

ВСТУП

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

Застосовуються наступні процеси, засновані на явищі масообміну.

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

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

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

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

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

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

- Сушка – видалення вологи з твердих тіл шляхом випарювання.

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

Простими способами перегонки рідких сумішей являються:

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

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

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

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1 Перегонка рідини

Види ректифікації:

1 Проста ректифікація. Даний процес проводиться в ректифікаційних колонах насадкового і тарельчатого типу. Вода подається на верхню насадку або тарілку і з нижньої поступає в кип'ятильник. У ній при закипанні утворюється потік пари, яка при проходженні через колону захоплює з собою пару органічних домішок і доставляє її у верхню частину колони. Згодом пара поступає в конденсатор, а очищена рідина виходить як кінцевий продукт.

Переваги простої перегонки:

- серйозна перевага простої перегонки - простота конструкції;
- дає можливість отримання хімічно чистих продуктів.

2 Пароциркулярна ректифікація (евапорація) здійснюється в ректифікаційних колонах, де використовується циркулююча водяна пара. При використанні цього методу очищення домішки між рідкою і паровою фазою розподіляються по-різному. Колони для цього способу ректифікації складаються з нижньої частини, в якій відбувається очищення рідини і верхньої (поглинювальною) частини, в якій йде регенерація пари. Переваги перегонки з водяною парою дозволяють, наприклад, розганяти природні масла і смоли на фракції, одні з яких переганяються з водяною парою, а інші – ні.

Недоліки:

- Домішки між рідкою і паровою фазою розподіляються по-різному;
- Час від часу треба додавати свіжу воду. При тривалих роботах це представляє незручність, оскільки для додавання води потрібно припинити перегонку, роз'єднувати пару і потім знову збирати всю систему.

Процес ректифікації може протікати при атмосферному тиску, а також при тиску вище і нижче атмосферного. Під вакуумом ректифікацію проводять, коли розділенню підлягають висококиплячі рідкі суміші. Підвищений тиск

застосовується для розділення сумішей, що знаходяться в газоподібному стані при нижчому тиску. Ступінь розділення суміші рідин на компоненти, і чистота отримуваних дистиляту і кубового залишку залежать від того, наскільки розвинена поверхня фазового контакту, а отже, від кількості зрошуючої рідини (флегми) і конструкції колони ректифікації.

Процес ректифікації може протікати при атмосферному тиску, а також при тиску вище і нижче атмосферного. Під вакуумом ректифікацію проводять, коли розділенню підлягають висококиплячі рідкі суміші. Підвищений тиск застосовується для розділення сумішей, що знаходяться в газоподібному стані при нижчому тиску. Ступінь розділення суміші рідин на компоненти, і чистота отримуваних дистиляту і кубового залишку залежать від того, наскільки розвинена поверхня фазового контакту, а отже, від кількості зрошуючої рідини (флегми) і конструкції колони ректифікації.

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

1.2 Апаратурне оформлення процесів перегонки рідини

Колона ректифікації є одним з центральних апаратів технологічної установки ректифікації. Застосування цього апарату викликане необхідністю реалізації простого способу розподілу суміші на фракції залежно від їх температур кипіння. Такий спосіб дістав назву ректифікації, а апарат для проведення цього процесу - колоною ректифікації.

Але одна колона ректифікації не може впоратися із завданнями по розподілу фракцій. На хімічних і нафтопереробних підприємствах колона тісно пов'язана з множиною іншого устаткування - насосного, теплообмінного, сепараційного.

Конструкції ректифікаційних колон

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

Тарільчасті ковпачкові колони найчастіше застосовують в ректифікаційних установках.

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

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

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

Тарілки, зібрані з S-подібних елементів, забезпечують рух пари і рідини в одному напрямку, сприяючи вирівнюванню концентрації рідини на тарілці. Поверхня перетину тарілки складає 12—20% від площини перетину колони. Коробчатий поперечний перетин елемента створює значну жорсткість, що

дозволяє встановлювати його на опорне кільце без проміжних опор в колонах діаметром до 4,5 м.

