

РЕФЕРАТ

Бакалаврська робота на тему:

«Установка ректифікації суміші вода-оцтова кислота продуктивністю 2,5 т/год. по кубовому залишку з розробкою дефлегматора».

Листів – 79, ілюстрацій – 9, таблиць – 4, посилань – 23.

В даному дипломному проєкті розглянуто установку ректифікації суміші вода-оцтова кислота продуктивністю 2,5 т/год. по кубовому залишку з розробкою дефлегматора:

На основі літературного дослідження вибрана конструкція дефлегматора, розміри якого отримані з технологічного розрахунку.

Виходячи з характеристик робочого середовища і розрахункових параметрів підібрані конструкційні матеріали;

Виконано аналіз конструктивних особливостей контактних пристроїв для колонного апарату.

Роботоспроможність дефлегматора підтверджена розрахунками на міцність, які виконані згідно з діючою в хімічному машинобудуванні нормативно-технічною документацією;

Розглянуті питання технології виготовлення дефлегматора, його монтаж і ремонт;

Висвітлені питання техніки безпеки.

ЗМІСТ	
СКРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ.....	5
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД.....	8
1.1 Перегонка рідини.....	8
1.2 Апаратурне оформлення процесів перегонки рідини.....	9
1.3 Конструкції теплообмінного обладнання	14
2 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ТА КОНСТРУКЦІЇ КОЛОНИ І ДЕФЛЕГМАТОРА	18
2.1 Технологічна схема.....	18
2.2 Опис конструкції колони з ситчастими тарілками.....	20
2.3 Опис конструкції дефлегматора.....	22
3 КОНСТРУКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕФЛЕГМАТОРА.....	24
4 ВЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ РОЗМІРІВ КОЛОНИ ТА ДЕФЛЕГМАТОРА.....	26
4.1 Визначення продуктивності по дистилату і кубовому залишку.....	26
4.2 Визначення мінімального і дійсного флегмового числа.....	27
4.3 Визначення середніх значень параметрів по колоні, фізико-хімічних і термодинамічних констант фаз.....	30
4.4 Визначення діаметру колони.....	34
4.5 Визначення висоти колони.....	35
4.6 Визначення гідравлічного опору колони з ситчастими тарілками.....	37
4.7 Теплові розрахунки. Дефлегматор.....	39
5 АНАЛІЗ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОНТАКТНИХ ПРИСТРОЇВ НА РОЗМІРИ КОЛОННОГО АПАРАТА.....	42
6 РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ ДЕФЛЕГМАТОРА.....	44
6.1 Початкові дані.....	44

6.2	Визначення розрахункових параметрів.....	44
6.3	Розрахунок товщини стінки кожуха.....	50
6.4	Розрахунок розподільної камери.....	51
6.5	Розрахунок на міцність, жорсткість і стійкість елементів.....	53
6.6	Розрахунок лінзового компенсатора теплообмінних апаратів.....	54
3	компенсатором на кожусі.....	49
7	ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕФЛЕГМАТОРА.....	59
7.1	Виготовлення основних елементів дефлегматор.....	59
7.2	Збирання теплообмінника.....	62
7.3	Випробування після виготовлення.....	63
8	РЕМОНТ ДЕФЛЕГМАТОРА.....	65
8.1	Методи виконання планово-попереджувальних ремонтів.....	65
8.2	Розбирання підігрівача, виявлення і усунення дефектів.....	68
9	ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ.....	72
	ВИСНОВКИ.....	78
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	79

СКРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

- a - вміст низькокиплячого компонента А в бінарній суміші, мас.долі;
 $a_{\text{ср}}$ - середня масова концентрація;
 C_A, C_B - питома теплоємність ацетону і етилового спирту при середній температурі, $\frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$;
 M_A - мольна маса компонента А;
 M_B - мольна маса компонента В;
 $M_{\text{х ср}}$ - середня мольна маса;
 R_{min} - мінімальне флегмове число;
 R - дійсне флегмове число;
 $X_{\text{ср}}$ - середня мольна концентрація ;
 X - концентрація низькокиплячого компонента А в бінарній суміші, мол. долі;
 ρ_A - щільність компоненту А;
 ρ_B - щільність компоненту В;
 μ_A – динамічний коефіцієнт в'язкості компоненту А;
 μ_B – динамічний коефіцієнт в'язкості компоненту В;
 μ_{yA} – динамічний коефіцієнт в'язкості пари компонента А;
 μ_{yB} – динамічний коефіцієнт в'язкості пари компонента В;
 $U_{\text{ср}}$ - середня мольна концентрація;
 ε - вільний об'єм, $\text{м}^3/\text{м}^3$;
 σ - питома поверхня, $\text{м}^2/\text{м}^3$;
 G_y – кількість пари, $\text{кг}/\text{с}$;
 G_x' – кількість рідини, $\text{кг}/\text{с}$;
 $H_{\text{в.ч.к.}}$ – висота насадки в верхній частині колони, м;
 $H_{\text{н.ч.к.}}$ висота насадки в нижній частині колони, м;
 h - висота насадки в одній секції, м;
 n – число секцій;

- h_p - висота проміжків між секціями насадки, в яких встановлюються розподільники рідини, м;
- h_b і h_n - відповідно висота простору сепарації над насадкою і відстань між дном колони і насадкою, м;
- D - діаметр колони, м;
- $H_{\text{кол}}$ - загальна висота колони, м;
- λ – коефіцієнт опору зрошуваної насадки;
- $\lambda_{\text{сух}}$ – коефіцієнт опору сухої насадки;
- m – коефіцієнт зрошення;
- d - діаметр штуцера, м;
- F - поверхня теплообміну, м^2 ;
- D - зовнішній діаметр кожуха, мм;
- l - довжина теплообмінних труб, мм;
- d_o - зовнішній діаметр теплообмінної труби, мм;
- S_o - товщина стінки труби, мм;
- $P_{\text{тр}}$ - розрахунковий тиск в трубному просторі, МПа;
- P_k - розрахунковий тиск в міжтрубному просторі, МПа;
- t_t - розрахункова температура труб, $^{\circ}\text{C}$;
- t_k - розрахункова температура кожуха, $^{\circ}\text{C}$;
- $[\sigma]$ - допустима напружина при розрахунковій температурі, МПа;
- $[\sigma]_{20}$ - допустима напружина і при температурі 20°C , МПа;
- Φ_p - коефіцієнт міцності зварних швів;
- H_c - висота стовпа води в трубному просторі, м;
- C_1 – добавка для компенсації корозії і ерозії, мм;
- C_2 – добавка для компенсації мінусового допуску, мм;
- P – швидкість проникнення корозії, мм/рік;
- τ – термін служби апарата, років;
- D – внутрішній діаметр обичайки, мм;
- H – висота опуклої частини днища, мм;

ВСТУП

Масообмінні процеси відомі з початку XIX століття як найважливіші технологічні процеси хімічної нафтової та спиртової промисловості. В даний час масообмінні процеси все ширше застосовують в самих різних областях виробництва, де виділення компонентів у чистому виді має важливе значення (у виробництвах органічного синтезу ізотопів, полімерів, напівпровідників і різних інших речовин високої чистоти).

В хімічній технології масообмінні процеси, які засновані на переході одного або декількох речовин з однієї фази в іншу, також мають велике значення. У промисловості в основному застосовують процеси масопередачі між газовою (паровою) і рідкою, між газовою і твердою, між твердою і рідкою, а також між двома рідкими фазами.

Масообмінні процеси грають особливу екологічну роль очищення в охороні довкілля від шкідливих промислових викидів і стоків. Причому викидів не лише хімічної і нафтопереробної промисловості, але і електроенергетики, електроніки, металургії, автомобілебудування

Переважна більшість масообмінних процесів протікають при безпосередньому контакті фаз, їх можна розділити на 2 групи:

1 Процеси з вільною (рухливою) межею розділу фаз: абсорбція газів і пари рідинами, ректифікація рідких сумішей, рідинна екстракція.

2 Процеси з фіксованою (не рухливою) межею розділу фаз або процеси за участю твердої фази: адсорбція газів і пари твердим поглиначем, розчинення твердих речовин в рідинах і екстрагування рідинами окремих компонентів з твердої фази, вилуговування, кристалізація, сублімація твердих речовин і сушка.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1 Перегонка рідини

Розподіл рідких однорідних сумішей (розчинів), що складаються з двох або більшого числа летких компонентів, проводиться перегонкою або ректифікацією.

Розподіл шляхом перегонки заснований на різній температурі кипіння окремих речовин, що входять до складу суміші. Так, якщо суміш складається з двох компонентів, то при випаровуванні компонент з нижчою температурою кипіння (низькокиплячий компонент) переходить в пару, а компонент з вищою температурою кипіння (висококиплячий компонент) залишається в рідкому стані. Отримана пара конденсується, утворюючи дистилат або ректифікат, а не випарована рідина називається залишком.

В результаті перегонки низькокиплячий компонент переходить в дистилат, а висококиплячий - в залишок. Такий процес називається простою перегонкою. При цьому не досягається повного розподілу суміші. Обидва компоненти є леткими, обоє переходять в пареуи, але різною мірою. Тому пара, що утворюється при перегонці, не є чистим низькокиплячим компонентом.

Із-за великої летючості низькокиплячий компонент випаровується більшою мірою, чим висококиплячий компонент. Значить, в дистилаті вміст низькокиплячого компонента вищий, ніж в початковій суміші, а в залишку навпаки: вміст низькокиплячого компонента нижчий, ніж в початковій суміші. У цьому і являється відмінність перегонки від випарювання (при випарюванні розчинена речовина нелетка, а в пару переходить тільки леткий компонент).

Просту перегонку застосовують для грубого розподілу сумішей або для попереднього очищення продуктів від небажаних домішок.

Для досягнення якнайповнішого розподілу компонентів застосовують досить складний вид перегонки - ректифікацію.

Поняттям "ректифікація" означають процес розподілу гомогенних бінарних і багатокомпонентних сумішей летких рідин за рахунок двостороннього масообміну і теплообміну між нерівноважними газоподібною (паровою) і рідкою фазами, що рухаються протилежно один одному. Під час ректифікації суміші, що розділяється, одночасно протікають процеси її часткового випарювання і конденсації. Розподіл сумішей зазвичай здійснюється в протитечійних колонних апаратах з контактними елементами (насадками і тарілками) при багатократному, або безперервному контакті фаз. При кожному контакті фаз з рідкої суміші, що розділяється, переважно випаровується низькокиплячий компонент, що збагачує пару, а з парової фази відбувається конденсація і перехід в рідину переважно висококиплячого компонента. Ректифікація є одним з найбільш важливих технологічних процесів хімічної промисловості, без якого немислимі нафтопереробні, спиртові і багато інших виробництв. Сфера застосування ректифікації в хімічній технології постійно розширюється. Особливо процес важливий при виробництві речовин високої чистоти.

1.2 Апаратурне оформлення процесів перегонки рідини

Вибір конструкції колон ректифікації залежить від технологічних схем, напряму відносного руху газу і рідини і способу утворення поверхні контакту фаз. Взаємодія газу (пари) і рідини на кожному ступені може відбуватися в протитоку, прямогоку або в перехресному струмі фаз.

До сучасних установок ректифікації пред'являються наступні вимоги: висока розділова і продуктивна здатність, достатня надійність і гнучкість в роботі, низькі експлуатаційні витрати, невелика вага і простота конструкції.

Ректифікація простих і складних сумішей здійснюється в колонах періодичної або безперервної дії. Колони періодичної дії застосовують на установках малої продуктивності при необхідності відбору великого числа фракцій і високої чіткості розподілу. Складовими частинами однієї з таких установок являються перегінний куб, колона ректифікації, конденсатор, холодильник і місткості. Періодичністю процесу обумовлені велика витрата тепла, менша продуктивність праці і менш ефективне використання устаткування.

Установки з колонами безперервної дії позбавлені цих недоліків. Установа складається з підігрівача початкової суміші, колони ректифікації, холодильників дистилляту і кубового залишку, кип'ятильника дефлегматора та збірників.

Конструкції ректифікаційних колон

Основною вимогою, яка пред'являється до конструкції ректифікаційних колон, що використовуються для проведення процесів ректифікації є забезпечення інтенсивної взаємодії фаз і можливо більшої поверхні їх контакту.

По конструкції ректифікаційні колони підрозділяються на колони з насипною насадкою, тарілчасті, роторні і плівкові.

Ректифікаційні колони можна поділити на три основні групи:

- колони, в яких поверхня фазового контакту створюється потоками газу (пари) і рідини;
- колони, в яких поверхня фазового контакту створюється внаслідок розбризкування рідини;
- колони, в яких поверхню фазового контакту є поверхня рідини, що розтікається по спеціальній насадці.

До колон, в яких поверхня фазового контакту розбивається потоками газу і рідини відносяться колони з насадкою, що працюють в режимі підвісання, і колони з ситчастими, гратчастими, ковпачковими і іншими тарілками.

Колони з насадкою, що працюють в режимі підвісання

Практика показує, що колони з насадкою працюють найефективніше в умовах режиму підвисання, близького до режиму захлинання, т. є. такого, при якому вага затриманої на насадці рідини стає рівною силі тертя газового потоку об рідину. При цьому зрошуюча рідина затримується у вільному об'ємі колони в максимальній кількості, утворюючи в проходах насадки газо-рідинну суміш - щільну піну. Цей режим відрізняється тим, що невелике збільшення швидкості газу (пари) призводить до захлинання колони внаслідок переважання сил тертя над силами тяжіння.

Оптимальний режим роботи колони досягається при швидкостях газового (парового) потоку, на 15-20% менших швидкостей, що викликають захлинання. Очевидно, що в цих умовах масообмін стає дуже ефективним. Поверхня фазового контакту перевищує поверхню насадки, а коефіцієнти масовіддачі досягають граничних величин для апаратів подібного типу.

Тарілчасті колони є ефективними і найбільш поширеними апаратами. Вони виконуються у вигляді вертикальних циліндрів, усередині яких одна під іншою розміщена певна кількість горизонтальних перегородок, - тарілок, що забезпечують можливість течії рідини зверху вниз, а газу або пари знизу.

Розрізняють тарілчасті колони з переливними пристроями, колони з неорганізованим переливанням рідини, або з провальними тарілками.

Колони з провальними тарілками по характеру гідродинаміки потоків аналогічні колонам з насадкою, що працюють в режимі підвисання. На тарілках одночасно відбувається барботаж газу або пари через шар рідини і часткове "провалення" рідини. Газ (пара) рухається від низу до верху тільки через частину отворів або щілин пульсуючим потоком. Розподіл отворів, що опускають газ або рідину, носить статистичний характер, рідина стікає з тарілки на тарілку в місцях максимального статичного тиску.

Сумарну площу усіх отворів (щілин), або так званий вільний переріз тарілок, підбирають так, щоб при заданій швидкості газового (парового) потоку через частину отворів відбувалося "провалення" рідини.

Тарілчасті колони з переливними пристроями мають горизонтальні тарілки і переливні пристрої. Рідина поступає на верхню тарілку, переливається через переливні пристрої зверху вниз і видаляється з нижньої частини апарату. Газ (пара) вводиться в нижню частину апарату і переміщається вгору, розподіляючись на кожній тарілці у вигляді бульбашок. Залежно від способу розподілу газу (пари) на тарілках розрізняють тарілки ситчасті і ковпачкові.

Характер розподілу газу і рідини залежить не стільки від конструкції розподіляючих пристроїв, скільки від швидкості газового потоку. При невеликій швидкості газу в отворах ситчастої тарілки окремі бульбашки газу (пари) відриваються і переміщаються в рідині один за іншим; при цьому тарілка працює неповним перерізом. Такий режим розподілу газу називається бульбашковим. В інтервалі швидкостей газового потоку, відповідних бульбашковому режиму, відзначаються межа швидкості, при якій частина рідини "провалюється" через окремі отвори, межа швидкості, при якій "провал" відсутній, але отвори працюють нерівномірно, і, нарешті, межа швидкості, що відповідає рівномірній роботі тарілки в цьому перерізі. При цьому на тарілці утворюється комірчаста піна.

При збільшенні швидкості газу відбувається руйнування комірчастої піни; подібний розподіл газу або пари називається факельним. При сильному зростанні швидкості газу (пари) його потоки розбивають піну і починають підкидати рідину на велику висоту.

До колон, в яких поверхнею фазового контакту являється поверхня рідини, що розтікається по насадці, відносяться плівкові та колони з насадкою.

Плівкові колони виконуються переважно у вигляді трубчастих теплообмінників і апаратів з листовою насадкою. Рідина, що взаємодіє з газом (парою), поступає у верхню частину апарату на трубні ґрати, рівномірно розподіляється по трубах і у вигляді тонкої плівки стікає по їх внутрішній поверхні.

