$ мм;
- кількість труб в теплообміннику 100 шт.;
- довжина труб 2 м;
- поверхня теплообміну $12,5 \text{ м}^2$.

Примітка:

При розрахунку поверхні кип'ятильника температура кипіння кубової рідини $t_{\text{ХВ}} = 110^\circ\text{C}$ взята при атмосферному тиску. Не урахували збільшення температури кипіння кубової рідини у зв'язку з збільшенням тиску в кубі колони на величину $\Delta P_k = 0,1-0,15 \text{ кгс/см}^2$.

4. Визначення діаметрів штуцерів колони

Внутрішній діаметр штуцера визначають за рівнянням.

Штуцер виходу пари з колони:

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

де $V_y = 0,8136 \text{ м}^3/\text{с}$ (см. розділ 3.5).

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

$$d = \sqrt{\frac{0,8136}{0,785 \cdot 15}} = 0,262 \text{ м.}$$

Стандартний розмір труби для виготовлення штуцера $\text{Ø}273 \times 10 \text{ мм}$.

Штуцер подачі флегми до колони:

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

$$V_\phi = \frac{G_R}{\rho_B} = \frac{G_D \cdot R}{\rho_B} = \frac{2188,48 \cdot 2,6145}{3600 \cdot 814,45} = 1,9 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с.}$$

Так як швидкість потоку приймають орієнтовно, то можна прийняти густину флегми рівній густині чистого метилового спирту: $\rho_B = 814,45 \text{ кг/м}^3$ при $t = 80,5 \text{ °C}$.

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

$$d = \sqrt{\frac{1,9 \cdot 10^{-3}}{0,785 \cdot 0,5}} = 0,0695 \text{ м.}$$

Стандартний розмір труби для виготовлення штуцера Ø 70x3,5 мм.

Штуцер подачі вихідної суміші до колони:

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

$$\rho_F = \frac{\rho_B \cdot \rho_T}{\rho_T \cdot a_F + (1 - a_F) \cdot \rho_B}$$

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

при $t_{XF} = 94 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\rho_F = \frac{798,9125 \cdot 793,3750}{793,3750 \cdot 0,40 + (1 - 0,40) \cdot 798,9125} = 795,5807 \text{ кг/м}^3,$$

$$V_F = \frac{5500}{3600 \cdot 795,5807} = 1,92 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

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

$$d = \sqrt{\frac{1,92 \cdot 10^{-3}}{0,785 \cdot 0,8}} = 0,0552 \text{ м}.$$

Стандартний розмір труби для виготовлення штуцера Ø56x3,5 мм.

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

Для розрахунку діаметру парорідинного трубопроводу рекомендують наближену формулу:

$$d \approx d_{\text{ан}} \cdot \sqrt{n_{\text{тр}}},$$

де $d_{\text{вн}}$ – внутрішній діаметр труби трубчатки кип’ятельника, м;
 $n_{\text{тр}}$ – загальне число труб трубчатки кип’ятельника, шт.

$$d = 0,016 \cdot \sqrt{690} = 0,420,$$

Стандартний розмір труби для виготовлення штуцера $\text{Ø}426 \times 11$ мм.

Штуцер виходу кубової рідини з колони, що далі надходить до кип’ятельника:

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

$$V_{\text{кип}} = \frac{G_F + G_R - G_W}{\rho_B} = \frac{5500 + 2188,48 \cdot 1,9 - 3311,52}{3600 \cdot 950,875} = 1,85 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

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

$$d = \sqrt{\frac{1,85 \cdot 10^{-3}}{0,785 \cdot 0,3}} = 0,0886 \text{ м}.$$

Стандартний розмір труби для виготовлення штуцера $\text{Ø}90 \times 4$ мм.

Штуцер виходу кубового залишку з колони:

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

$$V_W = \frac{G_W}{\rho_W} = \frac{3311,52}{3600 \cdot 950,875} = 9,6738 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}.$$

$\rho_B = 950,875 \text{ кг/м}^3$ – густина води при $110 \text{ }^\circ\text{C}$.

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

$$d = \sqrt{\frac{9,6738 \cdot 10^{-4}}{0,785 \cdot 0,3}} = 0,064 \text{ м.}$$

Стандартний розмір труби для виготовлення штуцера $\text{Ø}70 \times 3 \text{ мм}$.

5. Вибір товщини стінки корпусу колони

Вибирають відповідно до рекомендацій методичних вказівок. Так як діаметр колони $D=0,8 \text{ м}$, то товщину стінки корпусу колонного апарата вибирають рівною 10 мм .

6. 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

$$V = \frac{G_F \cdot \tau}{K \cdot \rho_{\text{сеп}}^{20}} = \frac{1,5277 \cdot 21600}{0,8 \cdot 871,2153} = 47,3486 \text{ м}^3,$$

де $G_F = 1,5277 \text{ кг/с}$;

$\rho_A = 879 \text{ кг/м}^3$ – густина метилового спирту при $20 \text{ }^\circ\text{C}$;

$\rho_B = 866 \text{ кг/м}^3$ – густина води при $20 \text{ }^\circ\text{C}$;

$\bar{x}_F = 0,40$;

$$\begin{aligned} \rho_{\text{сеп}}^{20} &= \frac{\rho_A \cdot \rho_B}{\bar{x}_F \cdot \rho_B + (1 - \bar{x}_F) \cdot \rho_A} = \\ &= \frac{879 \cdot 866}{0,40 \cdot 866 + (1 - 0,40) \cdot 879} = 871,1535 \text{ кг/м}^3 \end{aligned}$$

Ємність дистиляту

$$V = \frac{G_D \cdot \tau}{K \cdot \rho_A^{20}} = \frac{0,607 \cdot 21600}{0,8 \cdot 879} = 18,6450 \text{ м}^3,$$

де $G_D=0,607$ кг/с;

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

Ємність кубового залишку

$$V = \frac{G_W \cdot \tau}{K \cdot \rho_B^{20}} = \frac{0,919 \cdot 21600}{0,8 \cdot 866} = 28,6524 \text{ м}^3,$$

де $G_W=0,915$ кг/с;

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

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

Ця дипломна робота є частиною комплексної розробки ректифікаційної установки для розподілу сумішей бензол – толуол продуктивністю по вхідній суміші 5,5 т/год, яка виконана групою студентів. Для оснащення ректифікаційної колони були запропоновані сітчасті тарілки, розмір отворів яких складав: 5, 20, та 25 мм.

Розмір отворів сітчастих тарілок впливає на їх пропускну та масообмінну здібність, яка може бути виражена через об'єм тарілчастої частини ректифікаційної колони.

З одного боку, малі отвори, формуючи більш розвинену поверхню контакту фаз, забезпечують високу масообмінну здатність тарілки, а, з іншого боку, для тарілок з меншими отворами характерне зниження ефективності масообмінну спостерігається при менших швидкостях пара по колоні, що, мабуть, є наслідком більш раннього зростання виносу рідини із за більшої роздробленості парорідинних струменів.