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

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

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

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

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

строго горизонтально для забезпечення проходження пари через всі отвори тарілки, а також щоб уникнути стікання рідини через них. Зазвичай діаметр отворів ситчастої тарілки приймають в межах 0,8—3,0 мм.

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

Масо- і теплообмін в колонах з насадкою характеризується не лише явищами молекулярної дифузії, фізичними властивостями фаз, але і гідродинамічними умовами роботи колони, які визначають турбулентність потоків. Залежно від швидкості потоку в колоні можливі три гідродинамічні режими: ламінарний, проміжний і турбулентний, - при яких потік пари є суцільним, безперервним і заповнює вільний об'єм насадки, не зайнятий рідиною, тоді як рідина стікає лише по поверхні насадки. Подальший розвиток турбулентного руху може привести до подолання сил поверхневого натягіння і порушення граничної поверхні між потоками рідини і пари. При цьому газові вихори проникають в потік рідини, відбувається емульгування рідини парою, і масообмін між фазами різко зростає. В разі з емульгування рідина розподіляється не по насадці, а заповнює весь її вільний об'єм, не зайнятий парою; рідина утворює суцільну фазу, а газ — дисперсну фазу, розподілену в рідині, тобто відбувається інверсія фаз.

Дослідження показали, що перехід від турбулентного режиму до режиму емульгування (точка інверсії або крапка початку емульгування) відповідає оптимальним умовам роботи колони і оптимальної швидкості пари, при якій на насадці затримується максимальна кількість рідини, бризок і піни, досягаються інтенсивний масообмін і максимальна продуктивність при мінімальній висоті насадки. При перевищенні оптимальної швидкості починається оборотний рух рідини від низу до верху, відбувається так зване “захлинання” колони і порушення режиму її роботи.

Трубчасті плівкові ректифікаційні колони складаються з пучка вертикальних труб, по внутрішній поверхні яких тонкою плівкою стікає рідина, взаємодіючи з паром, що піднімається по трубах.

Пара поступає з куба в трубки. Флегма утворюється в дефлегматорі безпосередньо на внутрішній поверхні трубок, що охолоджуються водою у верхній їх частині. Діаметр вживаних трубок 5—20 мм. Ефект роботи плівкового апарату зростає із зменшенням діаметру трубок.

Трубчасті колони характеризуються простотою виготовлення, високими коефіцієнтами масопередачі і вельми малим гідравлічним опором руху пари. Багатотрубні колони з штучним зрошуванням мають значно менші габаритні розміри і масу, чим тарільчасті.

1.3 Конструкції теплообмінного обладнання

Кожухотрубчасті теплообмінні апарати позначаються індексами і 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 -подібними трубами; ПК - з плаваючою голівкою і компенсатором на ній;

- по розташуванню (третья буква індексу): Г - горизонтальні; В - вертикальні.

Кожухотрубчасті теплообмінники є апаратами, виконаними з пучків труб, зібраних за допомогою трубних решіток, і обмежені кожухами і кришками з штуцерами.

Для компенсації температурних подовжень, що виникають між кожухом і трубками, передбачається можливість вільного подовження труб за рахунок різного роду компенсаторів.

Кожухотрубчастіє апарати можуть бути вертикальними і горизонтальними. Вертикальні апарати мають більше поширення, оскільки вони займають менше місця і зручніше розташовуються в робочому приміщенні. Для зручності монтажу і експлуатації максимальну довжину трубок для них слід обирати не більше 5м.

У теплообміннику типу К з лінзовим компенсатором на корпусі температурні деформації компенсуються осьовим стискуванням або розширенням компенсатора. Теплообмінники з лінзовими компенсаторами застосовують при невеликих температурних деформаціях (не більше 13-15 мм). Застосування кожухотрубчатих теплообмінників з температурним компенсатором на кожусі (лінзовий компенсатор) обмежене гранично допустимим тиском в кожусі, рівним 1,6 МПа. При більшому тиску в кожусі (1,6-8,0 МПа) слід застосовувати теплообмінники з плаваючою голівкою або з U-подібними трубами.