Газ (пара) поступає в нижню частину апарату і рухається назустріч рідині.

Колони з насадкою виконуються у вигляді циліндричної колони, заповненої тілами насадок.

Насадка має найрізноманітнішу форму. Практичне значення мають хордова насадка, кільця, фасонні тіла, спіральна і сітчаста металева насадка, а також подрібнений кусковий матеріал.

Кільцева насадка складається з керамічних або сталевих циліндрів, що завантажуються в апарат або правильними рядами, або навалюванням. Фасонна насадка виконується з кераміки у вигляді сідел, циліндрів з перегородками, пропелерів і т. д., що завантажуються в апарат навалом. Спіральна і сітчаста насадка виконується зазвичай із сталеві оцинкованої стрічки і завантажуються в апарат правильними рядами. Хордова насадка, як правило, виготовляється з дерев'яних брусів, розташованих правильними рядами один над одним.

В якості кускової насадки зазвичай використовують подрібнений кокс або кварц у вигляді шматків розмірами 25-75 мм.

Колона ректифікації є вертикальним циліндричним апаратом з насадкою або тарілками. Штуцер для подачі початкової суміші виконується в середній частині колони, ділячи її на зміцнюючу і вичерпні частини. Внаслідок цього колони ректифікації з насадкою містять не менше двох шарів насадки. В днищі кубової частини колони врізані штуцера для виходу кубового залишку як готового продукту і для його виходу у випарник. Крім того у верхній частині куба колони є штуцер для входу паро-рідинної суміші з випарника. В кришці колони розташований штуцер для виходу пари флегми і дистиляту у виносний дефлегматор. Для організації зрошування зміцнюючої частини колони флегмою над верхньою тарілкою або над верхнім шаром насадки розміщується штуцер підведення флегми. Тарілчасті колони мають перевагу в застосуванні, тому що стійко і ефективно працюють при порівняно невисоких питомих навантаженнях по рідині, властивих процесу ректифікації.

Експлуатуються колони під атмосферним тиском і при підвищеному і невисокому розрідженні. Колони з насадкою в порівнянні з тарілчастими мають

менший гідравлічний опір. Тому вони використовуються при вакуумній ректифікації, а також при розподілі агресивних по відношенню до конструкційних матеріалів середовищ. Вакуумну ректифікацію застосовують при роботі з нетерmostійкими і висококиплячими рідинами, а також з метою поліпшення розподілу сумішей за рахунок підвищення відносної летючості їх компонентів при пониженні тиску.

При використанні ректифікаційних установок з виносними випарниками і дефлегматорами забезпечуються кращі умови теплообміну, обслуговування і ремонту устаткування, а також управління процесом. В ректифікаційних установках невеликої продуктивності застосовують конструктивні виконання ректифікаційних колон зі вбудованим випарником і дефлегматором.

При вбудованих випарниках як теплообмінні пристрої зазвичай використовуються змійовики або теплові сорочки. В якості теплообмінних пристроїв в колонах зі вбудованим дефлегматором найчастіше застосовують вертикальні або горизонтальні трубні пучки і змійовики. За наявності вбудованого дефлегматора в колоні ректифікації нижче за нього встановлюють ділильну тарілку. З цієї тарілки одна частина рідини прямує у вигляді флегми на зрошування колони, а інша відбирається як дистилат.

1.3 Конструкції теплообмінного обладнання

Теплообмінники застосовуються в технологічних процесах хімічної, нафтопереробної, нафтохімічної, атомної, холодильної, газової і інших галузях промисловості, в енергетиці і комунальному господарстві.

Від умов застосування залежить конструкція теплообмінника. Існують апарати, в яких одночасно з теплообміном протікають і суміжні процеси, такі як фазові перетворення, наприклад, конденсація, випарювання, змішення. Такі апарати мають свої найменування: конденсатори, випарники, градирни,

конденсатори зміщення. Залежно від напрямку руху теплоносіїв теплообмінники можуть бути проточними при паралельному русі в одному напрямі, протитечійними при паралельному зустрічному русі, а також при взаємно поперечному русі двох взаємодіючих середовищ.

Кожухотрубчасті класифікуються: за призначенням (перша буква індексу): Т - теплообмінники; Х - холодильники; К - конденсатори; И - випарники; по конструкції (друга буква індексу): Н - з нерухомими трубними решітками; К - з температурним компенсатором на кожусі; П - з плаваючою голівкою; У - з U-образними трубами; по розташуванню (третья буква індексу): Г - горизонтальні; В - вертикальні.

Теплообмінники типу Н є найпростішими за конструкцією, достатньо зручними при експлуатації та ремонті (можлива механічна очистка внутрішньої поверхні та заміна пошкоджених труб). Але їх застосування обмежується порівняно невеликою різницею температур кожуха та теплообмінних труб (до 30-60 °С), а також неможливістю механічної очистки зовнішньої поверхні труб.

З метою збільшення інтенсифікації теплообміну в кожухотрубчастих теплообмінниках пучок труб розділяють на декілька секцій (ходів), по яких теплоносій проходить послідовно. Розподіл труб на ряд ходів досягається за допомогою перегородок в кришці і днищі.

По числу ходів кожухотрубчасті теплообмінники діляться на одно- і багатоходові.

У одноходових теплообмінниках теплоносій рухається в одному напрямі паралельно по усіх трубках.

У багатоходових теплообмінниках теплоносій послідовно проходить декілька ходів, рухаючись в протилежних напрямках.

У багатоходових теплообмінниках збільшується швидкість теплоносіїв, а, отже, і інтенсивність процесу за рахунок того, що теплоносій поступає не в усі труби відразу, а тільки в пучок труб, обмежений перегородкою.

Багатоходовими теплообмінники можуть бути по трубному і міжтрубному простору.

Приведені вище теплообмінники надійно працюють при різницях температур між корпусом і трубками 30-50°C. При вищих різницях температур між корпусом і трубами виникає значне температурне напруження, яке може привести до виходу теплообмінника з ладу. Тому при великих різницях температур застосовують конструкції теплообмінників типу К, в яких передбачена компенсація температурних подовжень.

У теплообміннику типу К з лінзовим компенсатором на корпусі температурні деформації компенсуються осьовим стисканням або розширенням компенсатора. Теплообмінники з лінзовими компенсаторами застосовують при невеликих температурних деформаціях. Застосування кожухотрубчатих теплообмінників з температурним компенсатором на кожусі обмежене гранично допустимим тиском в кожусі 1,6 МПа.

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

Теплообмінник з U - подібними трубками має одну трубну решітку, в якій закріплено обидва кінці U - подібних трубок. Кожна трубка при нагріванні може подовжуватися незалежно від інших, тим самим, компенсуючи температурні подовження.

Також в промисловості застосовуються занурювані теплообмінники, теплообмінники типу "труба в трубі", елементні, пластинчасті і інші типи теплообмінників.

У занурюваному змійовиковому теплообміннику один теплоносій рухається по змійовику, зануреному в бак з іншим рідким теплоносієм. Швидкість рідини

в міжтрубному просторі незначна і, отже, тепловіддача від рідини порівняно невелика. Такі теплообмінники знаходять застосування в невеликих установках завдяки своїй простоті і дешевизні.

В теплообміннику типу "труба в трубі" окремі елементи сполучені між собою патрубками і калачами, утворюючи цілісний апарат необхідного розміру. Ці теплообмінники знаходять застосування при невеликих витратах теплоносія і при високих тисках.

У елементних теплообмінниках кожен елемент є простим кожухотрубчастим теплообмінником без перегородок. Такі апарати при цьому працюють при більш високому тиск. Проте така конструкція виходить громіздкішою і важчою, ніж кожухотрубчастий апарат.

2 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ТА КОНСТРУКЦІЇ КОЛОНИ І ДЕФЛЕГМАТОРА

2.1 Технологічна схема

Головним апаратом установки є ректифікаційна колона КР. Працює установка таким чином. Початкова суміш подається насосом Н1 в підігрівач П, в якому вона підігрівається до температури, близької до температури кипіння. Потім початкова суміш поступає в колону ректифікації КР в її середню частину на тарілку живлення. Тарілка живлення ділить так звану повну колону ректифікації на дві частини: верхню зміцнюючу і нижню вичерпну. В результаті часткового випару рідини, що стікає в куб колони і потрапляє в кип'ятильник К, утворюється потік пари. Кип'ятильник обігрівається гріючою водяною парою. Переважно в ректифікаційних установках використовуються винесені випарники (кип'ятильники), як показано на схемі. Винесений кип'ятильник К пов'язаний з колоною ректифікації трубопроводами: знизу - для перетікання рідини з куба колони в кип'ятильник; згори - для виходу паро-рідинної суміші з кип'ятильника в куб колони. Пара суміші, що розділяється, яка утворилася в кип'ятильнику, рухається надалі вгору по колоні, взаємодіючи при цьому з рухомою вниз по колоні рідиною. Взаємодіюча пара і рідина не рівноважні як в дифузійному, так і в термодинамічному відношенні. Рідина має меншу температуру, чим пара, що контактує з нею. Внаслідок цього пара частково конденсується при контакті з рідиною, а рідина при цьому частково випаровується. Конденсується, переходячи в рідину, переважно висококиплячий компонент (ВК), а випаровується переважно, переходячи в парову фазу, низькокиплячий компонент. Тому пара виходить з верхньої частини колони збагачена НК, а рідина, що збирається в кубі колони, - ВК. Пара, збагачена ВК, поступає в конденсатор, званий дефлегматором Д. За рахунок охолодження пара в дефлегматорі конденсується. Конденсат, що утворюється, з дефлегматора зливається в розподільник флегми. З розподільника флегми частина рідини

через холодильник X2 у вигляді готового продукту, збагаченого НК зливається в ємність Є3. Цей продукт називають дистиллятом. Інша частина рідини, збагаченою НК, подається у верхню частину колони КР (на її верхню тарілку) для забезпечення зрошування її зміцнюючої частини. Ця рідина має склад такий же як і дистиллят і називається флегмою. За рахунок подачі флегми в колону істотно зрушується рівновага в системі рідина - пара, збільшується рушійна сила процесу і, як наслідок, суміш чіткіше розділяється на компоненти. Частина рідини, збагачена ВК, у вигляді другого продукту розподілу, званого кубовим залишком, виходить з кубової частини колони, охолоджується в холодильнику X1 і поступає в ємність Є2.

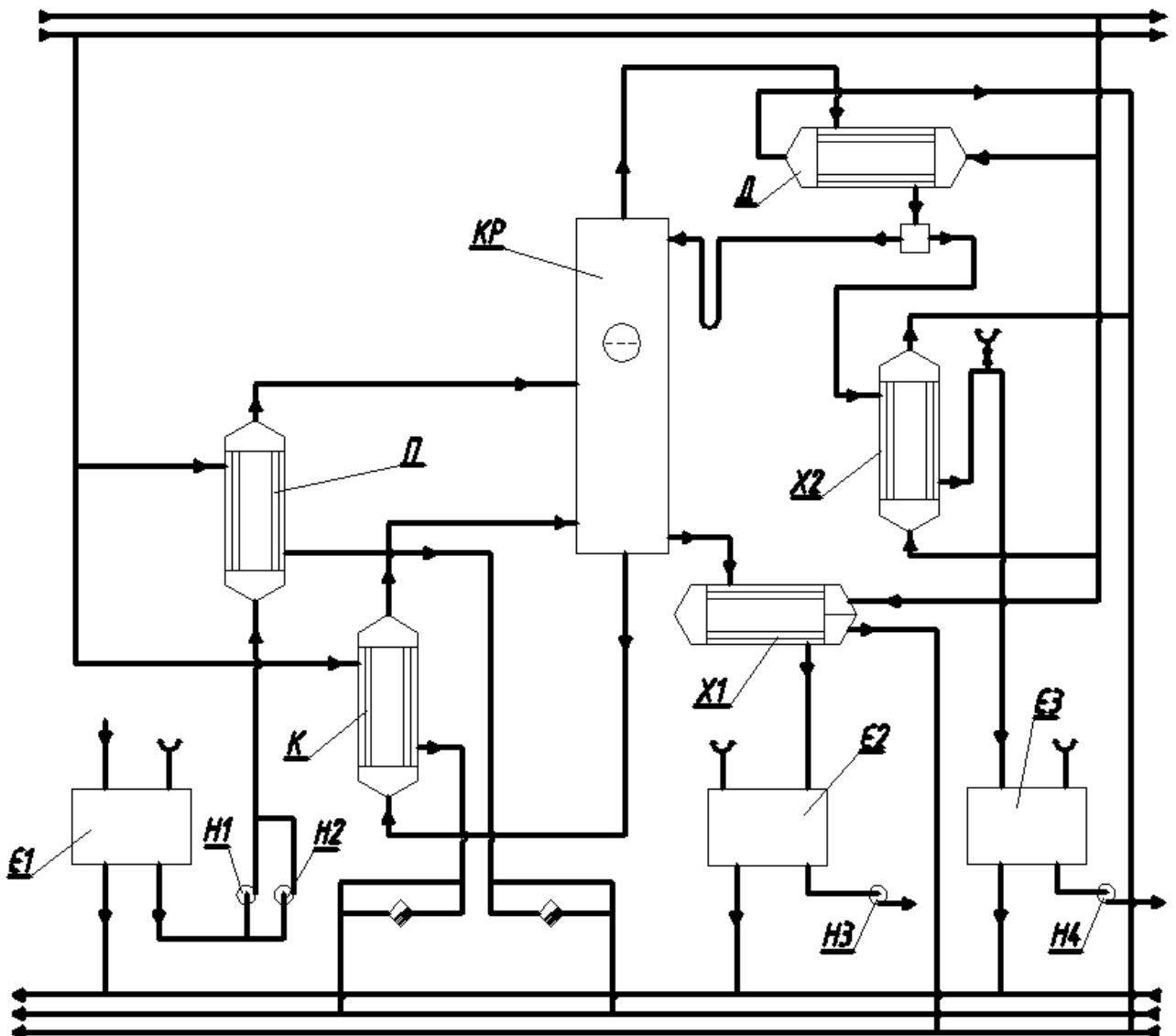


Рисунок 2.1 - Схема безперервно діючої ректифікаційної установки

2.2 Опис конструкції колони з ситчастими тарілками

На рисунку 2.2 показана ректифікаційна колона з ситчастими тарілками. Колона являє собою суцільнозварний циліндричний апарат з еліптичними днищами 2, корпусом 1, встановленим на циліндричній опорі 4. В середині колони розташовано 40 ситчастих тарілок 3, тарілка живлення – 18-я знизу. Крок розташування тарілок в колоні 500 мм.

Колона обладнана технологічними штуцерами, призначеними для входу і виходу робочого середовища і штуцерами для приєднання контрольно-вимірювальних пристроїв. Колона обладнана люками 5 діаметром 500 мм, через які відбувається збирання і розбирання ситчастих тарілок, а також огляд внутрішньої поверхні апарату, його чищення і ремонт. Люки оснащені підйнятно-поворотними пристроями 6. Також на колонному апараті розташовані цапфи для стропування 7, пристрої для вивіряння 8. У верхній частині розташований відбійник 9, який складається із багатьох шарів сітки і запобігає унесенню крапель рідини.

Полотно ситчастої тарілки має отвори діаметром 2мм по усій поверхні, окрім глухого сегменту і переливного сегменту (пристрою переливання). Пристрій переливання приподнято над полотном тарілки на висоту 20-40 мм (висоту зливу - висоту барботажного шару рідини на тарілці), а іншим (нижнім) своїм кінцем він не доходить до полотна тарілки також на 30-50 мм. Для того, щоб потік пари не потрапляв в переливний сегмент, нижній його кінець занурений в шар рідини висотою не більше 50 мм, який створюється підпірною планкою перед перфорованою частиною тарілки. Гідрозасув, що утворюється при цьому, не дозволяє парі потрапляти в пристрій переливання. Пристрій переливання має вигляд сегментної перегородки, що відсікає від парового простору сегментний об'єм, через який рідина переливається з однієї тарілки на іншу. У пристрої переливання рівень рідини зазвичай вище за рівень на тарілці, що пролягає нижче, на величину, що урівноважує гідравлічний опір тарілки.

Тому відстань між тарілками не може бути менше, ніж цей стовп рідини в зливному пристрої.