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

$$V = H \cdot S$$

1) Тарілчасто сітчаста ректифікаційна колона з отворами на тарілці $d_0=20$

мм:

$$D_{\text{роз}} = \sqrt{\frac{V_y}{0,785 \cdot w}} = \sqrt{\frac{0,8136}{0,785 \cdot 1}} = 1,0180 \text{ м. м}$$

$$N_{\text{д}} = \frac{N_{\text{т}}}{\eta} = \frac{12}{0,87} = 14 \text{ шт}$$

$$H = (N_{\text{д}} - 1) \cdot 0,5 = (14 - 1) \cdot 0,5 = 6,5 \text{ м}$$

$$S = \frac{\pi \cdot D_{\text{роз}}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 1,0180^2}{4} = 0,8135 \text{ м}^2$$

$$V = H \cdot S = 6,5 \cdot 0,8135 = 5,2877 \text{ м}^3$$

2) Тарілчасто сітчаста ректифікаційна колона з отворами на тарілці $d_0=25$

мм:

$$D_{\text{роз}} = \sqrt{\frac{V_y}{0,785 \cdot w}} = \sqrt{\frac{0,9959}{0,785 \cdot 1,2}} = 1,028 \text{ м}$$

$$N_{\text{д}} = \frac{N_{\text{т}}}{\eta} = \frac{13}{0,5} = 16 \text{ шт}$$

$$H = (N_{\text{д}} - 1) \cdot 0,5 = (16 - 1) \cdot 0,5 = 7,427 \text{ м}$$

$$S = \frac{\pi \cdot D_{\text{роз}}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 1,028^2}{4} = 0,830 \text{ м}^2$$

$$V = H \cdot S = 7,427 \cdot 0,830 = 6,164 \text{ м}^3$$

3) Тарілчасто сітчаста ректифікаційна колона з отворами на тарілці $d_0=5$ мм:

$$D_{\text{роз}} = \sqrt{\frac{V_y}{0,785 \cdot w}} = \sqrt{\frac{0,9959}{0,785 \cdot 1,4}} = 0,9519 \text{ м}$$

$$N_{\text{д}} = \frac{N_{\text{т}}}{\eta} = \frac{13}{0,75} = 18 \text{ шт}$$

$$H = (N_{\text{д}} - 1) \cdot 0,5 = (18 - 1) \cdot 0,5 = 8,5 \text{ м}$$

$$S = \frac{\pi \cdot D_{\text{роз}}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,9519^2}{4} = 0,7114 \text{ м}^2$$

$$V = H \cdot S = 8,5 \cdot 0,7114 = 5,809 \text{ м}^3$$

d_0	5	20	25
V	5.809	5.2877	6.164

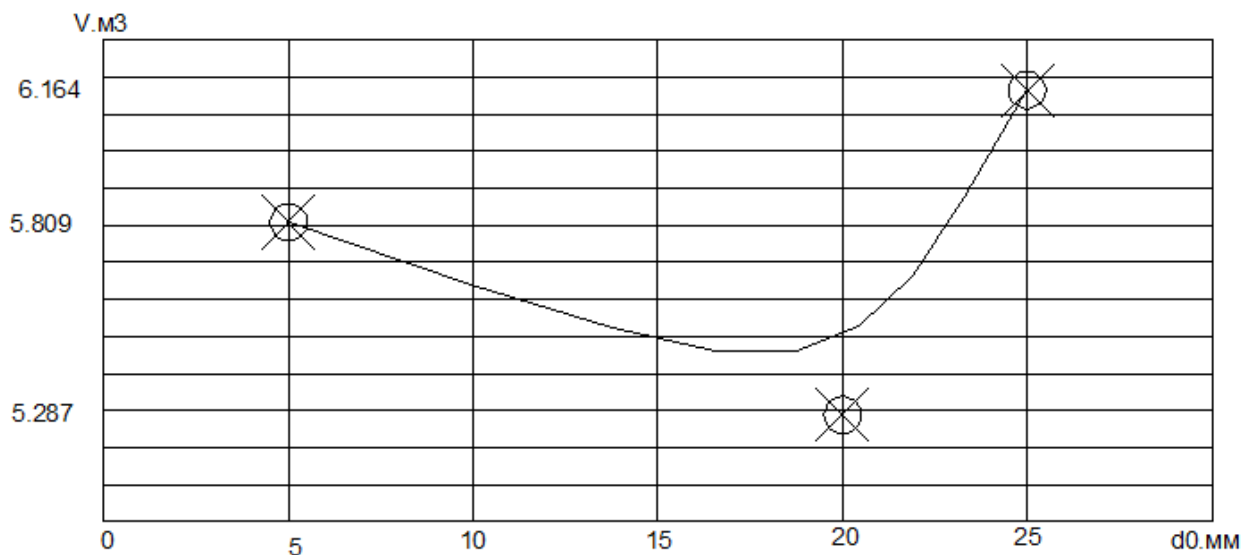


Рисунок. 5.1 – Графік залежності об'єму колони від діаметру отворів в сітчастих тарілках

Оптимальний розмір отвору в сітчастій тарілці буде давати мінімальний об'єм тарілчастої частини ректифікаційної колони, який буде виправданий з економічної точки зору. Так, наприклад, відношення об'єму колони з діаметром отворів сітчастих тарілок 25 мм до об'єму колони з діаметром отворів 20 мм, дорівнює 1,16. Отже можна сказати, що колона з діаметром отворів в сітчастих тарілках 20 мм в 1,16 рази буде дешевшою ніж колона з сітчастими тарілками діаметром 25 мм.

6 Розрахунки на міцність елементів заданого апарата

Холодильник кубового залишку

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

Вихідні дані

Внутрішній діаметр кожуха D , мм	273
Довжина теплообмінних труб l , мм	3000
Зовнішній діаметр теплообмінної труби d_m , мм	20
Товщина стінки труби s_m , мм	2
Число ходів по трубах	2
Розрахунковий тиск у трубному просторі P_m , МПа	0,45
Розрахунковий тиск у міжтрубному просторі P_k , МПа	0,1
Розрахункова температура труб t_m , °С	83
Розрахункова температура кожуха t_k , °С	110
Матеріал кожуха	08X22H6T
Матеріал розподільної камери, кришки, трубної решітки та теплообмінних труб	08X22H6T
Матеріал прокладки кожуха	пароніт
Матеріал прокладки розподільної камери	пароніт
Середовище в трубному просторі – пожежовибухобезпечне, не шкідливе, за ГОСТ 12.1.007–76	
Середовище в міжтрубному просторі – пожежовибухобезпечне, шкідливе, 3 класу небезпеки за ГОСТ 12.1.007–76	
Загальне число циклів навантаження N	1000
Строк служби	10

Холодильник 273 ХК-1,0-М17/20-3-2-У ТУ 3612-024-00220302-02

6.2 Розрахунки на міцність теплообмінника

Розрахункова температура

Розрахункова температура розподільної камери:

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

$$t_{\text{кам}} = 2 \cdot 83 - 110 = 56 \text{ }^\circ\text{C}$$

Розрахункова температура ізолюваних фланців:

$$t_{\text{ф}} = t_k \quad (6.2)$$

де t_k – розрахункова температура апарата, $^\circ\text{C}$.

Розрахункову температуру ізолюваних апаратних фланців і фланців штуцерів розподільної камери теплообмінника приймаємо рівній температурі розподільної камери, тобто $t_{\text{ф}} = t_{\text{кам}} = 56 \text{ }^\circ\text{C}$.

Розрахункову температуру ізолюваних фланців штуцерів кожуха ухвалюємо рівній температурі середовища міжтрубного простору, тобто $t_{\text{ф}} = t_k = 110 \text{ }^\circ\text{C}$.

Розрахункова температура болтів ізолюваних фланцевих з'єднань:

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

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

$$t_{\text{б}} = 0,97 \cdot t_{\text{кам}} = 0,97 \cdot 56 = 54 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Розрахункова температура болтів фланцевих з'єднань штуцерів міжтрубного простору $t_{\text{б}} = 0,97 \cdot t_k = 0,97 \cdot 110 = 106,7 \text{ }^\circ\text{C}$.