Кожухотрубчастий теплообмінник з плаваючою голівкою призначений для охолодження (нагрівання) рідких або газоподібних середовищ без зміни агрегатного стану. Не закріплені на кожусі другі трубні грати разом з внутрішньою кришкою, що відділяє трубний простір від міжтрубного, утворюють так звану плаваючу голівку. Така конструкція виключає температурне напруження в кожусі і в трубах. Теплообмінник з плаваючою голівкою можуть бути двух- або чотирьохходовими, горизонтальними довжиною 3, 6 і 9 м або вертикальними висотою 3 м.

В апаратах з U - подібними трубами забезпечується вільне температурне подовження труб: кожна труба може розширюватися незалежно від кожуха і сусідніх труб. Різниця температур стінок труб по ходах в цих апаратах не повинна перевищувати 100°C. Інакше може виникнути небезпечне температурне напруження в трубних решітках внаслідок температурного стрибка на лінії стику двох її частин. Теплообмінники з U - подібними трубами розраховані на тиск до 6,4 МПа.

Перевага конструкції апарату з U - подібними трубами - можливість періодичного витягування трубного пучка для очищення зовнішньої поверхні труб або повної заміни пучка. Проте слід зазначити, що зовнішня поверхня труб в цих апаратах незручна для механічного очищення.

Оскільки механічне очищення внутрішньої поверхні труб в апаратах з U - подібними трубами практично неможлива, в трубний простір таких апаратів слід направляти середовище, що не утворює відкладень, які вимагають механічного очищення.

Пластинчастий теплообмінник - це теплообмінник поверхневого типу, в якому передача тепла від одного середовища (гріючого теплоносія) до іншого (теплоносія, що нагрівається) відбувається через металеву стінку, яку прийнято називати поверхнею теплообміну.

Пластинчасті теплообмінники є апаратами, теплообмінна поверхня яких утворена набором тонких штампованих пластинів з гофрованою поверхнею. Робочі середовища в теплообміннику рухаються в щілинних каналах складної форми між сусідніми пластинами в протитоці. Канали для теплоносіїв, що гріє і нагрівається чергуються між собою. Гофрована поверхня пластин посилює турбулізацію потоків робочих середовищ і підвищує коефіцієнт тепловіддачі.

Пластинчасті теплообмінники розділяють по мірі доступності поверхні теплообміну для механічного очищення і огляду на розбірні, напіврозбірні і нерозбірні (зварні).

Найширше застосовують розбірні пластинчасті теплообмінники, в яких пластини відокремлені одна від одної прокладеннями. Монтаж і демонтаж цих апаратів здійснюють досить швидко, очищення теплообмінних поверхонь вимагає незначних витрат праці.

Основним теплообмінним елементом в змійовикових теплообмінниках являється змійовик-труба, зігнута по певному профілю.

Швидкість руху рідини мала внаслідок великого перерізу корпусу апарату, що обумовлює низькі значення коефіцієнтів тепловіддачі від зовнішньої стінки

змійовика до рідини (чи навпаки). Для збільшення цього коефіцієнта тепловіддачі підвищують швидкість руху рідини шляхом установки в корпусі апарату, всередині змійовика, склянки. В цьому випадку рідина рухається по кільцевому простору між стінками апарату і склянки з підвищеною швидкістю.

Погружні змійовикові теплообмінники мають порівняно невелику поверхню теплообміну

Спіральні теплообмінники виготовляють з поверхнею теплообміну 10-100 м²; вони працюють як під вакуумом, так і при тиску до 1 МПа при температурі робочого середовища 20-200 °С. Їх можна використовувати для реалізації теплообміну між робочими середовищами рідина-рідина, газ-газ, газ-рідина.