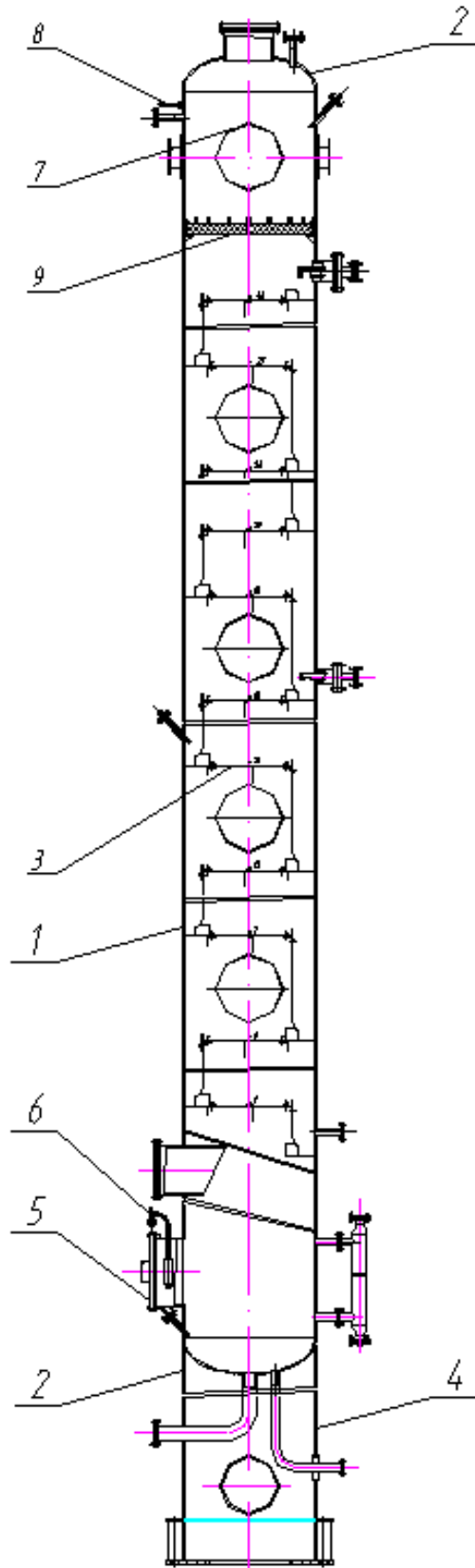


Рисунок 2.2 - Суцільнозварний колонний апарат з ситчастими тарілками

2.3 Опис конструкції дефлегматора

Дефлегматор призначений для конденсації пари і подачі зрошування (флегми) в колону.

Дефлегматор - горизонтальний одноходовий кожухотрубчастий теплообмінний апарат з температурним компенсатором на кожусі типу К складається з трубчатки 1, кришок 2 і 3, які з'єднуються між собою болтами за допомогою фланцевого з'єднання.

Трубчатка складається з двох нерухомих трубних решіток, циліндричної обичайки внутрішнім діаметром 600 мм і теплообмінних труб діаметром 20x2 мм у кількості 380 штук. Труби в решітках кріпляться розвальцюванням або розвальцюванням з обваркою в залежності від матеріалу труб і тиску в апараті. Між двома частинами обичайки вварюється лінзовий компенсатор для компенсації подовження кожуха і труб, що виникає внаслідок різниці їх температур. Теплові подовження компенсуються осьовим стисканням або розтягуванням компенсатора.

При установці лінзового компенсатора на горизонтальних теплообмінниках в нижній і верхній частинах кожної лінзи свердлять дренажні отвори із заглушками. У нижній частині - для зливу води після гідравлічних випробувань апарата, у верхній частині - для виходу повітря під час пуску і випробування.

У міжтрубному просторі дефлегматора встановлені поперечні перегородки, які зафіксовані стяжинами. Перегородки забезпечують зигзагоподібний рух теплоносія в міжтрубному просторі по всій довжині трубчатки. На вході теплообмінного середовища в міжтрубний простір передбачений відбійник - кругла або прямокутна пластина, що оберігає труби від місцевого ерозійного зношування.

Дефлегматор виконує роль холодильника, в трубний простір якого подається вода для охолодження пари, що виходить з верхньої частини колони.

У дефлегматорі конденсується пара в основному висококиплячого компонента. Низькокиплячий компонент виходить з дефлегматора в пароподібному стані. Склад пари, що виходить з дефлегматора, відрізняється від складу пари, що входить в нього, високим вмістом легколетучего компонента.

На корпусі розміщений штуцер В, через який теплоносій (пара дистилляту) проходить через міжтрубний простір і виходить штуцер Г. Оборотна вода заходить через штуцер А на кришці, рухається по трубах і виходить штуцер Б.

Дефлегматор встановлений на сідлових опорах, одна з яких нерухома, а друга – рухома.

Використання компенсаторів на кожусі значно збільшує температурний діапазон теплообмінників типу "К". Але, оскільки компенсатори виконуються, як правило, методом вварювання складних фігурних кільцевих елементів в розріз корпусу, збільшується і собівартість таких теплообмінників; наявність зварних швів ускладнює процес виробництва і тестування теплообмінників.

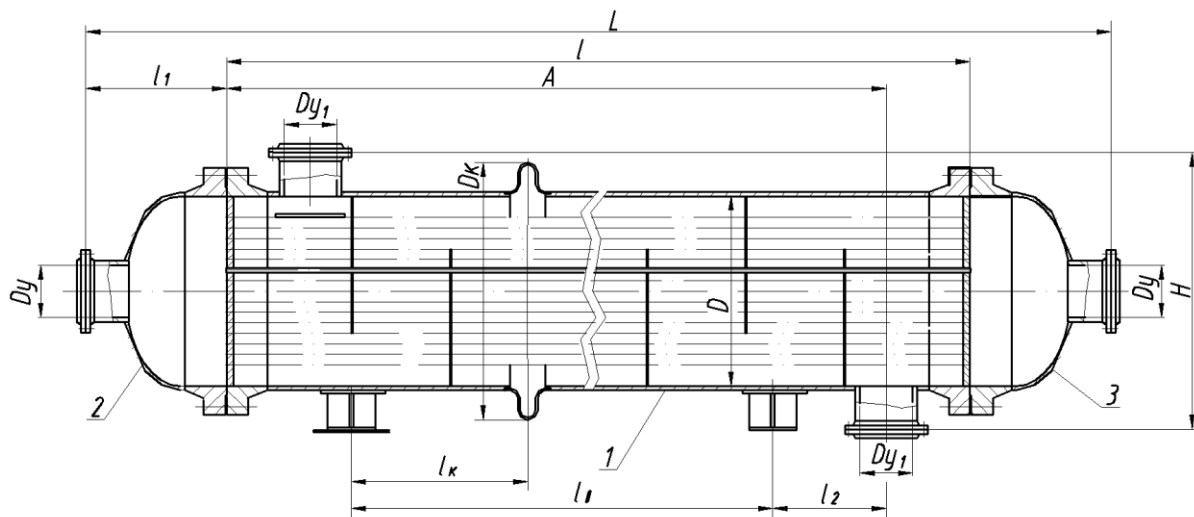


Рисунок 2.3 – Кожухотрубчастий теплообмінний апарат з температурним компенсатором на кожусі горизонтальний одноходовий по трубах

3 ВИБІР ОСНОВНИХ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Конструювання будь-якого апарату починається з вибору основних конструкційних матеріалів, що відповідають основним умовам технологічного процесу в апараті, що характеризуються середовищем, тиском і температурою. Вибір конструкційних матеріалів проводиться з урахуванням необхідної хімічної стійкості, міцності при заданих робочих параметрах (тиску і температурі), вартості матеріалу, його недефіцитності, а також з урахуванням рівня засвоєності технології виготовлення апарату на передбачуваному машинобудівному підприємстві. Рекомендовані для застосування конструкційні матеріали для різних деталей теплообмінної апаратури з урахуванням конкретних умов їх роботи наведені в СОУ МПП 71.120-217:2009 "Посудини та апарати сталеві зварні. Загальні технічні умови".

У дефлегматорі по трубному простору рухається вода, тому згідно з [16] для виготовлення кришок застосовуємо сталь СтЗсп за ГОСТ 380. Матеріал труб для виготовлення патрубків кришок - сталь 10 за ГОСТ 8732.

По міжтрубному простору дефлегматора рухається пара дистилляту. Тому згідно з [16] для виготовлення обичайки, фланців, трубних решіток та перегородок застосовуємо сталь 10Х17Н13М2Т за ГОСТ 5632, для теплообмінних труб та патрубків - сталь 10Х17Н13М2Т за ГОСТ 9941.

Матеріал кріпильних виробів (болтів) по рекомендаціях [22] для фланців штуцерів з вуглецевої сталі - сталь 40 ГОСТ 1050, для гайок - сталь 20 ГОСТ 1050. Матеріал болтів та гайок для фланців штуцерів з нержавіючої сталі - сталь 20Х13 ГОСТ 5632. Матеріал опори і цапф для стропування – сталь стЗсп по ГОСТ 380. Матеріал прокладок - паронит ПОН за ГОСТ 481.

Сталь стЗсп по ДСТУ 2651-94 (ДСТ 380-94) належить до вуглецевої сталі звичайної якості. Ця сталь широко використовується в хімічній промисловості. Вона може експлуатуватися при температурі до 400 °С. Малий вміст вуглецю

до 0,3 % надає цій сталі в'язкість і пластичність. Швидкість корозії для цієї сталі становить $C=0,05$ мм/рік.

Вміст вуглецю дуже впливає на якість сталі: з його збільшенням підвищується межа міцності і границя текучості, знижується пластичність, зменшується схильність сталі до старіння, підвищується крихкість і погіршується зварюваність. Сталь має найбільше застосування завдяки своїй міцності, в'язкості, здатності виносити динамічні навантаження, зварюватися, добре оброблятися різанням і прокаткою, низької вартості та доступності.

Сталь 12X18Н10Т - нержавіюча сталь аустенітного класу, корозійностійка, знайшла своє застосування в безлічі галузей промисловості, в першу чергу в хімічній нафтохімічній, фармацевтичній і харчовій. Деталі, виготовлені з цієї марки стали, можна експлуатувати в різних агресивних середовищах, а також при високих температурах (до $+600$ °С). Дуже часто з нержавіючої сталі 12X18Н10Т виробляються зварні апарати, а також різні типи нержавіючих труб для трубопроводів.

Нержавіюча сталь відрізняється чудовою зварюваністю, тому зварювання може здійснюватися без особливих обмежень. Після виконання зварювання рекомендується виконати термічну обробку.

Сталь 40 та 20 належать до вуглецевої якісної сталі 1 групи зі вмістом кремнію і марганцю до 0,8 %. Марганець підвищує твердість і міцність сталі. Кремній підвищує корозійну стійкість, твердість і пружність сталі та незначно знижує пластичність.

Сталь 20X13 - корозійностійка жароміцна, використовується в тих випадках, коли вироби повинні мати досить високу міцність, а також високу пластичність і в'язкість. Сталь 20X13 застосовують також як жароміцний матеріал при температурах до $450-550$ °С і як жаростійкий - до 700 °С. Сталь 20X13 задовільно зварюється.

4 ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ РОЗМІРІВ КОЛОНИ ТА ДЕФЛЕГМАТОРА

Початкові дані

Продуктивність по вихідній суміші	2,5 т/год;
Концентрація оцтової кислоти:	
у вхідній суміші	$\alpha_F = 33\%$ (іаїї .),
в дистилляті	$\alpha_D = 93\%$ (іаїї .),
в кубовому залишку	$\alpha_W = 3\%$ (іаїї .).
Температура:	
остудної води	12 °С,
дистилляту після холодильника	24 °С,
кубового залишку після холодильника	24 °С,
вхідної суміші	19 °С.
Тиск насиченої водяної пари	5,5 кгс/см ²
Коефіцієнт надлишку флегми	2,4
Колона працює під атмосферним тиском	

4.1 Визначення продуктивності по дистилляту і кубовому залишку

Продуктивність колони по дистилляту визначаємо за формулою:

$$G_P = G_F \cdot \frac{\alpha_F - \alpha_W}{\alpha_P - \alpha_W} = 2500 \cdot \frac{0,33 - 0,03}{0,93 - 0,03} = 833,33 \text{ кг/год} = 0,231 \text{ кг/с}$$

Продуктивність колони по кубовому залишку визначаємо з рівняння:

$$G_W = G_F - G_P \tag{1}$$

$$G_W = 2500 - 833,33 = 1666,67 \text{ кг/год} = 0,463 \text{ кг/с}$$

Перевірка:

$$G_F \cdot \alpha_F = G_P \cdot \alpha_P + G_W \cdot \alpha_W \tag{2}$$

$$2500 \cdot 0,33 = 833,33 \cdot 0,93 + 1666,67 \cdot 0,03$$

$$825 = 775 + 50$$

$$825 = 825$$

4.2 Визначення мінімального і дійсного флегмового числа

Перераховуємо масові концентрації в мольні за формулою:

$$X = \frac{\frac{\alpha}{M_A}}{\frac{\alpha}{M_A} + \frac{1-\alpha}{M_B}} \quad (3)$$

де X – концентрація низькокип'ячого компонента А в бінарній суміші, мол. Частки;

α – вміст низькокип'ячого компонента А в бінарній суміші, мас. Частки;

\dot{M}_A, \dot{M}_B – молярна маса компонента А і В (відповідно).

Молярні маси: вода – 18 кг/кмоль, оцтова кислота – 60 кг/кмоль

Тоді концентрація вхідної суміші:

$$X_F = \frac{\frac{\alpha_F}{M_A}}{\frac{\alpha_F}{M_A} + \frac{1-\alpha_F}{M_B}} = \frac{\frac{0,33}{18}}{\frac{0,33}{18} + \frac{1-0,33}{60}} = 0,621;$$

дистиляту:

$$X_P = \frac{\frac{\alpha_P}{M_{\hat{A}}}}{\frac{\alpha_P}{M_{\hat{A}}} + \frac{1-\alpha_P}{M_{\hat{A}}}} = \frac{\frac{0,93}{18}}{\frac{0,93}{18} + \frac{1-0,93}{60}} = 0,978;$$

кубового залишку:

$$X_W = \frac{\frac{\alpha_W}{M_{\hat{A}}}}{\frac{\alpha_W}{M_{\hat{A}}} + \frac{1-\alpha_W}{M_{\hat{A}}}} = \frac{\frac{0,03}{18}}{\frac{0,03}{18} + \frac{1-0,03}{60}} = 0,093 .$$

Мінімальне флегмове число визначаємо графо-аналітичним способом. Для цього на підставі досвідчених даних, в координатах у-х будуємо криву рівноваги для суміші діхлоретан-толуол при атмосферному тиску (рис.4.1) і криву температур кипіння і конденсації (рис.4.2)

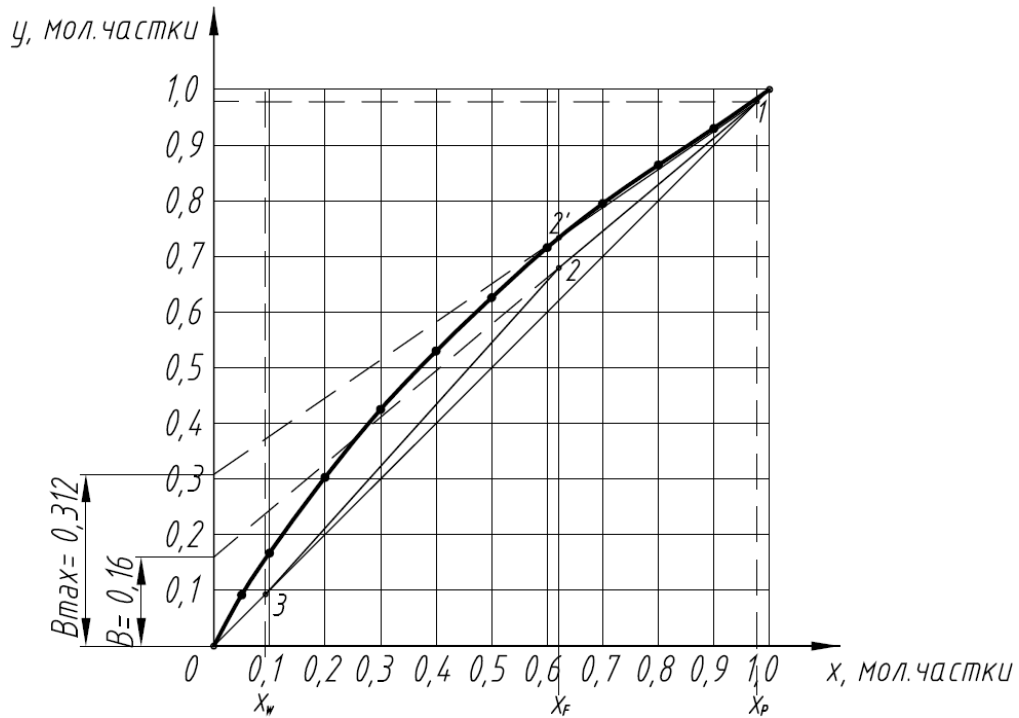


Рисунок 4.1 – До визначення мінімального флегмового числа

Таблиця 4.1– Рівноважні дані для суміші вода–оцтова кислота

Вміст компонента А, мол. %		Температура кипіння, t, °C
в рідині (x)	в парі (y)	
0	0	118,1
5	9,2	115,4
10	16,7	113,8
20	30,3	110,1
30	42,5	107,5
40	53	105,5
50	62,6	104,4
60	71,6	103,3
70	79,5	102,1
80	86,4	101,3
90	93	100,6
100	100	100