Допустимі напруження при розрахунковій температурі $[\sigma]$ і при

температурі 20°C $[\sigma]_{20}$, МПа, для матеріалів елементів апарат наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Допустимі напружини матеріалів елементів теплообмінника

Елементи апарата	Матеріал	Допустимі напружини, МПа		Відношення допустимих напружин $[\sigma]_{20} / [\sigma]$
		при температурі 20 °С $[\sigma]_{20}$	при розрахунковій температурі $[\sigma]$	
Кожух	08X22H6T	130	122	1,062
Трубна решітка	08X22H6T	147	144	1,02
Труби	08X22H6T	130	122	1,06
Фланці апаратні	08X22H6T	147	144	1,02
Фланці штуцерів трубного простору	08X22H6T	147	144	1,02
Фланці штуцерів міжтрубного простору	Сталь 10	147	144	1,02
Шпильки	Сталь 10	147	144	1,01
Гайки	Сталь 10	147	144	1,06

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

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

Відношення $[\sigma]_{20} / [\sigma]$ приймаємо по тому із використуваних матеріалів елементів кожної порожнини апарата, для якої воно є найменшим. Для трубного простору при мінімальному відношенні допустимих напружень $[\sigma]_{20} / [\sigma] = 1,042$ пробний тиск становить:

$$P_{np m} = 1,25 P_m \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,25 \cdot 0,1 \cdot 1 = 0,125 \text{ МПа}$$

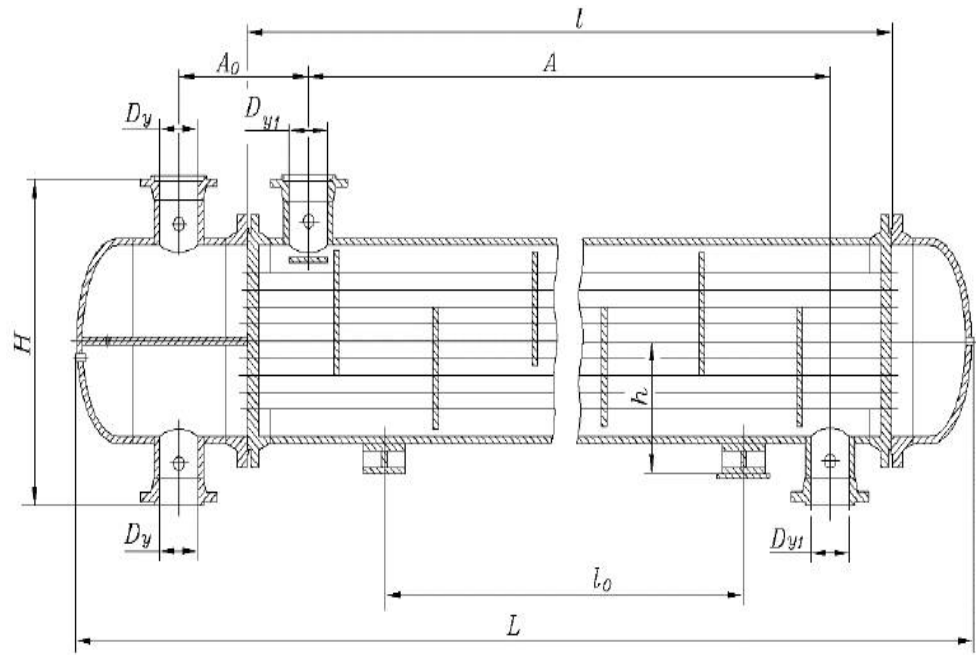


Рисунок. 6.4 - Кожухотрубчастий теплообмінний апарат

Гідростатичний тиск при випробуванні трубного простору теплообмінника складає

$$P_{гmp} = \rho_g \cdot g \cdot H_c \cdot 10^{-6} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,596 \cdot 10^{-6} = 0,007 \text{ МПа}$$

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

Гідростатичний тиск при випробуванні трубного простору

$$P_{гmp} = 0,007 \text{ МПа} < 0,05 P_{nmp} = 0,5 \cdot 0,125 = 0,062 \text{ МПа}$$

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

$$P_{im} = P_{nmp} = 0,125 \text{ МПа}$$

Умова

$$P_{im} = 0,288 \text{ МПа} \leq 1,35 P_m \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,35 \cdot 0,1 \cdot 1 = 0,135 \text{ МПа}$$

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

Для міжтрубного простору (кожуха) при відношенні допустимих напружень $[\sigma]_{20}/[\sigma] = 1,067$ пробний тиск становить:

$$P_{np\kappa} = 1,25 P_{\kappa} \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,25 \cdot 1 \cdot 1,067 = 1,33 \text{ МПа}$$

Гідростатичний тиск при випробуванні міжтрубного простору

$$P_{\varepsilon\kappa} = \rho_{\varepsilon} \cdot g \cdot H_{\kappa} \cdot 10^{-6}$$

де $H_{\kappa} = 0,596 \text{ м}$ [13]

$$P_{\varepsilon\kappa} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,596 \cdot 10^{-6} = 0,007 \text{ МПа}$$

$$P_{\varepsilon\kappa} = 0,007 \text{ МПа} < 0,05 \cdot 1,3 = 0,065 \text{ МПа}$$

$$P_{ук} = P_{np\kappa} = 1,3 \text{ МПа}$$

$$P_{im} = P_{np m} = 0,125 \text{ МПа}$$

Умова:

$$P_{im} = 1,33 \text{ МПа} \leq 1,35 P_m \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,35 \cdot 0,1 \cdot 1 = 0,135 \text{ МПа}$$

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

Коефіцієнти міцності зварених швів

Трубний простір теплообмінника по розрахунковому тискові, температурі і характеру робочого середовища відносяться до 4 групи судин, для яких довжина контрольованих швів становить не менш 25 % від їхньої загальної довжини. Для стикових швів із двостороннім суцільним проваром, виконаних автоматичним зварюванням коефіцієнт міцності зварених швів ухвалюємо рівним $\varphi_r = 0,9$ [14].

Міжтрубний простір теплообмінника по розрахунковому тискові, температурі і характеру робочого середовища відносяться до 1 групи судин, для яких довжина контрольованих швів становить не менш 100 % від їхньої загальної довжини. Для стикових швів із двостороннім суцільним проваром, виконаних автоматичним зварюванням коефіцієнт міцності зварених швів ухвалюємо рівним $\varphi_r = 1$ [14].

Для стикових (кільцевих) швів, які доступні зварюванню лише з однієї сторони і мають у процесі зварювання металеву підкладку з боку кореня шва, яка прилягає по всій довжині шва до основного металу, при контрольованій довжині швів 100 %, коефіцієнт міцності зварених кільцевих швів кожуха ухвалюємо рівним $\varphi_t = 0,8$ [14].

Добавки до розрахункових величин

Суми добавок до розрахункових величин визначаємо по формулі:

$$C = C_1 + C_2, \quad (6.8)$$

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

C_2 - добавка для компенсації мінусового допуску, мм.

Добавку для компенсації корозії і ерозії C_1 розраховуємо по формулі:

$$C_1 = \Pi \cdot \tau + C_э, \quad (6.9)$$

де Π - швидкість проникнення корозії;

$\tau = 10$ років - розрахунковий термін служби теплообмінника;

$C_э$ - добавка для компенсації ерозії, мм.

Добавку для компенсації ерозії не враховуємо, ухвалюючи, що теплообмінник працює із чистими рідкими середовищами (без твердих абразивних часток).

Швидкість проникнення корозії для матеріалу міжтрубного простору ухвалюємо $\Pi_k = 0,1$ мм/рік, а трубного - $\Pi_t = 0$ мм/рік.

Добавка для компенсації корозії становить:

- для труб з боку трубного і міжтрубного просторів

$S_{1T} = 0$ мм - для кожуха

$S_{1k} = P_k \cdot \tau = 0,1 \cdot 10 = 1$ мм

Добавку для компенсації мінусового допуску S_2 , мм, ухвалюємо по стандарту [14].

Розрахунок кожуха теплообмінника

Розрахунок товщини стінки циліндричної обичайки кожуха теплообмінника

Розрахункову товщину стінки кожуха від дії внутрішнього тиску визначаємо за формулою

$$S_{pk} = \frac{P_k \cdot D}{2 [\sigma]_k \cdot \varphi_p - P_k}, \quad (6.17)$$

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

D – внутрішній діаметр обичайки кожуха, мм;

φ_p – коефіцієнт міцності подовжніх зварних швів.