Останнім часом більшого поширення набувають спіральні теплообмінники завдяки простоті виготовлення і компактності конструкції. Площа поперечного перерізу каналів в такому теплообміннику по всій довжині постійна, тому він може працювати із забрудненими рідинами.

низькокиплячими. У зміцнюючій частині пара зміцнюється низькокиплячим теплоносієм. Межею між двома частинами колони служить поживна тарілка, на яку подається початкова суміш, нагріта до температури кипіння. На поживній тарільці вона змішується з флегмою і стікає по тарілках в куб, збагачуючись висококиплячими компонентами.

З низу колони частина кубового залишку поступає в кип'ятильник К, що обігрівается водяною парою. З кип'ятильника парова суміш, що утворюється, піднімається по колоні від низу до верху. Збагачена низькокип'ячим компонентом, вона поступає в дефлегматор Д, в якому частина пари конденсується і у вигляді флегми повертається на верхню тарілку зміцнюючої частини колони. Інша частина пари поступає в холодильник Х2, де конденсується і поступає в ємність Є3.

З кубової частини колони безперервно виводиться кубова рідина – продукт збагачений труднолетучим компонентом, який охолоджується в холодильнику Х1 і прямує в ємність Є2.

2.2 Опис конструкції колони з ситчастими тарілками

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

На рисунку 2.2 показаний колонний апарат з ситчастими тарілками 3, циліндричний, що складається із царг 1, кришки 2 з еліптичним відбортованим днищем. Ректифікаційна колона встановлена на конічну опору 4. Царги з'єднуються між собою фланцевими сполуками. Збирання і розбирання внутрішніх пристроїв (тарілок), а також огляд внутрішньої поверхні апарату, його чищення і ремонт відбувається після демонтажу царг.

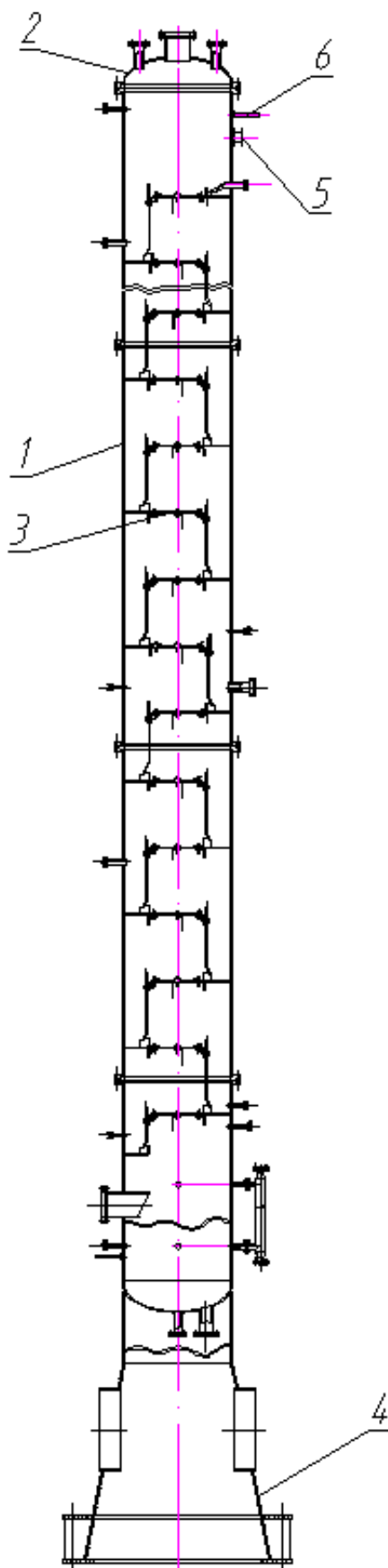


Рисунок 2.2 - Суцільнозварний колонний апарат з ситчастими тарілками

Апарат обладнаний технологічними штуцерами, призначеними для входу і виходу робочого середовища і штуцерами для приєднання контрольно-вимірювальних пристроїв. Також на колонному апараті розташовані цапфи для стропування 5, пристосування для вивірювання 6. Пристосування для вивірювання вертикальності встановлення колони при монтажі представляють собою спеціальні пристрої у вигляді нарізних шпильок, які встановлюються по двох взаємно перпендикулярним створюючим корпуси апарату, дві вгорі і дві внизу.