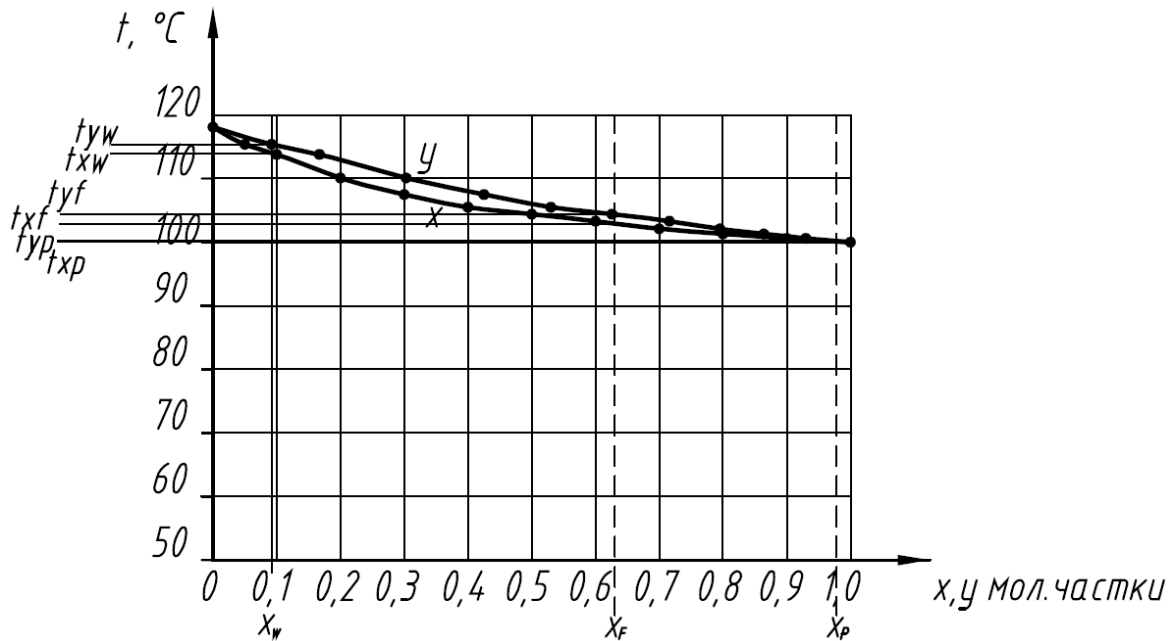


Рисунок 4.2 – Ізобара температур кипіння і конденсації

На діаграмі y - x з точки 1 ($x_p=y_p$) через точку 2' (x_F, y_F^*) проводимо пряму лінію до перетину з віссю y . Відрізок, відсікаємий на осі y , позначимо через $B_{\max}=0,312$. За величиною цього відрізка знаходимо мінімальне флегмове число:

$$R_{\min} = \frac{x_p}{B_{\max}} - 1 = \frac{0,978}{0,312} - 1 = 2,135$$

Дійсне флегмове число, використовуючи рівняння:

$$R = K_R \cdot R_{\min} \quad (4)$$

$$R = 2,4 \cdot 2,135 = 5,124$$

На діаграмі y - x наносимо лінії робочих концентрацій (робочі лінії) для оптимального флегмового числа $R=5,124$ (рис. 4.1): для цього на осі y відкладаємо відрізок $B = \frac{x_p}{R+1} = \frac{0,978}{5,124+1} = 0,16$, кінець якого з'єднуємо прямою з точкою 1 ($x_p=y_p$); точку перетину цієї прямої з вертикальною лінією, проведеної з абсциси x_F , позначимо точкою 2 (x_F, y_F) і, нарешті, крапку 2 з'єднуємо з точкою 3 ($x_w=y_w$). Лінії 1-2 і 2-3 є робочими лініями для верхньої та нижньої частин колони, відповідно.

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

Рідка фаза

Середня мольна концентрація в нижній частині колони:

$$X_{cp}^i = \frac{X_W + X_F}{2} = \frac{0,093 + 0,621}{2} = 0,357$$

Середня мольна концентрація у верхній частині колони:

$$X_{cp}^{\hat{a}} = \frac{X_F + X_P}{2} = \frac{0,621 + 0,978}{2} = 0,799$$

Середня мольна концентрація по колоні:

$$X_{cp} = \frac{X_{cp}^i + X_{cp}^{\hat{a}}}{2} = \frac{0,357 + 0,799}{2} = 0,578$$

Середня масова концентрація по колоні:

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

$$\alpha_{cp} = \frac{0,578 \cdot 18}{0,578 \cdot 18 + (1 - 0,578) \cdot 60} = 0,291$$

Середня температура в нижній частині колони:

$$t_{\hat{o}cp}^i = \frac{t_{xW} + t_{xF}}{2} = \frac{117,534 + 102,92}{2} = 110,23 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Середня температура у верхній частині колони:

$$t_{\hat{o}cp}^{\hat{a}} = \frac{t_{xF} + t_{xD}}{2} = \frac{102,92 + 100,126}{2} = 101,52 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Середня температура по колоні:

$$t_{x\hat{n}o} = \frac{t_{\hat{o}cp}^i + t_{\hat{o}cp}^{\hat{a}}}{2} = \frac{110,23 + 101,52}{2} = 105,88 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Значення t_{xW} , t_{xF} , t_{xD} взяті з діаграми $t-x$, y (рис.4.1).

Середня мольна маса:

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

(5)

$$M_{xcp} = 18 \cdot 0,578 + 60 \cdot (1 - 0,578) = 35,72 \text{ кг/кмоль}$$

Середня щільність визначається за формулою:

$$\rho_{xcp} = \frac{\rho_A \cdot \rho_B}{\rho_B \cdot \alpha_{cp} + \rho_A \cdot (1 - \alpha_{cp})} \quad (6)$$

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

$$\rho_A = 953,59 \text{ кг/м}^3 \text{ при } t_{xcp} = 105,88 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\rho_B = 947,42 \text{ кг/м}^3.$$

$$\rho_{xcp} = \frac{953,59 \cdot 947,42}{947,42 \cdot 0,291 + 953,59 \cdot (1 - 0,291)} = 949,21 \text{ кг/м}^3$$

Середню в'язкість розраховуємо за формулою:

$$\lg \mu_{xcp} = X_{cp} \cdot \lg \mu_A + (1 - X_{cp}) \cdot \lg \mu_B \quad (7)$$

де μ_A і μ_B – динамічні коефіцієнти в'язкості компонентів А і В, Па·с.

$$\mu_A = 0,269 \text{ мПа}\cdot\text{с при } t_{xcp} = 105,88 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\mu_B = 0,433 \text{ мПа}\cdot\text{с.}$$

$$\lg \mu_{xcp} = 0,578 \cdot \lg 0,269 + (1 - 0,578) \cdot \lg 0,433 = -0,483$$

$$\mu_{xcp} = 0,329 \text{ мПа}\cdot\text{с} = 0,329 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$$

Середній поверхневий натяг визначаємо за рівнянням:

$$\sigma_{xcp} = \sigma_A \cdot X_{cp} + \sigma_B (1 - X_{cp}) \quad (8)$$

де σ_A і σ_B – поверхневі натяги компонентів А і В, Н/м.

$$\sigma_A = 57,72 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м при } t_{xcp} = 105,88 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\sigma_B = 19,27 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м.}$$

$$\sigma_{xcp} = 57,72 \cdot 10^{-3} \cdot 0,578 + 19,27 \cdot 10^{-3} (1 - 0,578) = 4,15 \cdot 10^{-2} \text{ Н/м}$$

Коефіцієнт дифузії при середній температурі визначаємо за формулою:

$$D_{x(t)} = D_{x(20)} \cdot [1 + b \cdot (t - 20)] \quad (9)$$

D_x – коефіцієнт дифузії при $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\text{м}^2/\text{с}$;

е (20) –

$$b = \frac{0,2\sqrt{\mu}}{\sqrt[3]{\rho}} \quad \text{тут } \mu \text{ [мПа}\cdot\text{с]} \text{ и } \rho \text{ [кг/м}^3\text{]} \text{ – в'язкість і щільність розчинника (вода) при } t = 20 \text{ }^\circ\text{C}; t = t_{xcp}.$$

Коефіцієнт дифузії при 20 °С розраховуємо по емпіричному рівнянню:

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

де V_A і V_B – мольні об'єми компонентів А і В, см³/моль;
 A, B – коефіцієнти, що залежать від властивостей компонентів,
 $A=1,27; B=4,7$.

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

Мольні об'єми компонентів:

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

$$V_B = 14,8 + 3,7 \cdot 3 + 14,8 + 12 + 12 + 3,7 = 68,4 \text{ см}^3/\text{моль}$$

$$D_{x(20)} = \frac{1 \cdot 10^{-6}}{1,27 \cdot 4,7 \cdot \sqrt{1,0} (18,9^{1/3} + 68,4^{1/3})^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{18} + \frac{1}{60}} = 9,87 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$$

$$D_{x(t)} = 9,87 \cdot 10^{-10} [1 + 0,02 \cdot (105,88 - 20)] = 2,68 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$$

Парова фаза

Середня мольна концентрація в нижній частині колони:

$$y_{cp}^n = \frac{y_w + y_F}{2} = \frac{0,093 + 0,687}{2} = 0,39$$

Середня мольна концентрація у верхній частині колони:

$$y_{cp}^s = \frac{y_F + y_P}{2} = \frac{0,687 + 0,978}{2} = 0,832.$$

Середня мольна концентрація по колоні:

$$y_{cp} = \frac{y_{cp}^n + y_{cp}^s}{2} = \frac{0,39 + 0,832}{2} = 0,611.$$

Середня температура в нижній частині колони:

$$t_{y_{cp}}^n = 108,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Середня температура у верхній частині колони:

$$t_{y_{cp}}^s = 101,65 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Температури $t_{y_{cp}}^H$, $t_{y_{cp}}^B$, знайдені з діаграми $t-x,y$ (рис. 4.1).

Середня температура по колоні:

$$t_{y_{cp}} = \frac{t_{y_{cp}}^H + t_{y_{cp}}^B}{2} = \frac{108,2 + 101,65}{2} = 104,93 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Середня мольна маса:

$$M_{y_{cp}} = M_A \cdot y_{cp} + M_B \cdot (1 - y_{cp}) \quad (11)$$

$$M_{y_{cp}} = 18 \cdot 0,611 + 60 \cdot (1 - 0,611) = 34,34 \text{ кг/кмоль}$$

Середня щільність:

$$\rho_{y_{cp}} = \frac{M_{y_{cp}}}{22,4} \cdot \frac{P}{P_o} \cdot \frac{T_o}{T} \quad (12)$$

д $T = 273 + t_{y_{cp}}, \text{ } ^\circ\text{C};$

е

$P = 1 \text{ кгс/см}^2$ (тиск в колоні атмосферний).

$$\rho_{y_{cp}} = \frac{34,34}{22,4} \cdot \frac{1}{1,033} \cdot \frac{273}{(273 + 104,93)} = 1,07 \text{ кг/м}^3$$

Середня в'язкість:

$$\frac{M_{y_{cp}}}{\mu_{y_{cp}}} = \frac{y_{cp} \cdot M_A}{\mu_{y_A}} + \frac{(1 - y_{cp}) \cdot M_B}{\mu_{y_B}} \quad (13)$$

д μ_{y_A} і μ_{y_B} — динамічний коефіцієнт в'язкості пари компонента А і В.

е

$$\mu_{y_A} = 1,27 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с при } t_{y_{cp}} = 104,93 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\mu_{y_B} = 2,15 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с.}$$

$$\frac{34,34}{\mu_{y_{cp}}} = \frac{0,611 \cdot 18}{1,27 \cdot 10^{-5}} + \frac{(1 - 0,611) \cdot 60}{2,15 \cdot 10^{-5}}$$

$$\mu_{y_{cp}} = 1,76 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$$

Коефіцієнт дифузії для парової фази визначаємо за рівнянням:

$$D_y = \frac{4,3 \cdot 10^{-7} \cdot T^{3/2}}{P \cdot (V_A^{1/3} + V_B^{1/3})^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}} \quad (14)$$

P – тиск, кгс/см² (тиск в колоні атмосферний);

е

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

$$D_y = \frac{4,3 \cdot 10^{-7} \cdot 377,93^{3/2}}{1 \cdot (18,9^{1/3} + 68,4^{1/3})^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{18} + \frac{1}{60}} = 1,86 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$$

4.4 Визначення діаметра колони

Діаметр колони визначаємо за рівнянням

$$D = \sqrt{\frac{V_y}{0,785 \cdot W}} \quad (15)$$

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

$$V_y = \frac{G_y}{\rho_{y\text{ ср}}} = \frac{G_p \cdot (R+1)}{\rho_{y\text{ ср}}} \quad (16)$$

$$V_y = \frac{833,33 \cdot (5,124 + 1)}{3600 \cdot 1,07} = 1,325 \text{ м}^3/\text{с}$$

Швидкість пари в колоні визначаємо по рівнянню. Попередньо приймаємо відстань між тарілками $h=500$ мм. Використовуємо раніше знайдені $\rho_{\text{о пар}} = 949,21 \text{ кг/м}^3$ і $\rho_{\text{о вод}} = 1,07 \text{ кг/м}^3$. Для ситчастих тарілок за графіком знаходимо $\tilde{N} = 0,075$.

Швидкість пари в колоні:

$$W = 1,6 \text{ м/с}$$

Тоді діаметр колони:

$$D = \sqrt{\frac{1,325}{0,785 \cdot 1,6}} = 1,055 \text{ м}$$

Приймаємо стандартне значення діаметра колони $D=1,0$ м і уточнюємо швидкість пари в колоні:

$$W = \frac{V_y}{0,785 \cdot D^2} \quad (17)$$

$$W = \frac{1,325}{0,785 \cdot 1,0^2} = 1,69 \text{ м/с}$$

4.5 Визначення висоти колони

За рівнянням знаходимо коефіцієнт масовіддачі в рідкій фазі:

$$\beta_{xf} = \frac{38000 \cdot \rho_{xcp} \cdot D_{x(t)}}{M_{xcp} \cdot h} \cdot (\text{Pr}')^{0,62} \quad (18)$$

$$\text{Pr}' = \frac{\mu_{xcp}}{D_{x(t)} \cdot \rho_{xcp}} = \frac{0,329 \cdot 10^{-3}}{2,68 \cdot 10^{-9} \cdot 949,21} = 129$$

$$\beta_{xf} = \frac{38000 \cdot 949,21 \cdot 2,68 \cdot 10^{-9}}{35,72 \cdot 1} \cdot (129)^{0,62} = 0,055 \frac{\text{кмоль}}{\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{кмоль} / \text{кмоль}}$$

Коефіцієнт масовіддачі в паровій фазі знаходимо за рівнянням:

$$\beta_{yf} = \frac{D_y}{22,4} \cdot (0,79 \cdot \text{Re}_y + 11000) \quad (19)$$

$$\text{Re}_y = \frac{W \cdot h \cdot \rho_{ycp}}{\mu_{ycp}} \quad (20)$$

$$\text{Re}_y = \frac{1,69 \cdot 1 \cdot 1,07}{1,76 \cdot 10^{-5}} = 102744$$

$$\beta_{yf} = \frac{1,86 \cdot 10^{-5}}{22,4} \cdot (0,79 \cdot 102744 + 11000) = 0,076 \frac{\text{кмоль}}{\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{кмоль} / \text{кмоль}}$$

Загальний коефіцієнт масопередачі K_{yf} знаходимо з рівняння:

$$\frac{1}{K_{yf}} = \frac{1}{\beta_{yf}} + \frac{m}{\beta_{xf}}, \quad (21)$$

$$m = \frac{y^* - y}{x - x^*} \text{ — тангенс кута нахилу лінії рівноваги;}$$

e

y^* , рівноважні концентрації.

x^* –

Так як величина m є змінною по висоті колони, знаходимо її значення для різних концентрацій, використовуючи діаграму (рис. 4.1).