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

$$S_{pk} = \frac{0,45 \cdot 273}{2 \cdot 122 \cdot 0,9 - 0,1} = 0,559 \text{ мм}$$

Відповідно стандарту [14] виконавчу товщину стінки кожуха ухвалюємо рівною $S_k = 4$ мм. Добавка для компенсації мінусового допуску для сталевих листа товщиною 4 мм становить $S_2 = 0,5$ мм.

Добавку $C_2 = 0,5 \text{ мм} > 0,05 \cdot S_k = 0,05 \cdot 4 = 0,2 \text{ мм}$ урахуємо, так як вона перевищує 5 % від номінальної товщини листа.

Сума добавок до розрахункової товщини стінки кожуха становить

$$C_k = C_{1k} + C_{2k} = 1 + 0,5 = 1,5 \text{ мм}$$

Виконавчу товщину стінки кожуха визначаємо по формулі:

$$S_k > S_{pk} + C_k \quad (6.11)$$

$$S_k = 1,46 + 1,5 = 2,96 \text{ мм.}$$

Остаточно ухвалюємо виконавчу товщину стінки кожуха рівної $S_k = 4 \text{ мм}$.

Припустимий внутрішній надлишковий тиск у кожусі визначаємо по формулі:

$$[P] = \frac{2[\sigma] \cdot \varphi_p \cdot (S - C)}{D + (S - C)} \quad (6.19)$$

$$[P] = \frac{2 \cdot 172,5 \cdot 1 \cdot (4 - 1)}{273 + (4 - 1)} = 3,75 \text{ МПа}$$

Умова міцності

$$P_k = 0,45 \leq [P] = 3,75 \quad \text{МПа} \quad (6.20)$$

виконується.

Умова застосування розрахункових формул

$$\frac{S - C}{D} = \frac{4 - 1}{273} = 0,01 \leq [P] \quad (6.21)$$

виконується.

6.4 Визначення товщини трубних решіток

Товщину трубних решіток ухвалюємо рівною 20 мм із наступною перевіркою на міцність і твердість. Розрахунковий тиск визначаємо по формулі:

$$P = \max \{ |P_T|; |P_K|; |P_T - P_K| \} \quad (6.13)$$

$$P = \max\{1,0; 1,0; |1,0 - 1,0|\} = 1,0 \text{ МПа.}$$

Розрахункову товщину трубних решіток за умови міцності максимальної безтрубної зони визначаємо по формулі:

$$S_{pp} = 0,5 \cdot D_e \sqrt{P / [\sigma]_p},$$

де $D_e = 21,3 \text{ мм}$ [13] – діаметр окружності, уписаної в максимальну безтрубну зону, визначаємо конструктивно.

$$S_{pp} = 0,5 \cdot 21,3 \sqrt{1/176,5} = 1,15 \text{ мм}$$

Виконавчу товщину трубних решіток за умови міцності максимальної безтрубної зони визначаємо по формулі

$$S_p > S_{pp} + C_p = 1,15 + 1,8 = 2,95 \text{ мм}$$

Ухвалюємо $S_p = 20 \text{ мм}$.

Коефіцієнт ослаблення трубних решіток визначаємо по формулі

$$\phi_p = 1 - d_0 / t_p$$

$$\phi_p = 1 - 20,15 / 26 = 0,225$$

Розрахункову товщину трубних решіток у перерізі канавки під поздовжною перегородку визначаємо по формулі

$$S_{np} = S_{pp} \cdot \max \left\{ 1 - \sqrt{\frac{d_0}{b_n} \cdot \left(\frac{t_n}{t_p} - 1 \right)}; \sqrt{\phi_p} \right\}$$

$$S_{np} = 1,4 \cdot \max \left\{ 1 - \sqrt{\frac{20,15}{8} \cdot \left(\frac{45}{26} - 1 \right)}; \sqrt{0,225} \right\} = 1,15 \cdot \max \{-0,35; 0,474\} = 0,65 \text{ мм}$$

Товщина трубних решіток у перерізі під поздовжною перегородку в розподільній камері повинен бути не менше $S_p > S_{np} + C_p = 0,65 + 1,3 = 1,95 \text{ мм}$. З конструктивних міркувань ухвалюємо товщину трубних решіток у перерізі канавки під поздовжною перегородку в розподільній камері рівної 18 мм.

6.5 Визначення допоміжних величин

Значення коефіцієнтів лінійного розширення матеріалів кожуха як і труб ам ухвалюємо по [15]:

$$\alpha_k = 16,65 \cdot 10^{-6} 1/^\circ C; \alpha_m = 16,6 \cdot 10^{-6} 1/^\circ C$$

Різницю в подовженні кожуха й труб у робочих умовах, яку необхідно компенсувати визначаємо по формулі:

$$\Delta = l \cdot \left[\alpha_k \cdot (t_k - t_0) - \alpha_m \cdot (t_m - t_0) \right] |$$

$$\Delta = 3000 \cdot \left[16,65 \cdot 10^{-6} \cdot (115 - 20) - 16,6 \cdot 10^{-6} \cdot (90 - 20) \right] | = 1,04 \text{ мм}$$

Визначаємо здатність, що компенсує, однієї лінзи компенсатора при загальному числі циклів навантаження $N = 103$, $\Delta_l = 5,5$ мм [13].

Необхідне число лінз у компенсаторі розраховуємо по

$$n_l = \frac{\Delta}{\Delta_l} = \frac{1,04}{5,5} = 0,19$$

формулі:

Отримане число лінз округляємо до найближчого більшого цілого

$$n_l = 1$$

числа:

Розрахунок лінзового компенсатора

Умови застосування розрахункових формул

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

$$\frac{S_l}{d_n} = \frac{7}{273} = 0,025 < 0,035;$$

$$1,08 < \frac{D_l}{d_n} = \frac{575}{273} = 2,10 < 3,00;$$

$$\frac{2r}{D_l - d_n} = \frac{2 \cdot 22}{575 - 273} = 0,14 < 0,4.$$

виконуються.

Визначення допоміжних величин

Розрахунковий діаметр западини хвилі компенсатора розраховуємо за формулою:

$$d_1 = d_n - S_n = 273 - 7 = 265 \text{ мм}$$

Розрахунковий діаметр гребеня хвилі компенсатора визначаємо за формулою:

$$d_2 = D_n - S_n = 575 - 7 = 568 \text{ мм}$$

Середній радіус тороїдального переходу хвилі компенсатора розраховуємо за формулою:

$$r_s = 0,5(2r + S_n) = 0,5(2 \cdot 22 + 7) = 25,5 \text{ мм}$$

Допоміжну величину впливу переходу розраховуємо за формулою:

$$\rho_n = 2 - 100 \cdot \frac{r_s}{d_1 + d_2} = 2 - 100 \cdot \frac{25,5}{265 + 568} = 0,03$$

Розрахункову ширину пластинчастої зони хвилі компенсатора визначаємо за формулою:

$$b_n = 0,5(d_2 - d_1 + \rho_n \cdot r_s) = 0,5(568 - 265 + 0,03 \cdot 25,5) = 151,8 \text{ мм}$$

Радіус закруглення пластинчастої зони хвилі компенсатора розраховуємо за формулою:

$$R_o = 0,25(d_2 + d_1 - 2b_n) = 0,25(568 + 265 - 2 \cdot 151,8) = 132,35 \text{ мм}$$

Середній діаметр хвилі визначаємо за формулою:

$$d_{cp} = 0,5(d_2 + d_1) = 0,5(568 + 265) = 416,5 \text{ мм}$$

Характеристики хвилі обчислюємо за формулами:

$$\xi = \frac{d_2}{d_1} - 1 = \frac{568}{265} - 1 = 1,14;$$

$$\eta = \frac{d_2 - d_1}{2 \cdot r_s} - 2 = \frac{568 - 265}{2 \cdot 25,5} - 2 = 3,9;$$

$$\alpha = \frac{S_n}{d_1} = \frac{7}{265} = 0,026;$$

$$\lambda = \frac{b_n}{R_o} = \frac{151,8}{132,35} = 1,14;$$

$$\gamma = 1 + 1,25 \cdot \frac{d_2}{d_1} - \frac{3,2 \cdot r_s}{d_2 - d_1} = 1 + 1,25 \cdot \frac{568}{265} - \frac{3,2 \cdot 25,5}{568 - 265} = 3,41.$$

Розрахунок компенсатора на міцність

Розрахункову товщину S_3 , мм, розраховуємо за формулою:

$$S_3 = 0,25(d_2 - d_1 - \gamma \cdot r_s) \cdot \sqrt{P/[\sigma_n]} =$$

$$= 0,25 \cdot (568 - 265 - 3,41 \cdot 25,5) \cdot \sqrt{0,4/122,42} = 3,07 \text{ мм}$$

Розрахункову товщину стінки компенсатора S_4 , мм, визначаємо за формулою:

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

$$= \frac{0,4 \cdot 416,5}{2 \cdot 122,42 \cdot 0,9} \cdot \frac{306}{568 - 265 + 2 \cdot 5 + 2,3 \cdot 25,5} = 0,62 \text{ мм}$$

Розрахункову товщину стінки компенсатора визначаємо за формулою:

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

$$= 0,62 \sqrt{0,5 + \sqrt{0,25 + (3,07/0,62)^4}} = 3,1 \text{ мм}$$

Суму добавок до розрахункової товщини стінки лінзового компенсатора при її товщині $S_n = 7,0$ мм приймаємо рівною 0,8 мм.

Виконавчу товщину стінки лінзового компенсатора розраховуємо за формулою:

$$S_n \geq S_{np} + C_n = 3,1 + 0,8 = 3,9 \text{ мм}$$

Приймаємо виконавчу товщину стінки компенсатора рівною 7 мм.

Допустимий тиск $[P]_1$ визначаємо за формулою:

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

$$= 16 \cdot \left(\frac{7 - 0,8}{568 - 265 - 2,91 \cdot 25,5} \right)^2 \cdot 122,42 = 1,42 \text{ МПа}$$

Допустимий тиск $[P]_2$ визначаємо за формулою:

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

$$= \frac{2 \cdot 122,42 \cdot 0,9 \cdot (7 - 0,8)}{443} \cdot \frac{568 - 265 + 2 \cdot 5 + 2,3 \cdot 25,5}{306} = 3,74 \text{ МПа}$$

Допустимий тиск визначаємо за формулою:

$$[P]_n = \frac{[P]_1}{\sqrt{1 + \left(\frac{[P]_1}{[P]_2} \right)^2}} = \frac{1,42}{\sqrt{1 + \left(\frac{1,42}{3,74} \right)^2}} = 1,33 \text{ МПа}$$

7. Технологія виготовлення холодильника кубового залишку

Виробництво кожухотрубних теплообмінників вже давно спрямоване не тільки для забезпечення станцій центрального тепlopостачання, але і для інших галузей. Їх часто застосовують в хімічній, харчовій та легкій промисловостях. Таке обладнання здатне забезпечити динамічний підігрів великих об'ємів рідини.

7.1 Виготовлення обичайок

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

Для виготовлення обичайки спочатку виконується розмітка листових заготівель із метою вказівки границь обробки й раціонального розкрою листа для найбільш повного використання металу. Розмітка виконується на розмічальних столах або плитах. По маркуванню листа перевіряється відповідність марки металу, довжини, товщини й ширини листа вимогам креслення. Лист укладається на розмічальний стіл маркуванням нагору й на ньому розмічається базова ризику уздовж крайки з найменшої серповидністю. На листі розмічаються ризики під відрізок, ризики з непаралельністю не більше 1 мм під строжку й контрольні ризики.

Різання листа здійснюють на гильйотинних ножицях. Після різання здійснюють обробку кромки на верстаті. Після цього лист подається до преса для підгибки кромки. Після підгинання кромки лист подається до листозгинальної машини із трьома валками розташованими симетрично. Зборку поздовжнього стику роблять гідравлічними струбцинами. Після приварки на ролікоопорах вхідної й вихідної планок звареним трактором виконується зварювання внутрішнього шва по флюсовій подушці, а після

зачищення кореня шва зварюється зовнішній поздовжній шов. Після зварювання зовнішнього шва на стенді шов зачищають, знімають посилення й видаляють вхідну й вихідну планки. Далі обичайка подається до листозгинальної машини на виправлення, зварні шви контролюються ультразвуковою дефектоскопією. Отвори в обичайці під штуцера обробляють вирізкою газовим різакон з попередньою розміткою.

7.2 Виготовлення еліптичних днищ

Розміри й форма днищ повинні відповідати ГОСТ 6533-78. Виготовлення еліптичного днища виконують по технічних умовах на виготовлення й поставку днищ, які викладені в стандартах на днища. Днища можна виготовляти штампуванням на пресах, методом обкатування 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 °С. Нагріта заготівля спеціальними захватами витягається з печі й подається на транспортер, за допомогою якого транспортується до штампа, що перебуває під пресом. Штмп складається із циліндричного пуансона з еліпсоїдною торцевою поверхнею, виконаної за формою кулі. Під час штампування, пуансон, рухаючись униз тягне заготовку через матрицю. Потім заготівлю встановлюють на протяжне кільце й 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.

7.3 Встановлення штуцерів

Після розмітки корпусу виробляється вирізка отворів для установки люка, штуцерів й інших елементів арматури апарата. Отвори для установки штуцерів на обичайці й днищі розміщують на відстані від краю 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% 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 склад льну плиту, по

внутрішньому діаметрі встановлюються підкладки, по товщині рівні товщині підведення й торця патрубка до сполучної поверхні фланця. Патрубок торцем укладається у фланець на підкладку. Витримується перпендикулярність осі щодо ущільнювальної поверхні фланця. Патрубок прихоплюється й потім приварюється до фланця.

7.4 Збирання й зварювання корпуса

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.

7.5 Кріплення труб в трубних решітках

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

7.6 Розвальцьовування труб

Інструмент, устаткування і технологія розвальцьовування труб розвальцьованих і комбінованих з'єднань, повинні відповідати вимогам галузевого стандарту. Конусність внутрішньої поверхні труби після розвальцьовування не має

бути більше 0,3 мм на довжині розвальцьовування. Гострі кромки в місці переходу від розвальцьовуваної частини труби до нерозвальцьовуваної, а також

відшаровування і луцення металу на внутрішній поверхні труби не допускаються.

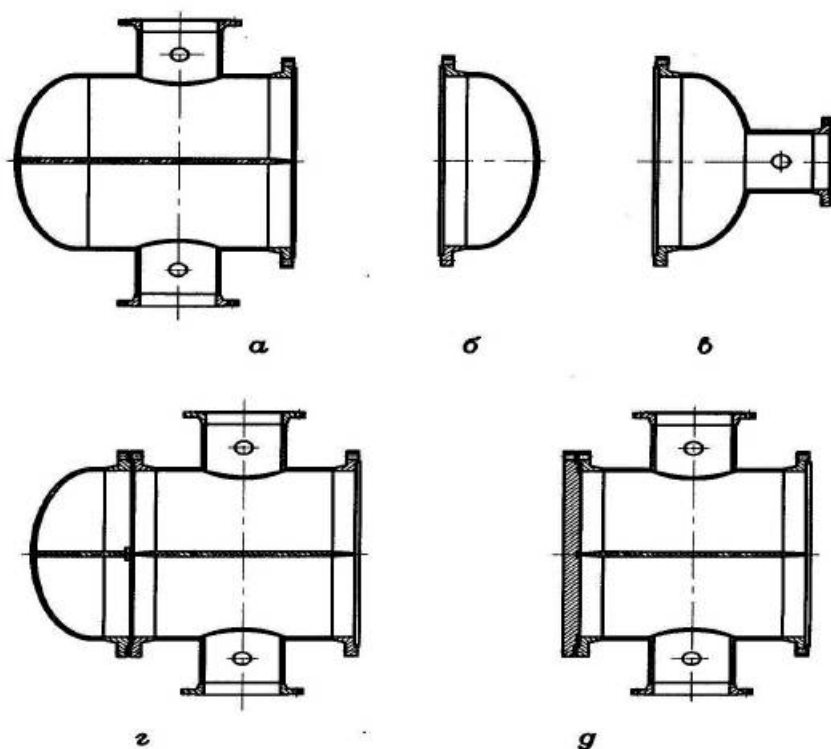


Рисунок. 8.1 – Типові конструкції розподільних камер і кришок

а – розподільна камера з приварною еліптичною кришкою двоходового апарата; б – кришка двоходового апарата; в – розподільна камера одноходового апарата; г – розподільна камера двоходового апарата з від’ємною еліптичною кришкою; д – розподільна камера двоходового апарата з від’ємною плоскою кришкою;

7.7 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.