В межах від X_w до X_p вибираємо ряд значень X , для кожного значення X визначаємо по діаграмі (рис. 4.1) величини y^* - y , $x-x^*$ як різниця між рівноважною і робочою лінією, а потім по цим значенням визначаємо величину m . Результати зводимо в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Визначення коефіцієнта масопередачі

x	0,093	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,978
y^*-y	0,064	0,066	0,0912	0,1021	0,096	0,081	0,0599	0,0495	0,0349	0,017	0,00635
$x-x^*$	0,0424	0,0444	0,066	0,0817	0,0912	0,0893	0,0772	0,0642	0,0583	0,0299	0,0089
m	1,51	1,49	1,38	1,25	1,05	0,91	0,78	0,77	0,59	0,57	0,71
$K_{yf} \cdot 10^3$	24,62	24,85	26,14	27,87	31,01	33,67	36,58	36,82	41,87	42,51	38,36

Для побудови кінетичної кривої скористаємося формулою:

$$y^* - y_k = (y^* - y_n) \cdot e^{-\frac{K_{yf} \cdot f_m}{G_y}} \quad (22)$$

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

Робоча площа тарілки може бути знайдена з Додатка В, таблиця В.1.:

$$F_p = 0,713 i^2 \quad (23)$$

Мольна витрата пари по колоні:

$$G_{\delta} = \frac{G_p \cdot (R + 1)}{M_{\delta \text{ ср}}} \quad (24)$$

$$G_y = \frac{833,33 \cdot (5,124 + 1)}{3600 \cdot 34,34} = 0,041 \text{ кмоль/с}$$

Таблиця 4.3 – До побудови кінетичної кривої

x	0,093	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,978
$\frac{K_{yf} \cdot F_p}{G_y}$	0,428	0,432	0,455	0,485	0,539	0,586	0,636	0,64	0,728	0,739	0,667
\overline{AC} , мм	6,4	6,62	9,12	10,21	9,6	8,1	5,99	4,95	3,49	1,7	0,64
$\overline{BC} = \frac{\overline{AC}}{e^{\frac{K_{yf} \cdot F_p}{G_y}}}$, мм	4,18	4,3	5,79	6,29	5,6	4,52	3,18	1,84	1,69	0,81	0,33

За даними таблиці 4.3 будуюмо кінетичну криву. Точки $A_1, A_2, A_3 \dots A_{10}$ лежать на робочих лініях, точки $C_1, C_2, C_3 \dots C_{10}$ – на рівноважній кривій. Обчислені відрізки $B_1C_1, B_2C_2, B_3C_3 \dots B_{10}C_{10}$ відкладаються від відповідних точок вниз. Кінетична крива починається на початку координат, що проходить через точки $B_1, B_2, B_3 \dots B_{10}$ і закінчується в правому верхньому куті діаграми $y-x$ (рис. 4.1).

Число дійсних тарілок, яке забезпечує задану чіткість поділу, визначається шляхом побудови «сходинок» між робочими і кінетичною лінією. Число ступенів в межах концентрацій $X_W \div X_F$ дорівнює числу дійсних тарілок.

В результаті побудови (рис. 4.3) отримуємо число дійсних тарілок $n=40$, тарілка живлення 18-я знизу.

Висоту колони визначаємо за рівнянням:

$$H = (n - 1) \cdot h + H_{\text{сеп}} + H_{\text{куб}} \quad (25)$$

$$H = (40 - 1) \cdot 0,5 + 0,8 + 2,0 = 22,3 \text{ м}$$

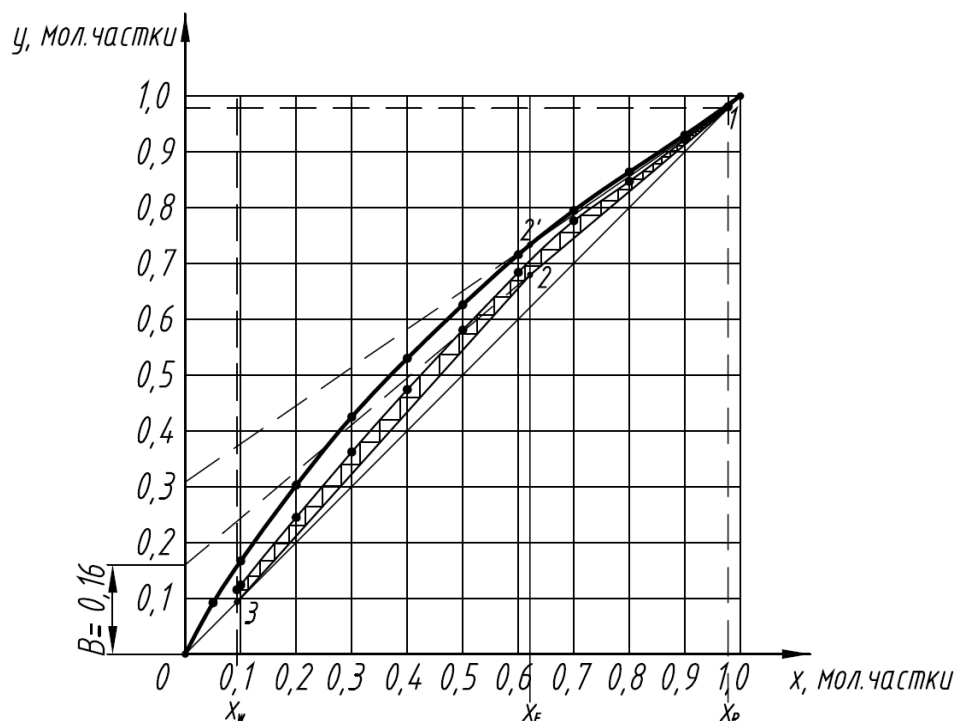


Рисунок 4.3 – Побудова кінетичної кривої і визначення числа дійсних тарілок

Висоту колони визначаємо за рівнянням:

$$H = (n - 1) \cdot h + H_{\text{сеп}} + H_{\text{куб}} \quad (26)$$

$$H = (20 - 1) \cdot 0,5 + 0,8 + 2,0 = 12,3 \text{ м}$$

4.6 Визначення гідравлічного опору колони

Гідравлічний опір ректифікаційної колони визначаємо за рівнянням:

$$\Delta P_K = n \cdot \Delta P_T \quad (27)$$

Для ситчастої тарілки приймаємо: діаметр отворів $d_o = 2$ мм, висота переливу $h_{пер} = 30$ мм, вільний перетин тарілки $F_o = 0,08$ (8%).

Гідравлічний опір ситчастої тарілки визначимо за рівнянням:

$$\Delta P_{сyx} = \zeta \frac{W_o^2 \cdot \rho_{ycp}}{2} \quad (28)$$

$$\Delta P_{сyx} = 1,82 \cdot \frac{21,12^2 \cdot 1,07}{2} = 434 \text{ Па}$$

Швидкість пари в отворах:

$$W_o = W/F_o \quad (29)$$

$$W_o = 1,69/0,08 = 21,12 \text{ м/с}$$

$$\Delta P_\sigma = \frac{4\sigma}{1,3d_o + 0,08d_o^2} = \frac{4 \cdot 4,15 \cdot 10^{-2}}{1,3 \cdot 0,002 + 0,08 \cdot 0,002^2} = 64 \text{ Па}$$

Для визначення статичного тиску рідини на тарілці визначаємо витрату рідкої фази в нижній частині колони за формулою:

$$L = G_p \cdot R + G_F \quad (30)$$

$$L = 833,33 \cdot 5,124 + 2500 = 6770 \text{ кг/ч}$$

або в об'ємному вираженні $7,13 \text{ м}^3/\text{год}$. (розділивши на $\rho_{xcp} = 949,21 \text{ кг/м}^3$)

Для колони $D = 1,0$ м, довжина зливного борту $l_{сл} = \Pi = 0,8$ м, тоді інтенсивність

$$\text{поток} \frac{L}{l_{сл}} = \frac{7,13}{0,8} = 8,91 \frac{\text{м}^3}{\text{ч} \cdot \text{м}}$$

$$\text{Так як } \frac{L}{l_{сл}} = 8,91 > 5 \frac{\text{м}^3}{\text{ч} \cdot \text{м}}, \text{ то } m = 10000$$

Тоді за рівнянням:

$$\Delta P_{cm} = 1,3 \left[K \cdot h_{nep} + \sqrt[3]{K \left(\frac{L}{m \cdot l_{cl}} \right)^2} \right] \cdot \rho_{xcp} \cdot g \quad (31)$$

$$\Delta P_{cm} = 1,3 \left[0,5 \cdot 0,03 + \sqrt[3]{0,5 \left(\frac{7,13}{10000 \cdot 0,8} \right)^2} \right] \cdot 949,21 \cdot 9,81 = 271 \text{ Па.}$$

Гідравлічний опір однієї тарілки:

$$\Delta P_T = \Delta P_{cyx} + \Delta P_{\sigma} + \Delta P_{cm} \quad (32)$$

$$\Delta P_T = 434 + 64 + 271 = 769 \text{ Па}$$

Гідравлічний опір колони:

$$\Delta P_K = n \cdot \Delta P_T \quad (33)$$

$$\Delta P_K = 40 \cdot 769 = 30760 \text{ Па}$$

Раніше прийняту відстань між тарілками $h=0,5$ м перевіряємо за співвідношенням:

$$h > 1,8 \cdot \Delta P_{\delta} / \rho_{xcp} \cdot g, \quad (34)$$

$$h = 0,5 \text{ м} > 1,8 \cdot \frac{769}{949,21 \cdot 9,81} = 0,15 \text{ м} \quad \text{— умова виконується.}$$

4.7 Теплові розрахунки. Дефлегматор (конденсатор)

Витрата теплоти, що віддається охолодній воді при конденсації парів в дефлегматорі, визначається з рівняння теплового балансу дефлегматора:

$$Q_{\bar{A}} = G_p \cdot (R + 1) \cdot r_p = G_B \cdot C_B \cdot (t_K - t_f) \quad (35)$$

$$\text{тут } r_p = \dot{\alpha}_D \cdot r_A + (1 - \dot{\alpha}_D) \cdot r_B$$

Питомі теплоти пароутворення води r_A і оцтової кислоти r_B при $t_{xp}=100,13$ °С:

$$r_A = 2258,05 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} ; r_B = 406,36 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad [1, \text{ с. } 542];$$

$$r_p = 0,93 \cdot 2258,05 + (1 - 0,93) \cdot 406,36 = 2128 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$Q_D = \frac{833,33}{3600} \cdot (5,124 + 1) \cdot 2128 \cdot 10^3 = 3,02 \cdot 10^6 \text{ Вт}$$

Приймаємо температуру остиудної води на виході з дефлегматора 25 °С, тоді витрата остиудної води:

$$G_{\dot{A}} = \frac{Q_{\dot{A}}}{\tilde{N}_{\dot{A}} \cdot (t_e - t_i)} \quad (36)$$

$$G_B = \frac{3,02 \cdot 10^6}{4190 \cdot (25 - 12)} = 55,44 \text{ кг/с}$$

Середня різниця температур при протиточній схемі руху теплоносіїв:

$$\begin{array}{ccc} 100,13 \text{ }^\circ\text{C} & \longrightarrow & 100,13 \text{ }^\circ\text{C} \\ 25 \text{ }^\circ\text{C} & \longleftarrow & 12 \text{ }^\circ\text{C} \end{array}$$

Більша різниця температур:

$$\Delta t_{\delta} = 100,13 - 12 = 88,13 \text{ }^\circ\text{C}$$

Менша різниця температур:

$$\Delta t_{\mu} = 100,13 - 25 = 75,13 \text{ }^\circ\text{C}$$

Так як $\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\mu}} = \frac{88,13}{75,13} = 1,17 < 2$, то

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} + \Delta t_{\mu}}{2} \quad (37)$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{88,13 + 75,13}{2} = 81,63 \text{ }^\circ\text{C}$$

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

Поверхня теплообміну дефлегматора:

$$F = \frac{Q_D}{K \cdot \Delta t_{cp}} \quad (38)$$

$$F = \frac{3,02 \cdot 10^6}{500 \cdot 81,63} = 73,99 \text{ м}^2$$

Приймаємо одноходовий кожухотрубчастий теплообмінник з наступними

характеристиками [6, с. 51]:

- діаметр кожуха 600 мм;
- труба 20x2 мм;
- кількість труб в теплообміннику 334 шт;
- довжина труб 4 м;
- поверхня теплообміну 84 м².

5 АНАЛІЗ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОНТАКТНИХ ПРИСТРОЇВ НА РОЗМІРИ КОЛОННОГО АПАРАТА

Ця дипломна робота є частиною комплексної розробки ректифікаційної установки розподілу суміші вода-оцтова кислота продуктивністю 2,5 т/год. по кубовому залишку, яка виконана групою студентів. Для оснащення ректифікаційної колони були запропоновані ситчасті тарілки, розмір отворів в яких складав 5, 8, 12, 20 мм.

Розмір отворів ситчастих тарілок впливає на їх пропускну та масообмінну здатність, яка може бути виражена через об'єм тарільчастої 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 масообміну спостерігається при менших швидкостях пари по колоні, що, мабуть, є наслідком більш раннього зростання виносу рідини із-за більшої роздробленості паро рідинних струменів.

Результати розрахунку об'єму колони в залежності від діаметру отворів в ситчастих тарілках для суміші вода-оцтова кислота представлені в таблиці 5.1, де використовувався розрахунковий діаметр.

Таблиця 5.1 – Залежність об'єму колони від діаметру отворів в ситчастих тарілках для суміші вода-оцтова кислота

d_0 , мм	5	8	12	20
V , м ³	30,027	26,66	25,08	27,68

Розрахунок об'єму колони проводиться за формулами:

$$V = H \cdot S \quad (5.1)$$

$$H = (n_d - 1) \cdot h \quad (5.2)$$

$$S = \frac{\pi \cdot D_{PO3}^2}{4} \quad (5.3)$$

Графік залежності об'єму колони від діаметру отворів в ситчастих тарілках (рис. 5.1) виявляє оптимальну величину діаметра отвору, яка дорівнює 12 мм.

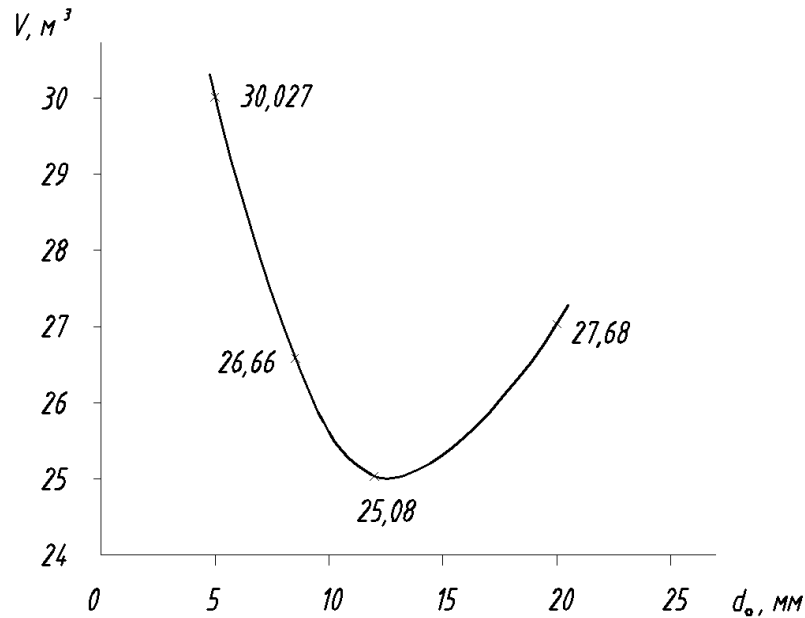


Рисунок 5.1 - Графік залежності об'єму колони від діаметру отворів в ситчастих тарілках

Оптимальний розмір отвору в ситчастій тарілці буде давати мінімальний об'єм тарільчастої частини ректифікаційної колони, який буде виправданий з економічної точки зору. Так, наприклад, відношення об'єму колони з діаметром отворів в ситчастих тарілках 20 мм до об'єму колони з діаметром отворів 12 мм дорівнює 1,1. Отже, можна сказати, що колона з діаметром отворів в ситчастих тарілках 12 мм в 1,1 рази буде дешевшою, ніж колона з діаметром отворів 20 мм.

Таким чином, результати комплексної роботи студентів підтверджують наукові дослідження, зроблені на кафедрі машинознавства та обладнання промислових підприємств та можуть бути застосовані при розробці галузевого Стандарту України.