7.8 Збирання холодильника

Збирання холодильника необхідно проводити в такій послідовності:

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

7.9 Випробування після виготовлення

Усе теплообмінні труби мають бути піддані гідравлічним випробуванням на підприємстві-виготовнику. При відсутності в сертифікатах даних про гідравлічні випробування підприємство-виготовник теплообмінних апаратів зобов'язано провести вибіркові гідравлічні випробування відповідно до вимог ГОСТ 3845-75 по 3 % труб від кожної партії, але не менше 5 труб. При отриманні незадовільних результатів хоча б однієї з труб проводять повторні випробування на подвійній кількості труб, взятих із тієї ж партії. Результати повторних випробувань є остаточними. При отриманні незадовільних результатів повторних випробувань треба провести гідравлічні випробування усієї партії труб. Гідравлічні випробування на міцність та герметичність кріплення труб в трубних решітках здійснюється пробним

тиском, який визначається галузевим стандартом. Якщо умовний тиск для кожуха менше умовного тиску для трубного простору, випробування герметичності здійснюється повітрям, гасом, галоїдами, гелієм, хладоном, аміаком тощо. Якщо товщина трубної решітки розрахована на перепад тиску між трубним та міжтрубним просторами, умови гідравлічного випробування та випробування на герметичність кріплення труб в трубних решітках повинні проводитись відповідно до вимог галузевого стандарту. Зварний шов приварення трубної решітки до фланця та кожуха в апаратах з трубним пучком, який не витягається з кожуха, має бути перевірений радіографічним методом або ультразвуковою дефектоскопією по всій його довжині. У випадку недоступності шва або окремих його ділянок для перевірки радіографічним методом або ультразвуковою дефектоскопією метод контролю вибирається за РД 26-11-01-85. Кожний перетік середовища в трубному просторі від одного кінця теплообмінника до другого є ходом. Змінюючи число ходів, можна змінювати швидкість руху середовища усередині труб. Гідровипробування проводиться водою. При заповненні теплообмінника водою, повітря повинне бути цілком вилучене. Для гідровипробування теплообмінника застосовується вода з температурою не нижче $+5^{\circ}\text{C}$ і не вище $+40^{\circ}\text{C}$. Тиск при випробуванні повинний контролюватися двома манометрами. Тиск у випробовуваному теплообміннику повинний підвищуватися плавно, використання стиснутого повітря або газу не допускається. Мінімальну величину пробного тиску $P_{пр}$ при гідравлічному випробуванні теплообмінника, а також трубопроводів в межах теплообмінника приймають:

$$P_{пр}=1,25 \cdot P \cdot [\sigma]_{20} / [\sigma]_t$$

де P – розрахунковий тиск, МПа

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

$[\sigma]_t$ – допустиме напруження матеріалу апарата при розрахунковій

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

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

8. Ремонт холодильника

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

8.1 Планово-попереджувальні ремонти для теплообмінного обладнання

У сучасних умовах при швидко зростаючому рівні механізації й автоматизації виробничих процесів питання забезпечення належного стану обладнання, правильного догляду за ним, своєчасного й якісного ремонту набувають усе більше значення.

Для виключення значних втрат у виробництві, пов'язаних з несправністю технологічного й енергетичного устаткування, необхідно приділяти належну увагу організації технічного обслуговування й ремонту устаткування, роботі ремонтних служб підприємства.

Система планово-попереджувального ремонту. Прийнята в хімічній промисловості, система технічного обслуговування й ремонту устаткування базується на комбінації технічного обслуговування й планово-запобіжних ремонтів.

Планово-запобіжні ремонти (ПЗР) проводять по Методу планово-періодичних ремонтів для основного устаткування й післяоглядових ремонтів (ремонт за технічним станом) для допоміжного обладнання. Розподіл на основне або допоміжне устаткування умовно залежить від конкретних умов експлуатації даного устаткування й ступені його впливу на одержання кінцевого й проміжного продукту. Звичайно до основного відносять устаткування, призначене для проведення основних хімікотехнологічних процесів і одержання цільового продукту. Вихід з ладу основного устаткування приводить до зупинки технічної лінії (установки) або різкому зниженню її продуктивності.

Сутність планово-періодичного ремонту полягає в тому, що ремонти всіх видів планують і виконують в строго встановлені ремонтними нормативами строки. Сутність ремонту по технічному стану (метод післяоглядових ремонтів) полягає в тому, що види й строки ремонту планують на основі відомостей про технічний стан устаткування, отриманих при проведенні періодичного технічного обслуговування.

Система ПЗР устаткування підприємств хімічної промисловості передбачає поточний і капітальний ремонт.

Поточний ремонт виконують для забезпечення або відновлення працездатності устаткування; він полягає в заміні або відновленні окремих складальних одиниць і деталей обладнання. Поточні ремонти включають: операції періодичного технічного обслуговування; роботи із заміни або відновлення швидкозношуваних деталей і складальних одиниць; ремонт футеровки й захисного покриття; фарбування; перевірку кріпильних з'єднань й заміну з ладу деталей; заміну набивки сальників і прокладок, ревізію арматур, очищення, промивання й ревізію механізмів; зміну масла в мастильних системах, перевірку на точність і ін.

Капітальний ремонт виконують для відновлення справності й повного або близького до повного відновлення ресурсу устаткування із заміною або відновленням будь-яких його елементів, включаючи базові. При капітальних

ремонтах виконують, як правило, роботи з модернізації устаткування й впровадженню нової техніки.

Обсяг капітального ремонту й докладний перелік робіт встановлюються відомістю дефектів. Типові роботи при капітальному ремонті: заходи в обсязі поточного ремонту; повне розбирання, очищення й промивання ремонтуємого устаткування; заміна й відновлення всіх зношених деталей і вузлів, включаючи базові; повна або часткова заміна ізоляції, футеровки й ін.; складання, вивірка, регулювання й центрування встаткування; фарбування й післяремонтне випробування. При капітальному ремонті усувають дефекти устаткування, виявлені як у процесі експлуатації, так і при проведенні ремонту. ПЗР обладнання проводять на основі ремонтних нормативів, певних для машин і устаткування різних типів. Ці нормативи визначають: міжремонтний період; тривалість простою в ремонті з розбивкою на підготовчий, ремонтний і заключний періоди (у годинах); трудомісткість ремонту (у осіб/год).

Міжремонтний період визначає час роботи обладнання між двома послідовно проведеними ремонтами і є основою для розробки такого показника системи планово-запобіжного ремонту, як структура ремонтного циклу. Загальне число робочих годин устаткування умовно прийнято 720 год на місяць, 8640 год у рік.

Залежно від умов роботи виробництва й з обліком технічного стану обладнання допускаються наступні відхилення від нормативу міжремонтного періоду: + 15 % між поточними ремонтами; + 10 % між капітальними ремонтами. Тривалість простою обладнання в ремонті обчислюють із моменту відключення устаткування до моменту здачі відремонтованого обладнання експлуатаційному персоналу й виводу встаткування на робочий режим і включає час проведення підготовчих, ремонтних і заключних робіт. До підготовчих робіт належать зупинка встаткування, скидання тиску, вивід продукту, продувка, промивання, нейтралізація, установлення заглушок і ін. Підготовчі роботи завершують здачею обладнання ремонтному персоналу.

Тривалість власне ремонтних робіт - це період від моменту приймання обладнання в ремонт до моменту здачі відремонтованого встаткування експлуатаційному персоналу, включаючи час випробувань на міцність і щільність і обкатування вхолосту. До заключних робіт належать підготовка, пуск устаткування в експлуатацію й вивід його на робочий режим.

8.2 Підготовчі роботи перед проведенням ремонту

Підготовка устаткування до ремонту впливає на повноту усунення дефектів, а також на кількість ремонту. Крім того, правильна підготовка встаткування до ремонту досить важлива для забезпечення безпеки персоналу, зайнятого на ремонтних роботах. Послідовність і зміст операцій по виводу працюючого встаткування в ремонт обмовляється в технологічних інструкціях. Устаткування виводиться з роботи в плановому порядку обслуговуючим персоналом за вказівкою особи відповідального за його стан і безпечну експлуатацію. Потім його від'єднують від діючих трубопроводів і від іншого встаткування установкою заглушок. Заглушки встановлювані у фланцевих розніманнях, виготовляють відповідно до вимог норм із пофарбованими в червоні кольори хвостовиками, із вказівкою привласнених номерів, Ду та Ру.

Установка заглушок записується у вахтовому журналі із вказівкою номера, місця й часу установки й прізвища виконавця. Так само реєструється й зняття заглушок.

Теплообмінник готують до ремонту в такий спосіб. Доводять тиск у теплообміннику до атмосферного, видаляють робоче середовище, після чого його пропарюють водяною парою, що витісняє пари, що залишилися в теплообміннику, і газу. Після пропарювання теплообмінник промивають водою. У деяких випадках пропарювання й промивання чергують кілька разів.

Підготовленість устаткування підтверджується в наряді-допуску, що видається ремонтній бригаді. Після закінчення провітрювання варто зробити аналіз повітря, узятого з різних порожнин теплообмінника.

8.3 Розбирання апарата, виявлення й 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 скосу не повинен перевищувати 15°. Допускаються стикові шви без попереднього утонення стінки, якщо різниця між товщинами елементів, що з'єднуються, не перевищує 30 % від товщини 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.

8.4 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 ВНШПТхімнафтоапаратури, показав, що від 14 до 25% відмов викликано порушенням герметичності вальцювальних з'єднань. Повзучість і релаксація при високих температурах порушують герметичність з'єднання, у зв'язку з чим при робочих температурах понад 450 °C для сталевих труб і понад 250 °C для труб з кольорових металів і сплавів необхідно застосовувати комбіноване кріплення (розвальцьовування і зварку). При деформації труби 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 14,0МПа, у поєднанні з розвальцьовуванням, виконаним роликотримачем, 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 облямівувача. 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 облямівувача, яке деформує стінку труби. Ретельність в установці і роботі цим інструментом запобігає пошкодженню отвору трубних решіток. Потім облямівувачем 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 відрізають 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.

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

Течія в місцях кріплення труб в умовах експлуатації усувається зазвичай розвальцюванням, оскільки застосування зварки часто

неможливе за умовами техніки безпеки. При розвальцьовуванні на робочих місцях (без демонтажу теплообмінника) використання звичайного устаткування нерідко утруднене великою висотою вертикально розташованих теплообмінників, обмеженістю об'єму закритих камер і тому подібне. В цих випадках застосовують развальцьовочний 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 развальцьовочний інструмент з регульованою глибиною розвальцьовування набув в даний час найбільшого поширення як у нас, так і за рубежом. У пазах корпусу, що розташовані під кутом 120° один до іншого і під кутом α (де $\alpha=1^\circ30'—4^\circ30'$) до подовжньої осі інструменту, обертаються ролики, які утримуються від випадіння 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.

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 неререверсивного двигуна) і пристрою для фіксації развальцьовочного інструменту. Все більшого поширення набувають передачі з проміжним валом (зазвичай – телескопічного типу) між інструментом і приводом.

9. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

Техніка безпеки при ремонті обладнання забезпечується, насамперед, підготовкою робочого місця: будь те централізована, змішана організація ремонтної служби на підприємстві або ремонт по місці установки обладнання. Для цього повинні бути передбачені вільні проходи, шляхи доставки деталей, інструментів і пристосувань, огороження робочої зони, запобіжні й попереджуючі пристрої. При роботі на висоті, як правило, повинні використовуватися інвентарні підмостки й ліса. У виняткових випадках з дозволу головного інженера ці обладнання можна виготовляти індивідуально по затвердженому проекту. Навантаження на них не повинно перевищувати розрахункову. Настили повинні забезпечуватися поруччям висотою не менш 1 м, мати поручні, бортову дошку висотою не менш 0,15 м і проміжну горизонтальну планку. Рами, стійки, сходи кріпляться до стійких конструкцій. Сходи повинні мати нахил до обр'ю не більш 60°.

Особливо високі вимоги пред'являються до підвісних і піднімальних лісів: вони повинні бути випробувані під навантаженням, що перевищує розрахункову в 1, 5 рази; підтримуючі й робочі канати повинні мати дев'ятикратний запас міцності. Земляні роботи (особливо машинами) проводяться тільки з письмового дозволу керівництва підприємства за встановленою формою. Ця форма передбачає узгодження зі службами: електроцеху, пожежної охорони, зв'язки, транспорту й водопостачання. Район проведення земляних робіт позначається знаками й вказівниками.

При ремонті обладнання електрозварювальні роботи повинні бути організовані відповідно до ГОСТ 12.3.003-75 «Роботи електрозварювальні. Загальні вимоги безпеки» і Правилами пожежної безпеки при проведенні зварювальних і інших вогневих робіт на об'єктах народного господарства. До зварювальних і інших вогневих робіт допускаються фахівці, що мають талон про перевірку знань вимог пожежної безпеки. Зварники проходять інструктаж з безпеки праці через кожні три місяці. Роботи з електрозварювання у вибухо- і пожежебезпечних приміщеннях повинні проводитися відповідно до вимог Типової інструкції з організації безпечного ведення вогневих робіт. Забороняється проводити зварювальні роботи на відкритому повітрі під час дощу й снігопаду.

Місця проведення постійних вогневих робіт затверджуються наказом керівника підприємства, а тимчасових – письмовим дозволом за спеціальною формою, підписаною особою, відповідальним за пожежну безпеку даного виробництва. Слід зазначити, що дозвіл видається тільки на робочу зміну. У випадку аварії зварювальні роботи проводяться без письмового дозволу, але під спостереженням керівника підрозділу. Місця проведення вогневих робіт повинні забезпечуватися засобами пожежогасіння. Після проведення вогневих робіт керівник об'єкта або особа, відповідальна за пожежну безпеку, повинен забезпечити перевірку місця проведення цих робіт протягом 3-5 годин після їхнього виконання. Балони з киснем або горючим газом для газозварювальних робіт повинні мати на горловинах запобіжні ковпаки, що загвинчуються. Балони при транспортуванні як наповнені, так і порожні не повинні зазнавати поштовхам і ударам. Також вони повинні бути захищені від сонячних променів і інших джерел тепла й вилучені від пальників на відстань не менш як 5 м. Майданчик, де встановлені ацетиленові генератори, повинен бути огороженим. Барабани з карбідом необхідно відкривати за допомогою латунного зубила й молотка або спеціальним ножем, змазаним товстим шаром солідолу. Застосування мідних інструментів для розкриття барабанів забороняється. Барабани з-під карбїду необхідно охороняти від води. Ємнісне обладнання, що підлягає розкриттю для ремонту, повинне бути охолоджене, звільнене від продукту, відключене від діючої апаратури й трубопроводів. Потім це обладнання промивається, пропарюється гострою парою, продувається інертним газом і повітрям. Устаткування розкривається тільки в присутності начальника зміни й відповідального за проведення робіт особи, які перевіряють готовність цього устаткування до розкриття. Після розкриття в апаратах і ємностях можна працювати тільки по письмовому дозволу начальника цеху. Цей дозвіл видається механікові цеху або особі, відповідальному за проведення робіт. Дозвіл містить дані про підготовленість устаткування до ремонту, особливі заходи безпеки при проведенні робіт, сполука бригади виконавців, термін дії цього дозволу, прізвище й посада особи, відповідального за провадження робіт. У дозволі вказуються також тривалість безперервної роботи в апараті й порядок зміни працюючих.