6 РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ ДЕФЛЕГМАТОРА

6.1 Початкові дані:

Внутрішній діаметр кожуха D , мм	600
Довжина теплообмінних труб l , мм	4000
Зовнішній діаметр теплообмінної труби d_o , мм	20
Товщина стінки труби S_o , мм	2
Число ходів по трубах	1
Розрахунковий тиск в трубному просторі, МПа	1,6
Розрахунковий тиск в міжтрубному просторі, МПа	1,6
Розрахункова температура труб, °С	100
Розрахункова температура кожуха, °С	150
Матеріал кожуха	10X17H13M2T
Матеріал розподільної камери	Ст3сп
Матеріал теплообмінних труб	10X17H13M2T
Матеріал трубної решітки	10X17H13M2T
Матеріал перегородок	10X17H13M2T
Матеріал прокладок розподільної камери	пароніт
Група теплообмінника	1

6.2 Визначення розрахункових параметрів

6.2.1 Розрахункова температура

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

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

$$t_{кам} = 2 \cdot 100 - 150 = 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Розрахункову температуру ізольованих фланців визначаємо за формулою:

$$t_{\delta} = t_{\text{е\grave{a}и}} , \quad (6.2)$$

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

$$t_{\phi} = t_{кам} = 50 \text{ }^{\circ}\text{C} .$$

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

$$t_{\phi} = t_{к} = 150 \text{ }^{\circ}\text{C} .$$

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

$$t_{\delta} = 0,97 \cdot t_{кам} \quad (6.3)$$

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

$$t_{\delta} = 0,97 \cdot t_{кам}$$

$$t_{\delta} = 0,97 \cdot 100 = 97 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Розрахункова температура болтів фланцевих з'єднань штуцерів міжтрубного простору:

$$t_{\delta} = 0,97 \cdot t_{к}$$

$$t_{\delta} = 0,97 \cdot 150 = 146 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

6.2.2 Допустимі напружини

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

Таблиця 6.1 – Допустимі напружини деталей теплообмінника

Елементи апарата	Матеріал	Допустимі напружини, МПа		Відношення допустимих напружин, $[\sigma]_{20}/[\sigma]$
		при температурі 20 °С, $[\sigma]_{20}$	при розрахунковій температурі, $[\sigma]$	
Кожух	10X17H13M2T	184	168	1,095
Розподільна камера	Ст3сп	154	152,1	1,012
Теплообмінні труби	10X17H13M2T	184	168	1,095
Трубна решітка	10X17H13M2T	184	168	1,095
Перегородки	10X17H13M2T	184	168	1,095
Фланці розподільної камери	Ст3сп	140	137,8	1,016
Фланці кожуха	Ст3сп	140	131	1,069
Болти кріплення фланців штуцерів міжтрубного простору	20X13	195	173,5	1,12
Болти і гайки кріплення фланців штуцерів трубного простору	Сталь 40	130	128,5	1,012

Примітка. Допустимі напружини при температурі 20°С і розрахунковій температурі визначені методом лінійної інтерполяції за [21].

6.2.3 Коефіцієнти міцності зварних швів

Трубний простір теплообмінника по розрахунковому тиску, температурі і характеру робочого середовища відноситься до 1 групи апаратів [21], для якої довжина контрольованих швів складає 100% від їх спільної довжини. Для стикових швів з двостороннім суцільним проваром, виконаних автоматичною зваркою, коефіцієнт міцності зварних швів трубного простору приймаємо рівним

$$\varphi_p = 1$$

6.2.4 Робочий, розрахунковий і пробний тиск

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

Розрахунковий тиск визначаємо за формулою

$$P = \max \{ |P_m|; |P_k|; |P_m - P_k| \}, \quad (6.4)$$

де P_0 - розрахунковий тиск в трубному просторі, МПа;

P_k - розрахунковий тиск в міжтрубному просторі, МПа.

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

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

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

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

$$P_{\text{т}}=1,6 \text{ МПа}, \quad P_{\text{к}}=1,6 \text{ МПа};$$

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

Для трубного простору при мінімальному відношенні допустимих напружин $[\sigma]_{20}/[\sigma]=1,012$, пробний тиск складає

$$P_{\text{пр м}} = 1,25 P_m \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,25 \cdot 1,6 \cdot \frac{154}{152,1} = 2,0 \text{ МПа};$$

Гідростатичний тиск при випробуванні трубного простору теплообмінника

$$P_{\text{с м}} = \rho_{\text{с}} \cdot g \cdot H_{\text{с}} \cdot 10^{-6} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 1,06 \cdot 10^{-6} = 0,01 \text{ МПа}; \quad (6.6)$$

де $H_{\text{с}}$ - висота стовпа води в трубному просторі, $H_{\text{с}}=1,06$ м;

Гідростатичний тиск при випробуванні

$$P_{\text{зв м}} = 0,01 \text{ МПа} \leq 0,05 P_{\text{пр м}} = 0,05 \cdot 2,0 = 0,1 \text{ МПа}, \quad (6.7)$$

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

$$P_{\text{с м}} = P_{\text{пр м}} = 2,0 \text{ МПа}$$

Умова

$$P_{\text{а о}} = 2,0 \text{ МПа} \leq 1,35 \cdot P_{\text{о}} \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,35 \cdot 1,6 \cdot \frac{154}{152,1} = 2,2 \text{ МПа} \quad (6.8)$$

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

Для міжтрубного простору при відношенні допустимих напружин $[\sigma]_{20} / [\sigma] = 1,069$ пробний тиск складає

$$P_{\text{пр к}} = 1,25 P_{\text{к}} \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,25 \cdot 1,6 \cdot 1,069 = 2,1 \text{ МПа},$$

Гідростатичний тиск при випробуванні міжтрубного простору

$$P_{\text{зв к}} = \rho_{\text{с}} \cdot g \cdot H_{\text{к}} \cdot 10^{-6} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 1,06 \cdot 10^{-6} = 0,01 \text{ МПа} \leq 0,05 P_{\text{пр к}} = 0,05 \cdot 2,0 = 0,1 \text{ МПа}$$

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

$$P_{\text{ук}} = P_{\text{пр к}} = 2,1 \text{ МПа},$$

Умова

$$P_{\text{ск}} = 2,1 \text{ МПа} \leq 1,35 P_{\text{к}} \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,35 \cdot 1,6 \cdot 1,069 = 2,3 \text{ МПа}$$

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

6.2.5 Додатки до розрахункової товщини конструктивних елементів

Сума додатків до розрахункової товщини трубних решіток складає:

$$C_p = C_1 + C_2 + C_3,$$

(6.9)

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

C_2 – добавка для компенсації мінусового допуску, мм;

Добавка для компенсації корозії і ерозії C_1 визначається за формулою

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

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

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

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

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

Добавка C_2 приймається по стандартах на прокат залежно від товщини листа за таблицею 3.4 [21], $C_2=0,8$ мм.

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

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

Сума добавок до розрахункової товщини кожуха, камери та еліптичного днища

Добавка C_2 приймається по стандартах на прокат залежно від товщини листа за таблицею 3.4 [21], $C_2=0,5$ мм.

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

6.3 Розрахунок товщини стінки кожуха

6.3.1 Розрахунок циліндричної обичайки кожуха

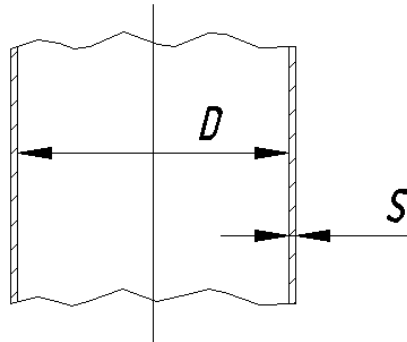


Рисунок 6.1 - Циліндрична обичайка

Розрахункова товщина стінки апарата визначається за формулою

$$S_p = \frac{P_k \cdot D}{2 \cdot [\sigma]_k \cdot \phi_p - P_k}, \quad (6.11)$$

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

D – внутрішній діаметр обичайки (кожуха), $D=600$ мм;

$[\sigma]_k$ - допустима напружина для матеріалу обичайки кожуха при розрахунковій температурі, $[\sigma]_k = 174$ МПа;

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

$$S_p = \frac{1,6 \cdot 600}{2 \cdot 168 \cdot 1 - 1,6} = 2,87 \text{ мм}$$

Виконавча товщина стінки обичайки кожуха визначається за формулою

$$S \geq S_p + C, \quad (6.12)$$

$$S \geq 1,87 + 1,5 = 4,37 \text{ мм}$$

Виконавча товщина стінки обичайки кожуха теплообмінника приймається $S=5$ мм.

Визначення допустимого надлишкового тиску

Для набутого значення S розраховуємо допустимий внутрішній надлишковий тиск за формулою

$$[P] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p \cdot (S - C)}{D + (S - C)}, \quad (6.13)$$

$$[P] = \frac{2 \cdot 168 \cdot 1,0 \cdot (5 - 1,5)}{600 + (5 - 1,5)} = 1,94 \text{ МПа}$$

При цьому повинна виконуватися умова

$$P_k \leq [P], \quad (6.14)$$

1,6 МПа < 1,94 МПа, умова виконується.

Перевірка умов застосування розрахункових формул

Розрахункові формули застосовуються при відношенні товщини стінки до діаметру

$$\frac{S - C}{D} \leq 0,1, \quad (6.15)$$

$$\frac{5 - 1,5}{600} = 0,006 < 0,1,$$

умова виконується, отже, формули застосовуються.

6.4 Розрахунок розподільної камери

6.4.1 Розрахунок товщини стінки еліптичного днища камери

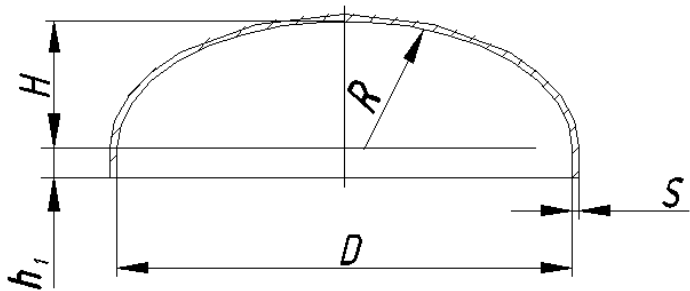


Рисунок 6.2 - Еліптичне днище

Розрахункова товщина стінки днища камери визначається за формулою

$$S_{1p} = \frac{P_{\tau} \cdot R}{2 \cdot [\sigma]_{\tau} \cdot \varphi_p - 0,5 \cdot P_{\tau}}, \quad (6.16)$$

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

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

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

$[\sigma]_{\tau}$ - допустима напружина для матеріалу днища при розрахунковій температурі, $[\sigma]_m = 152,1$ МПа;

$$S_{1p} = \frac{1,6 \cdot 600}{2 \cdot 152,1 \cdot 1 - 0,5 \cdot 1,6} = 3,17 \text{ мм}$$

Виконавча товщина стінки днища визначається за формулою (6.13)

$$S_1 \geq 3,17 + 1,5 = 4,7 \text{ мм}$$

Приймаємо товщину стінки днища камери $S_1=5$ мм.

Визначення допустимого тиску

Для отриманого значення S_1 розраховуємо допустимий внутрішній надлишковий тиск за формулою

$$[P] = \frac{2 \cdot [\sigma]_{p.k} \cdot \varphi_p \cdot (S_1 - C)}{R + 0,5 \cdot (S_1 - C)}, \quad (6.17)$$

$$[P] = \frac{2 \cdot 152,1 \cdot 1 \cdot (5 - 1,5)}{600 + 0,5 \cdot (5 - 1,5)} = 1,77 \text{ МПа}$$

При цьому повинна виконуватися умова (6.15)

$$1,6 \text{ МПа} < 1,77 \text{ МПа, умова виконується.}$$

Перевірка умов застосування розрахункових формул

Розрахункові формули для еліптичних днищ застосовуються при виконанні умов

$$0,002 \leq \frac{S_1 - C}{D} \leq 0,1, \quad (6.18)$$

$$0,2 \leq \frac{H}{D} \leq 0,5, \quad (6.19)$$

де H – висота опуклої частини днища, $H=150$ мм, [21].

$$0,002 \leq \frac{5-1,5}{600} = 0,006 \leq 0,1,$$

$$0,2 \leq \frac{150}{600} = 0,25 \leq 0,5, \quad \text{умови виконуються, отже, формули}$$

застосовуються.

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

Прийнята товщина трубної решітки повинна забезпечувати можливість кріплення труб в решітці. Для решіток, у яких кріплення теплообмінних труб здійснюється розвальцюванням або зваренням з наступним розвальцюванням, прийнята товщина решітки повинна забезпечувати міцність та гарантований тиск герметизації вальцюваного з'єднання, а також нежолоблення решітки при розвальцюванні труб. Мінімальна товщина трубних решіток прийнята з цих міркувань:

$$S_p = 24 \text{ мм}$$

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

$$S_p \geq S_{pp} + C_p, \quad (6.20)$$

д S_{pp} – розрахункова товщина трубної решітки,

C_p – сума добавок до розрахункової товщини решітки, мм.

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

$$S_{pp} = 0,5 D_e \sqrt{P/[\sigma]_p} \quad (6.21)$$

$$S_{pp} = 0,5 \cdot 40 \sqrt{1,6/168} = 1,95 \text{ мм}$$

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

$$S_p \geq S_{pp} + C_p \quad 24 \geq 1,95 + 1,8 = 3,8 \text{ мм} - \text{ умова виконується}$$

6.6 Розрахунок лінзового компенсатора

6.6.1 Умови застосування розрахункових формул

Розрахункові формули застосовні, якщо виконуються умови:

$$\frac{S_l}{d_n} \leq 0,035; \quad 1,08 \leq \frac{D_l}{d_n} \leq 3,00; \quad \frac{2r}{D_l - d_n} \leq 0,4 \quad (6.22)$$

де $S_\xi = 4 \text{ мм}$ – товщина стінки лінзового компенсатора;

$d_i = 608 \text{ мм}$ – зовнішній діаметр западини хвилі компенсатора;

$D_\xi = 758 \text{ мм}$ – зовнішній діаметр гребеня хвилі компенсатора;

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

$$\begin{aligned} \frac{S_l}{d_n} &= \frac{4}{608} = 0,0066 < 0,035 \\ 1,08 < \frac{D_l}{d_n} &= \frac{758}{608} = 1,25 < 3,00 \\ \frac{2 \cdot r}{D_l - d_n} &= \frac{2 \cdot 14}{758 - 608} = 0,19 < 0,4 \end{aligned}$$

6.6.2 Визначення допоміжних величин

Розрахунковий діаметр западини хвилі компенсатора визначають за формулою

$$\begin{aligned} d_1 &= d_n - S_l \\ d_1 &= 608 - 4 = 604 \text{ мм} \end{aligned} \quad (6.23)$$

Розрахунковий діаметр гребеня хвилі компенсатора визначають за формулою

$$\begin{aligned} d_2 &= D_l - S_l \\ d_2 &= 758 - 4 = 754 \text{ мм} \end{aligned} \quad (6.24)$$

Середній радіус тороїдального переходу хвилі компенсатора розраховують за формулою

$$r_s = 0,5 (2 r + S_n) \quad (6.25)$$

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

Допоміжну величину впливу переходу розраховують за формулою

$$\rho_n = 2 - 100 \frac{r_s}{d_1 + d_2} \quad (6.26)$$

$$\rho_n = 2 - 100 \cdot \frac{16}{604 + 754} = 0,82 \text{ мм}$$

Розрахункову ширину пластинчастої зони хвилі компенсатора розраховують за формулою

$$b_n = 0,5 (d_2 - d_1 + \rho_n \cdot r_s) \quad (6.27)$$

$$b_n = 0,5 \cdot (754 - 604 + 0,82 \cdot 16) = 81,5 \text{ мм}$$

Радіус закруглення пластинчастої зони хвилі компенсатора визначають за формулою

$$R_o = 0,25 (d_2 + d_1 - 2 b_n) \quad (6.28)$$

$$R_o = 0,25 \cdot (754 + 604 - 2 \cdot 81,5) = 298,8 \text{ мм}$$

Середній діаметр хвилі визначають за формулою

$$d_{cp} = 0,5 (d_2 + d_1) \quad (6.29)$$

$$d_{cp} = 0,5 \cdot (754 + 604) = 679 \text{ мм}$$

Характеристики хвилі визначають за формулами:

$$\xi = \frac{d_2}{d_1} - 1 \quad (6.30)$$

$$\xi = \frac{754}{604} - 1 = 0,25$$

$$\eta = \frac{d_2 - d_1}{2 r_s} - 2 \quad (6.31)$$

$$\eta = \frac{754 - 604}{2 \cdot 16} - 2 = 2,69$$

$$\alpha = S_{\xi} / d_1 \quad (6.32)$$

$$\alpha = \frac{4}{604} = 0,007$$

$$\lambda = b_{\xi} / R_o \quad (6.33)$$

$$\lambda = \frac{81,5}{298,8} = 0,27$$

$$\gamma = 1 + 1,25 \frac{d_2}{d_1} - \frac{3,2 r_s}{d_2 - d_1} \quad (6.34)$$

$$\gamma = 1 + 1,25 \cdot \frac{754}{604} - \frac{3,2 \cdot 16}{754 - 604} = 2,22$$

6.6.3 Розрахунок компенсатора на міцність

Виконавчу товщину стінки компенсатора розраховують за формулою

$$S_{\text{л}} \geq S_{\text{сп}} + C_{\text{л}} \quad (6.35)$$

де $S_{\text{сд}}$ – розрахункова товщина стінки компенсатора, мм;

$C_{\text{с}}$ – сума добавок до розрахункової товщини стінки компенсатора, мм.