Виконувати ремонтні роботи усередині обладнання слід проводити неіскристим інструментом. Якщо потрібно при ремонті усередині апарата застосування відкритого вогню, то такі роботи можна виконувати тільки з письмового дозволу головного інженера підприємства. Цей дозвіл повинний бути погоджений з місцевими органами пожежного нагляду. Роботи при цьому виконуються строго по спеціально розробленій інструкції й при наявності акту огляду обладнання на відсутність небезпечних речовин у ньому. Вогневі ремонтні операції проводяться при повністю відкритих люках і кришках. Обладнання повинне бути заземлене до початку зварювальних

робіт, а електродотримач заблоковано з пускачем так, щоб заміна електрода могла проводитися тільки при відключеному струмі. Зварник повинен працювати усередині обладнання в діелектричних рукавичках, калошах шоломі, що ізолює, касці, підлокітниках і наколінниках. Значний обсяг робіт при ремонті припадає на такелажні операції. Тому необхідно знати основні правила безпечного виконання цих робіт. Перед підйомом і транспортуванням вузлів і обладнання необхідно перевірити справність вантажопідйомних механізмів. Крім того, до ручного транспортування вузлів і деталей устаткування допускаються особи, що досягли вісімнадцятирічного віку й минулі медичний огляд. Слід пам'ятати, що одна людина може піднімати вантаж вагою не більш 500 Н.

Забороняється при роботі вантажопідйомних механізмів: перебувати під вантажем, що піднімається; відривати краном устаткування від бетонної підливи, що примерзло до землі; допускати розгойдування вантажу; залишати на тривалий час вантаж у піднятому стані; виправляти під час роботи лебідки неправильне намотування троса на барабан; допускати повне розмотування троса (на барабані повинне залишатися не менш півтора витків троса).

Великий обсяг робіт при ремонті припадає на слюсарні операції, тому слід розглянути правила безпечного виконання їх. Стенди й слюсарні верстати на стороні, зверненої до інших робочих місць і проходів, повинні мати сітку, що огорожує, висотою 600 мм. Перед виконанням ремонтних робіт необхідно перевіряти справність ручного інструмента й кріплення його на рукоятках. Нарощування гайкових ключів трубами для збільшення крутного моменту забороняється. Верстати для заточення повинні мати захисні запобіжні кожухи й прозорий екран для захисту очей від часток абразиву й металу. Також забороняється відвертати й загортати гайки за допомогою молотка й зубила. При ремонті деталей на свердлильних верстатах необхідно виконувати наступні правила:

- а) деталь повинна бути надійно закріплена на столі в лещатах або пристосуванні;
- б) стружку зі стола не можна видаляти рукою;
- в) забороняється подавати охолодну рідину змоченими обтиральними кінцями.

При ремонті обладнання в приміщеннях зниженої небезпеки можна застосовувати електроінструмент на напрузі 127 або 220 В, а в приміщеннях підвищеної небезпеки напруга не повинна перевищувати 36 В. Щодо цього пневмоінструмент більш безпечний і може застосовуватися в сирих приміщеннях, під дощем. Працювати із пневмоінструментом необхідно в захисних окулярах і з установкою екранів для захисту від шматків, що відлітають. Забороняється працювати з електро- і пневмоінструментом на приставних сходах. При ремонті й випробуванні обладнання необхідно передбачати заходи, які виключають ушкодження діючого встаткування.

Крім того, забороняється проведення пневматичних випробувань устаткування й трубопроводів без видалення працюючих з небезпечної зони; не можна проводити одночасно вогневі роботи й роботи, які можуть викликати викид вибухонебезпечних або горючих газів. Під час гідравлічних і пневматичних випробувань забороняється перебувати персоналу поруч із апаратом. Пневматичні випробування не можна проводити в діючих цехах, на естакадах і в каналах, де є працюючі трубопроводи. Підвищення й зниження тиску при випробуванні проводиться плавно й повільно. Забороняється робити огляд і під час підвищення й зниження тиску. Випробування апаратів і машин проводять відповідно до технічних умов, правил і нормами для кожного виду обладнання. Перед випробуваннями обладнання забирають допоміжні пристосування, вантажопідйомні механізми, матеріали й інструмент, а також сторонні предмети з обертових частин і із внутрішніх порожнин апаратів. Особлива увага приділяється токопідводним і запобіжним обладнанням, стану заземлення, кріпленню фундаментних болтів.

ВИСНОВКИ

В даному дипломному проекті розглянуто холодильник дистиляту установки ректифікації суміші бензол-толуол продуктивністю 5,5 т/год.

а) На основі аналітичного огляду вибрана конструкція холодильника кубового залишку, 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.

ЛІТЕРАТУРА

1. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1987. – 576с.
2. Методические указания к выполнению курсовой работы на тему “Расчет ректификационной установки непрерывного действия”. - Ильиных А.А., Носач В.А., Резанцев И.Р., 2005 – 90с.
3. 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.
4. Расчеты основных процессов и аппаратов нефтепереработки. Справочник/Под редакцией Судакова Е.Н., 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1979. – 568 с.
5. 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.
6. 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.
7. Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. Процессы и аппараты химической технологии, 4-е изд. – М.: Химия, 1967. – 848 с.
8. Романков П.Г., Курочкина М.И. Расчетные диаграммы и номограммы по курсу "Процессы и аппараты химической промышленности". – Л.: Химия, 1985. – 54 с.
9. Дытнерский Ю.И. и др. Колонные аппараты. Каталог/ Под ред. Дытнерского Ю.И., 2-е изд-во. – М.: ЦИНИНЕФТЕХИММАШ, 1978. – С. 220.
10. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии, 3-е изд. – М.: Химия, 1987. – 496 с.
11. В.В. Иванченко, О.І. Барвін, Ю.М. Штонда. Конструювання та розрахунок кожухотрубчастих теплообмінних апаратів. – Луганськ: Вид-во СНУ ім. Даля. – 2006. – 208 с.
12. О.І. Барвін, І.М. Генкіна, В.В. Иванченко, Г.В. Тараненко, Ю.М. Штонда. Конструювання та розрахунок сталевих зварних посудин та апаратів. Обичайки та днища. – Луганськ: Вид-во СНУ ім. Даля. – 2005. – 295 с.
13. Розрахунок на міцність, жорсткість і герметичність фланцевих з'єднань посудин та апаратів. Методика і приклад розрахунку. Сост. О.І. Барвін, В.В. Иванченко, І.М. Генкіна, В.Г. Табунціков, Г.В. Тараненко, Ю.М. Штонда. – Северодонецьк, СТИ, 2005. – 67.
14. О.І. Барвін, І.М. Генкіна, В.В. Иванченко, Г.В. Тараненко, Ю.М. Штонда. Конструювання та розрахунок сталевих зварних посудин та апаратів. Фланцеві з'єднання. – Луганськ: Вид-во СНУ ім. Даля. – 2007. – 303 с.
15. Машины и аппараты химических производств. Учебник для вузов по специальности «Машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов». И.И. Поникаров и др. –М.: Машиностроение. 1989. – 368 с.
16. Методичні вказівки до розрахунку елементів кожухотрубчастих теплообмінних і гріючих камер випарних апаратів на міцність, жорсткість та стійкість. Северодонецьк, 2004. – 68 с.