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

Розрахункову товщину стінки компенсатора визначають за формулою

$$S_{\text{сп}} = S_4 \cdot \sqrt{0,5 + \sqrt{0,25 + (S_3 / S_4)^4}} \quad (6.36)$$

де

$$S_3 = 0,25 (d_2 - d_1 - \gamma \cdot r_s) \cdot \sqrt{P / [\sigma]_{\text{л}}} \quad (6.37)$$

$$S_3 = 0,25 \cdot (754 - 604 - 2,22 \cdot 16) \cdot \sqrt{\frac{1,6}{168}} = 2,79 \text{ мм}$$

$$S_4 = \frac{P \cdot d_{\text{сп}}}{2 [\sigma]_{\text{л}} \cdot \varphi} \cdot \frac{L}{d_2 - d_1 + 2 l_{\text{к}} + 2,3 r_s} \quad (6.38)$$

$$S_4 = \frac{1,6 \cdot 679}{2 \cdot 168 \cdot 1} \cdot \frac{80}{754 - 604 + 2 \cdot 5 + 2,3 \cdot 16} = 1,31 \text{ мм}$$

Позначення в формулах (6.36)-(6.38):

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

L – виконавча довжина компенсатора, мм;

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

φ – коефіцієнт міцності подовжнього зварного шва компенсатора.

$$S_{\text{ш}} = 1,31 \cdot \sqrt{0,5 + \sqrt{0,25 + (2,79/1,31)^4}} = 2,17 \text{ мм}$$

Виконавчу товщину стінки компенсатора розраховують за формулою

$$S_n \geq S_{\text{ш}} + C_n \quad (6.39)$$

$$S_n = 2,17 + 0,6 = 2,77 \text{ мм}$$

Приймаємо:

$$S_n = 4 \text{ мм}$$

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

$$[P]_{\varepsilon} = \frac{[P]_1}{\sqrt{1 + \left(\frac{[P]_1}{[P]_2}\right)^2}} \quad (6.40)$$

де

$$[P]_1 = 16 \left(\frac{S_n - C_n}{d_2 - d_1 - \gamma \cdot r_s} \right)^2 \cdot [\sigma]_n \quad (6.41)$$

$$[P]_1 = 16 \cdot \left(\frac{4 - 0,6}{754 - 604 - 2,22 \cdot 16} \right)^2 \cdot 168 = 2,37 \text{ МПа}$$

$$[P]_2 = \frac{2 [\sigma]_{\varepsilon} \cdot \varphi \cdot (S_{\varepsilon} - C_{\varepsilon}) \cdot d_2 - d_1 + 2 l_{\varepsilon} + 2,3 r_s}{d_{\text{сп}} \cdot L} \quad (6.42)$$

$$[P]_2 = \frac{2 \cdot 168 \cdot 1 \cdot (4 - 0,6) \cdot 754 - 604 + 2 \cdot 5 + 2,3 \cdot 16}{679 \cdot 80} = 4,14 \text{ МПа}$$

$$[P]_{\varepsilon} = \frac{2,37}{\sqrt{1 + \left(\frac{2,37}{4,14}\right)^2}} = 2,06 \text{ МПа}$$

При цьому повинна виконуватися умова

$$P_k \leq [P],$$

1,6 МПа < 2,06 МПа, умова виконується.

6.6.4 Розрахунок числа лінз компенсатора

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

$$\Delta = l \cdot |[\alpha_k \cdot (t_k - t_0) - \alpha_m \cdot (t_m - t_0)]| \quad (6.43)$$

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

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

l – довжина труб, мм $l = 4000$ мм

$$\alpha_k = 17 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$$

$$\alpha_m = 17 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$$

$$\Delta = 4000 \cdot | [17 \cdot 10^{-6} \cdot (150 - 20) - 17 \cdot 10^{-6} \cdot (100 - 20)] | = 3,4 \text{ мм}$$

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

Необхідне число лінз в компенсаторі розраховуємо за формулою

$$n_k = \frac{\Delta}{\Delta_k} = \frac{3,4}{4,3} = 0,79$$

Отримане число лінз округляємо до найближчого більшого цілого числа, тобто $n_k = 1$.

7 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕФЛЕГМАТОРА

Технологічний процес виготовлення теплообмінного апарату в загальному випадку складається з отримання заготівель, механічної обробки заготівель до розмірів готових деталей і зборки з деталей вузлів (складальних одиниць) і усього апарату в цілому.

7.1 Виготовлення основних елементів дефлегматора

7.1.1 Виготовлення обичайок

Циліндричні обичайки виготовляють зварними з листів. Вальцювання і штампування обичайок допускається виконувати тільки на відповідних машинах або пресах. Виготовлення обичайок ручним способом, а також місцевий нагрів і правка молотом не допускаються.

Листовий метал піддають попередній обробці (правці і розділовому різанні), ріжуть і обробляють кромки під зварювання. Листи, призначені для вальцювання, не повинні мати розшарувань, тріщин і неметалевих включень.

Далі йде процес вальцювання.

Вальцювання обичайок з листа супроводжується пластичною деформацією. При вальцюванні в холодному стані (листи невеликої товщини) пластична деформація призводить до залишкового напруження і наклепання. В цілях обмеження залишкового напруження в металі після холодного гнуття при відношенні товщини стінки обичайки до внутрішнього радіусу, рівному або більше 5%, готові обичайки потрібно піддавати термічній обробці. Листи товщиною більше 1/40 внутрішнього діаметру обичайки згинають на вальцях в гарячому стані, а після холодного гнуття піддають відпалу для зняття залишкового напруження.

Збирання і зварювання стиків після вальцювання листів проводиться на спеціальних складальних стендах. Збирання циліндричної частини обичайки полягає в поєднанні подовжніх кромок і в прихватці цих кромок за допомогою зварювання в декількох місцях (з довжиною шва в 10—40 мм через кожні 200—400 мм). Зазвичай при збиранні застосовують натяжні і кантуальні пристосування. Зміщення подовжніх кромок листів однакової товщини не повинно перевищувати 10 % товщини стінки, але не більше 3 мм. Овальність підготовленої до зварювання обичайки в будь-якому поперечному перерізі не повинна перевищувати 1 % номінального діаметру.

7.1.2 Виготовлення еліптичних днищ

Еліптичні днища можуть бути виготовлені двома методами: штампуванням і фланжируванням. При великих діаметрах еліптичних днищ штампуванням виготовляють пелюстки і сегменти.

Еліптичні днища виготовляють штампуванням в гарячому або холодному стані залежно від товщини, марки матеріалу і діаметру, а також фланжируванням в гарячому стані при температурі $1050 \div 1200^{\circ}\text{C}$.

Еліптичні днища слід виготовляти по можливості з одного листа. Днища можуть виготовлятися зварними з двох або декількох частин. Лист, призначений для виготовлення днища, заздалегідь розмічають. Операція фланжирования - поєднана операція штампування центральної частини днища і обкатки двома роликami периферійної частини днищ.

Процес виготовлення еліптичних днищ методом гарячого штампування досить складний, і складається з декількох етапів. Перший - за допомогою механічного або плазмового різання з листа металу виходить кругла заготівля. Далі штампувальним пресом заготівлі надається сферична форма. Наступний крок - відбортовка - надання формі рівних країв. Після цього заготівля проходить термічну обробку.

Невеликі днища з листів товщиною до 4 мм штамнують на пресах в холодному стані. Великі днища з листів товщиною більше 4 мм штамнують в гарячому стані на гідравлічних пресах. Заготівлю нагрівають до температури 1050—1100°C. Нагріту заготівлю укладають на протяжне кільце штампу. Пуансон штампу, що має форму днища, повільно опускаючись, поступово протягує заготівлю через протяжне кільце, формуючи днище. Готове днище витягають з-під пресу краном або лебідкою.

7.1.3 Виготовлення компенсатора

Лінзовий компенсатор застосовують у теплообмінниках для компенсації температурних розширень. Лінзовий компенсатор вварюється між частинами обичайки корпуса або між трубною решіткою і корпусом. Лінза компенсатора виготовляється з двох половин, які з'єднуються зварюю. Кільцеподібні заготівлі, призначені для виготовлення напівлінз, вирізають із сталевих листів. За наявності пресу достатньої потужності половинки лінз можуть бути виконані із заготівель шляхом холодного штампування. За відсутності пресу штампування може бути замінено відбортовкою (обкаткою) кромки на карусельному верстаті.

7.1.4 Збирання і зварювання корпуса

Підготовлені деталі (обичайки, фланці і компенсатор) поступають на збирання, яке полягає в приварюванні фланця до однієї сторони обичайки спочатку на точковому апараті, а потім суцільним швом, збиранню обичайок з компенсатором і їх зварюванню також спочатку в окремих точках, а потім суцільним швом. Те ж відноситься і до приварювання іншого фланця до обичайки. Після зварювання слідує зачистка швів.

При виконанні зварних стиків між елементами різної товщини необхідно передбачити плавний перехід від одного елемента до іншого шляхом поступового стоншування більш товстого елемента на довжині, рівній або більшій, ніж величина чотирикратної різниці товщини елементів, що

стикуються. При різниці товщини елементів, що сполучаються, не більше 5 мм і товщині листа не менше 10 мм допускаються стикові шви без попереднього стоншування товстої стінки, при цьому конфігурація швів повинна забезпечувати плавний перехід від товстого листа до тонкого.

7.1.5 Кріплення труб в трубних решітках

У трубних решітках труби кріплять найчастіше розвальцюванням, причому особливо міцне з'єднання (необхідне у разі роботи апарату при підвищених тисках) досягається при розвальцюванні труб в трубних решітках в отвори з кільцевими канавками, які заповнюються металом труби в процесі її розвальцювання. Крім того, використовують кріплення труб обварюванням з наступним розвальцюванням.

Роликове розвальцювання вводять в трубу і її обертанням і осьовим переміщенням забезпечують деформацію труби до отримання з'єднання. Труба при розвальцюванні подовжується в осьовому напрямі до 15 % розвальцьованої довжини, і цей не завжди однаковий надлишок доводиться видаляти. Стоншування труби досягає 20 % (механічна запресовка). Труба на внутрішній поверхні зміцнюється, а в місці переходу развальцьованої і неразвальцьованої частин утворюється концентратор напруження. Коливання властивостей і нерівномірність товщини труби служать джерелом інтенсивної корозії і вогнищем руйнувань.

7.2 Збирання дефлегматора

Складальні одиниці дефлегматора, підготовлені до збирання, направляють після проходження технічного контролю на складальну ділянку. Збирання дефлегматора впроваджується відповідно до технологічної схеми.

Для підвищення продуктивності праці складальні ділянки обладнані піднімально-транспортними пристроями, пристосуваннями для обертання,

кантування, закріплення, упору, прихоплення, виміру, контролю і випробування вузлів і виробів, а також мають необхідні електричні і пневматичні інструменти.

Після завершення збирання здійснюється гідравлічне випробування дефлегматора. При проведенні випробування трубний і міжтрубний простір випробовується окремо. Виявлені дефекти усуваються. Потім проводиться остаточне збирання дефлегматора.

7.3 Випробування після виготовлення

Після виготовлення дефлегматора перед здачею його в експлуатацію необхідно зробити випробування на міцність і щільність.

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

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

де P – розрахунковий тиск, МПа

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

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

Випробування проводиться водою з температурою не нижче +5°C і не вище +40°C. При заповненні дефлегматора водою, повітря повинно бути вилучене повністю.

У дефлегматорі тиск повинний підвищуватися плавно, використання стиснутого повітря або газу не допускається.

Тиск при випробуванні повинний контролюватися двома манометрами.

Дефлегматор витримують в перебігу 10 хвилин, після чого приступають до огляду корпусу. Випробування на щільність повинно бути проведене під

безпосереднім спостереженням керівника ремонтних робіт. Якщо в перебігу 10хвилин немає падіння тиску, не виявлено течії і видимих розривів, то дефлегматор вважається таким, що витримав випробування і здається в експлуатацію.

8 РЕМОНТ ДЕФЛЕГМАТОРА

8.1 Методи виконання планово-попереджувальних ремонтів

Класифікацію ремонту проводять по одній з наступних розмежувальних ознак: плануванню, періодичності проведення, об'єму робіт, що проводяться, мірі регламентації робіт і т. д.

Різні види ремонту можна проводити за допомогою різних методів, т. є. сукупності технологічних і організаційних правил виконання ремонтних операцій.

У практиці розрізняють наступні види ремонту (згідно ГОСТ 18322—78).

Плановий - ремонт, постановка устаткування на який здійснюється відповідно до вимог нормативно-технічної документації.

Неплановий (аварійний) - ремонт, постановка на який здійснюється без попереднього призначення, виконується при раптовій відмові апарату.

Поточний - ремонт, що виконується для забезпечення або відновлення працездатності обладнання і полягає в заміні і (чи) відновленні окремих частин.

Середній - ремонт, що виконується для відновлення справності і часткового відновлення ресурсу обладнання із заміною або відновленням складових частин обмеженої номенклатури і контролем технічного стану складових частин, що виконується в об'ємі, встановленому в нормативно-технічної документації.

Капітальний - ремонт, що виконується для відновлення справності і повного (чи близького до повного) відновлення ресурсу обладнання із заміною або відновленням будь-яких його частин, включаючи базові.

Агрегатний - метод ремонту, при якому несправні агрегати замінюються новими або заздалегідь відремонтованими. Під агрегатом розуміється складальна одиниця, що має властивості повної взаємозамінюваності,

незалежного збирання і самостійного виконання певної функції у виробках різного призначення.

Ремонт по технічному стану - метод ремонту, при якому перелік операцій визначається за результатами контролю технічного стану і діагностування обладнання.

Плановий ремонт обладнання заснований на вивченні і аналізі ресурсів роботи деталей і вузлів зі встановленням технічно і економічно обгрунтованих норм і нормативів. Плановий ремонт передбачає вивід в ремонт обладнання з урахуванням вимог діючих в галузі нормативів.

У плановому порядку виконується капітальний, середній і поточний ремонт. Вид ремонту допоміжного (теплообмінного) обладнання може відрізнитися від виду ремонту основного обладнання (турбоустановки), але виконується в терміни, що визначені ремонтом основного обладнання.

Планування ремонту обладнання включає розробку перспективних графіків ремонту і модернізації основного обладнання; річних графіків ремонту основного обладнання; річних і місячних графіків ремонту допоміжного і загального устаткування.

Річний графік ремонту основного обладнання, як правило, встановлює календарний час виводу в ремонт кожної одиниці обладнання, тривалість ремонту і планований об'єм робіт по виконавцях. Річний графік розробляється на планований рік відповідно до затвердженого перспективного графіку з урахуванням технічного стану обладнання. При цьому в річний графік можуть бути внесені обгрунтовані зміни позицій перспективного графіку.

Поточний ремонт теплообмінних апаратів проводять для контролю і підтримки обладнання в працездатному стані.

Основні операції, що виконуються при поточному ремонті теплообмінних апаратів, включають:

- зовнішній огляд апарату з виправленням зовнішніх дефектів ізоляції, заміною болтів і шпильок, підтяжкою болтових і різьбових з'єднань;

- перевірку стану арматури і заміну або ремонт її;
- огляд і наладку контрольно-вимірювальної апаратури;
- перевірку і наладку конденсатовідвідників і дренажів;
- огляд і оцінку стану внутрішніх поверхонь апарату.

Середній ремонт теплообмінного апарату передбачає ревізію окремих вузлів, а також відновлення і заміну зношених деталей і пов'язаний, як правило, з розбиранням апарату. До основних операцій, що виконуються при середньому ремонті, відносяться:

- роботи, що передбачаються поточним ремонтом;
- заміна арматури з перевіркою запобіжних клапанів на гідравлічному пресі;
- перевірка герметичності трубної системи і корпусу і усунення ушкоджень підвальцюванням, заваркою або відглушенням окремих трубок;
- ревізія роз'ємних різьбових, сальникових і фланцевих з'єднань;
- ремонт антикорозійних покриттів;
- ремонт ізоляції і забарвлення поверхонь апарату.

Капітальний ремонт має на меті відновлення працездатності обладнання по можливості до початкового технічного стану. При капітальному ремонті проводиться повне розбирання апарату з ремонтом окремих деталей і вузлів на місці, в ремонтних цехах або підприємствах. Капітальний ремонт робиться по спеціально розробленому плану і забезпечується необхідними документами і матеріалами (дефектними відомостями, кресленнями, запасними частинами, інструментами, пристосуваннями, підйомно-транспортним і такелажним устаткуванням), а також робочою силою і ремонтним майданчиком. При капітальному ремонті може бути проведена заміна трубного пучка або усього теплообмінного апарату.

Послідовність операцій при капітальному ремонті:

- вивчення креслень і дефектної відомості на апарат; підготовка необхідних запасних деталей, інструменту, матеріалів і підйомно-транспортних пристосувань;

- отримання дозволу на відключення обладнання;
- зняття контрольно-вимірювальних приладів, розкриття апарату і розбирання його на вузли і деталі;
- промивання і очищення;
- відбракування деталей методом огляду і вимірювання, уточнення дефектної відомості на ремонт і відомості на запасні частини;
- ремонт деталей, збирання вузлів, підгонка деталей і вузлів;
- виготовлення нових деталей і вузлів, внесення удосконалень, намічених до реалізації в період капітального ремонту;
- збирання, випробування апарату і усунення виявлених дефектів;
- перевірка апарату після збирання, підготовка до випробування;
- випробування апарату і здача його в експлуатацію.

Завершується виконання капітального ремонту складанням акту про передачу обладнання в експлуатацію.

Агрегатний метод ремонту використовується у тому випадку, коли не зберігається приналежність відновлених елементів і вузлів певному теплообмінному апарату.

8.2 Розбирання дефлегматора, виявлення і усунення дефектів

При розбиранні дефлегматора виконують наступні роботи: зняття кришок, відділення трубчатки. Для зняття і ремонту кришок необхідно провести ряд операцій. В першу чергу слід від'єднати трубопроводи підведення і відведення води, що охолоджує, і пари дистилляту, потім відвернути гайки і разболтить вертикальні роз'єми, укрутити віджимні болти, застропити і зняти кришки, причому необхідно кантувати їх вертикальним роз'ємом вгору. Далі слід зачистити поверхні ущільнювальних роз'ємів, виготовити і прографитити прокладки на вертикальних роз'ємах кришок і патрубках підведення-відведення

води, що охолоджує, і пари дистилляту, викрутити шпильки, відкалібрувати і прографитити різьблення кріплення. Далі слід зачистити ущільнювальні поверхні фланців труباتки, виготовити і прографитити прокладки, відкалібрувати і прографитити різьблення кріплення.

Також при ремонтах теплообмінної апаратури виникає необхідність ремонту корпусу. Зношені ділянки корпусу визначають за допомогою гідралічного випробування або ультразвукової дефектоскопії.

Випучини і вм'ятини на корпусі виправляються ударами кувалди по мідній підкладці. Якщо дефекти неможливо усунути ударами, то пошкоджені частини видаляються.

Дефектні штуцери і трубні решітки, що досягли максимальних величин зносу і прогину замінюються.

Свищі і тріщини усуваються шляхом заварки або установкою накладок з попереднім видаленням дефектної ділянки.

За допомогою кольорової дефектоскопії визначають протяжність і положення кінців тріщин, виявлених в корпусі. Ці кінці до заварки засвердлюють свердлами діаметром 3 - 4 мм. Ненаскрізні тріщини завглибшки не більше 0,4 товщини стінки обробляються під заварку одностороннім вирубуванням на максимальну глибину тріщини зі зняттям кромки під кутом 50-60°. При тріщині більше 100 мм зварювання проводять зворотньоступінчатим методом. Наскрізні і ненаскрізні тріщини завглибшки більше 0,4 товщини стінки обробляють на усю товщину вирубуванням зубилом або газорізкою. При появі гніздоподібних тріщин ушкоджені місця вирізуються і закриваються латками без гострих кутів. Латки ввариваються урівень з основним металом. Площа латки не повинна перевищувати 1/3 площі листа апарата.

При частковій заміні корпусу апарата потрібно виконувати наступні вимоги:

1) матеріал для виготовлення нових частин корпусу за механічними і хімічними властивостями має бути однаковим з матеріалом ремонтovanого корпусу;

2) товщина листа замінюваної частини має бути не менше за проектну;

3) електроди повинні відповідати зварюваному матеріалу;

4) замикаючі обичайки мають бути шириною не менше 400 мм;

5) подовжніх швів в горизонтальних апаратах не має бути в нижній частині апарату;

6) кромки основного металу на поверхні обичайки на ширині 10 мм необхідно зачистити перед зварюванням до чистого металу;

7) подовжні шви в окремих обичайках циліндричної частини апарату, а також меридіональні або хордові шви днищ, що примикають до обичайок, мають бути зміщені один відносно одного не менше чим на 100 мм;

8) відстань між подовжніми швами в окремих обичайках повинна бути не менше 200 мм;

9) при зварюванні стиків необхідно передбачити плавний перехід від одного елемента до іншого.

Дефектні днища при неможливості їхнього ремонту на місці замінюють новими.

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 застосовують для герметизації труб вуглецевих і корозійно-стійких сталей. Застосування конічних пробок скорочує час простою установок. Течія в місцях кріплення труб в умовах експлуатації усувається зазвичай розвальцьовуванням, оскільки застосування зварки часто неможливе за умовами техніки безпеки. При розвальцьовуванні на робочих місцях (без демонтажу теплообмінника) використання звичайного устаткування нерідко утруднене. 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.

9 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

Охорона праці - це система законодавчих актів і відповідним їм соціально-економічних, технічних, гігієнічних і організаційних заходів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Основними складовими частинами охорони праці є трудове законодавство, техніка безпеки, виробнича санітарія і протипожежна техніка. Трудове законодавство регламентує питання трудового права; техніка безпеки і виробнича санітарія спрямована на забезпечення здорових і безпечних умов праці; протипожежна техніка є системою заходів щодо попередження пожеж і боротьбі з ними.

Численні і різноманітні технологічні процеси хімічної промисловості засновані на використанні високих температур, високих і надвисоких тисків, вибухо- і пожежонебезпечних і токсичних речовин у різних агрегатних станах. Для забезпечення сприятливих і безпечних умов праці працюючих необхідне застосування принципів різних технічних прийомів і способів захисту, створення нової техніки і технології, що забезпечують оптимальні умови праці.

Дотримання правил техніки безпеки у виробництві аміаку, що є вибухонебезпечним і пожежонебезпечним - неодмінна умова безпечної роботи і безаварійного протікання всіх технологічних процесів.

Охорона праці, техніка безпеки, промислова санітарія і охорона навколишнього середовища безпосередньо впливають на захворюваність робітників та службовців, що, у свою чергу, відбивається на продуктивності праці, а, отже, і на техніко-економічні показники виробництва.

Турбота про охорону навколишнього середовища шляхом зменшення шкідливих викидів в атмосферу, зниження змісту аміаку в стічних водах мають велике значення для поліпшення екології.

Фізичні небезпечні і шкідливі виробничі фактори у виробництві характеризуються:

- наявністю газів, які в суміші з киснем повітря утворюють вибухонебезпечні концентрації (природний газ, конвертований газ, водень, азотоводнева суміш, аміак);
- наявністю горючих речовин і матеріалів (природний газ, конвертований газ, водень, азотоводнева суміш, аміак, масло і промаслені матеріали, електроустаткування);
- можливістю влучення на тіло людини високотемпературних середовищ (гарячий газ, гаряча вода, пара);
- можливістю поразки електричним струмом (при наявності ушкоджень на електроустаткуванні й електропроводці і у результаті недотримання правил електробезпеки);
- наявністю механізмів, що обертаються і рухомих, що може викликати травматизм; експлуатацією устаткування під тиском, виконання робіт на висоті, у прямках, колодязях, колекторах, закритих посудинах;
- підвищеним рівнем шуму на робочому місці;
- накопиченням зарядів статичної електрики.

Загальні вимоги до ремонтних робіт

1 Необхідно виконувати тільки ті роботи, які доручені безпосереднім керівником.

2 Стежити, щоб в зоні робіт не знаходилися сторонні особи. Попереджати інших працівників про початок тих або інших етапів монтажу-демонтажу.

3 Не допускається знаходження працівників під обладнанням, що монтується або демонтується, до установки його в стійке положення. При необхідності знаходження працівників як виняток під обладнанням, що монтується або демонтується, слід здійснювати спеціальні заходи, що забезпечують безпеку таких працівників.

4 Не допускається використовувати для закріплення відповідного оснащення наявні устаткування, трубопроводи, будівельні конструкції без узгодження з особами, відповідальними за їх експлуатацію.

5 З'єднання отворів і перевірка їх збігу в монтованому обладнанні повинно проводитися з використанням спеціального інструменту (конусних оправлянь, складальних пробок та ін.). Перевіряти з'єднання отворів в монтованому обладнанні пальцями рук забороняється.

6 При роботах в пожежонебезпечному середовищі слід застосовувати інструмент, пристосування і оснащення, що унеможлиблює іскроутворення.

7 Має бути унеможливлена мимовільного включення монтованого (що демонтується) устаткування.

8 При вантаженні, розвантаженні, переміщенні, підйомі і вивірці монтованого обладнання (устаткування, трубопроводів, металоконструкцій) має бути забезпечена їх справність.

9 Трубопроводи слід приєднувати до окремо монтованого обладнання, як правило, після закріплення на опорах цього обладнання, без перекосів і додаткового натягнення.

10 Підвіски або опори трубопроводів повинні забезпечувати утримання масу трубопроводу і ізоляції з коефіцієнтом запасу не менше 1,2.

11 Ділянки трубопроводів не повинні мати стиків в місцях прокладення через стіни або перекриття.

Проведення робіт на висоті

Роботи на висоті вище 1,3м повинні виконуватися із застосуванням приставних сходів, драбин, подмостей, лісів, що мають обгороджування або при обов'язковому застосуванні перевірених або випробуваних запобіжних поясів, якщо роботи проводяться з необгороджених поверхонь.

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

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

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

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

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

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

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

Основні правила при проведенні такелажних та стропувальних робіт

Слюсар повинний знати правила безпечного виконання такелажних і стропувальних, а також електроробіт. Транспортування і підйом вузлів здійснюється тільки справними вантажопідйомними механізмами. До ручного транспортування вантажів допускаються особи, що досягли 18-його віку і пройшли медогляд, Одна людина може піднімати вантаж не більш 50кг. Підйом більш важких вантажів одною людиною забороняється.

При роботі з вантажопідйомними пристроями забороняється знаходитися під піднятим вантажем, або шляхи його руху, відривати краном апарат від бетонної підливи, допускати розгойдування вантажу, залишати вантаж у підвішеному стані на тривалий час.

Проведення зварювальних і вогневих робіт

Вогневі роботи дозволяється проводити тільки після виконання всіх підготовчих робіт і заходів, передбачених нарядом-допуском.

Напередодні для проведення вогневих робіт в пожежну частину прямує письмове сповіщення з вказівкою найменування цеху, номери корпусу, місця і характеру вогневих робіт.

Перед початком і періодично в процесі проведення робіт необхідно проводити аналізи стану повітряного середовища на місці робіт.

В разі підвищення змісту горючих речовин в небезпечній зоні, усередині апарату або трубопроводу вогневі роботи негайно припиняються. Ці роботи можуть бути відновлені тільки після виявлення і усунення причини загазованості і відновлення нормальної повітряної середовища.

Під час проведення вогневих робіт технологічним персоналом цеху мають бути прийняті заходи, що виключають виділення в повітряну середовищу вибухонебезпечних речовин.

Основні правила техніки безпеки при проведенні газозварювальних і електрозварювальних робіт:

- Для проведення газозварювальних робіт, електрозварювальних робіт і інших вогневих робіт повинен бути у кожному окремому випадку наряд-допуск, затверджений начальником цеху. Наряд-допуск повинен бути узгоджений з представником ВПЧ.

- Підключення апарату електрозварювання до мережі з боку високої напруги проводиться тільки черговим електриком.

- При електрозварювальних роботах зварювальнику і допоміжним робітникам необхідно захищати очі від дії променів електродуги за допомогою захисних окулярів. Місця проведення вогневих робіт повинні бути екрановані від іскр, що розлітаються, і засліплення людей, що працюють поряд.

- Корпус апарату електрозварювання має бути заземлений.

- Забороняється допускати до роботи на електрозварювальних і газозварювальних апаратах осіб, що не навчені, які не мають посвідчення на право роботи на цих апаратах.

- Газозварник повинен пам'ятати, що масло при зіткненні з киснем, що знаходиться під тиском, спалахує, а це може викликати вибух і пожежу.

- Не піддавати балони нагріву (від сонця або інших джерел), оскільки при нагріві підвищується тиск в балоні, що може привести до вибуху і нещасного випадку.

- Оберігати від ударів і падіння балони, оскільки це може привести до їх вибуху. Балони мають бути надійно закріплені.

- При проведенні вогневих робіт необхідно строго дотримуватися правил протипожежної безпеки і на робочому місці мати засоби пожежегасіння. Після закінчення зварювальних робіт перевірити, чи немає де загоряння.

- До зварювальних робіт на апаратах, що працюють під тиском, допускаються зварювальники, що мають посвідчення на право зварки посудин, підконтрольних Держміськтехнагляду.

Апарат до початку зварювання повинен бути заземлений. Необхідно електродержач блокувати з пускачем так, щоб при заміні електродів до електродержача відключалась напруга. Рукоятка електродержача повинна бути виготовлена з діелектричного та теплостійкого матеріалу.

Всередині апарату електрозварник повинен працювати у відповідних засобах захисту: у діелектричних рукавичках, галошах, шланговому протигазі та захисному шоломі, а також підлокітниках та наколінниках. Зварювальні роботи виконувати стоячи на гумовому килимці. Забороняється запалювати газові горілки всередині апаратів.

При виконанні газонебезпечних робіт з вибухонебезпечними газами необхідно користуватися інструментами, що не дають іскр при ударі, а для освітлення застосовувати переносні електролампи з напругою 12 вольт у вибухозахищеному виконанні, мати засоби індивідуального захисту: протигазу ПШ-1, ПШ-2.

ВИСНОВКИ

В даному дипломному проекті розглянуто установку ректифікації суміші вода-оцтова кислота продуктивністю 2,5 т/год. по кубовому залишку з розробкою дефлегматора:

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

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

- 1 Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1987. – 576с.
- 2 Справочник химика, т. 5. – М.: Химия, 1968. – 975 с.
- 3 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.
- 4 Ермаков В.И., Шеин В.С. Ремонт и монтаж химического оборудования: Учебное пособие для вузов. – Л.: Химия, 1981. – 368 с.
- 5 Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. Процессы и аппараты химической технологии, 4-е изд. – М.: Химия, 1967. – 848 с.
- 6 Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В. Основи охорони праці. - Вид.5-е, доп.-Львів:Афіша, 2002.-350с.
- 7 Чернышев А.К., Коптелов В.Г., Листов В.В., Заичко Н.Д. Основные теплофизические свойства газов и жидкостей. Номографический справочник. – Кемеровское изд-во, 1971. – 225 с.
- 8 Дытнерский Ю.И. и др. Колонные аппараты. Каталог/ Под ред. Дытнерского Ю.И., 2-е изд-во.– М.: ЦИНИНЕФТЕХИММАШ, 1978. – С. 220.
- 9 Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии, 3-е изд. – М.: Химия, 1987. – 496 с.
- 10 Вихман Г.Л., Круглов С.А. Основы конструирования аппаратов и машин нефтеперерабатывающих заводов. «Машиностроение», 1978 г. 326 с.
- 11 Аппараты теплообменные кожухотрубчатые общего назначения. Аппараты теплообменные кожухотрубчатые с неподвижными трубными решетками и кожухотрубчатые с температурным компенсатором на кожухе. Каталог. М.: АООТ «ВНИИнефтемаш». 2001.—.70 с.
- 12 И.И. Поникаров и др. Машины и аппараты химических производств /. – М.: Машиностроение, 1989. – 368 с.
- 13 Лацинский А. А., Толчинский А. Р. Основы конструирования и расчета

химической аппаратуры. – М.: Машиностроение, 1970. –752с.

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

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

16 Методические указания к выбору конструкционных материалов для стальных сварных сосудов и аппаратов для студентов специальности 7.090220/ Сост. А.И. Барвин, И.М. Генкина, В.В. Иванченко, Д.А. Куликов, В.Г. Табунщиков, Ю.Н. Штонда. – Северодонецк, СТИ, 2003. – 41 с.

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

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

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

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

21 О.І. Барвін та ін. Конструювання і розрахунок сталевих зварних посудин та апаратів. Обичайки та днища. – Луганськ: Вид-во Східноукр. нац. ун-ту імені Володимира Даля. 2005. – 310 с.

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

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