Всередині колони розташовано 29 ситчастих тарілок.

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

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

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

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

На кип'ятильнику розміщені пробки для спорожнення трубного і міжтрубного просторів, а також повітряники, які встановлюються в нижніх і верхніх точках відповідних порожнин. На кожусі кип'ятильника розміщений лінзовий компенсатор, призначений для зниження температурних напружин, які виникають в трубах і кожусі в робочих умовах. Вертикальний апарат встановлюється на опорних лапах.

До корпусу по торцях приварені трубні решітки, в яких закріплені теплообмінні труби. Труби в решітках кріпляться розвальцьовуванням або якимсь іншим способом залежно від матеріалу труб і тиску в апараті. До трубних решіток приєднуються кришки на болтах або шпильках.

Недоліком є неможливість механічного очищення і неможливість огляду усередині труб і внутрішньої поверхні кожуха. Неможливість очищення призводить до появи різних відкладень на поверхні і, отже, зменшенню процесу теплопередачі. У зв'язку з неможливістю огляду не можна своєчасно виявити будь-які дефекти на відповідній поверхні, а це збільшує вірогідність аварії.

3 ВИБІР ОСНОВНИХ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

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

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

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

Хімічні середовища в тій чи іншій мірі завжди викликають корозію матеріалу апарату, тому для виготовлення їх застосовуються різні метали і сплави. Найбільше застосування знаходять сталі. Завдяки здатності змінювати свої властивості залежно від складу, можливості термічної і механічної обробки сталі з низьким вмістом вуглецю добре штампуються, але погано обробляються різанням. Додатки інших металів - легуючих елементів - покращують якість сталей і додають їм особливі властивості (наприклад, хром покращує механічні властивості, зносостійкість і корозійну стійкість; нікель підвищує міцність, пластичність; кремній збільшує жаростійкість).

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

У кип'ятильнику, що проектується, по міжтрубному простору рухається насичена пара, тому згідно з [13] для виготовлення обичайки, трубних решіток, фланців та перегородок застосовуємо сталь 12X18H10T за ГОСТ 5632, для теплообмінних труб та патрубків - сталь 12X18H10T за ГОСТ 9941.

По трубному простору підігрівача рухається вихідна суміш. Тому згідно з [13] для виготовлення розподільної камери та кришки застосовуємо сталь Ст3сп за ГОСТ 380. Матеріал труб для виготовлення патрубків розподільної камери та кришки - сталь 10 за ГОСТ 8732.

Матеріал кріпильних виробів (болтів) по рекомендаціях [7] 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 20X13 ГОСТ 5632. Матеріал опори і цапф для стропування – сталь ст3сп по ГОСТ 380. Матеріал прокладок - паронит ПОН за ГОСТ 481.

4 ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ РОЗМІРІВ КОЛОНИ ТА КИП'ЯТИЛЬНИКА

Початкові дані

Продуктивність по вихідній суміші	5,5 т/год;
Концентрація НКК (діхлоретану):	
у вхідній суміші	$\alpha_F = 45\%$ (іаїї .),
в дистилляті	$\alpha_D = 98\%$ (іаїї .),
в кубовому залишку	$\alpha_W = 1,5\%$ (іаїї .).
Температура:	
остудної води	12 °С,
дистилляту після холодильника	21 °С,
кубового залишку після холодильника	21 °С,
вхідної суміші	16 °С.
Тиск насиченої водяної пари	5,5 кгс/см ²
Коефіцієнт надлишку флегми	1,5
Колона працює під атмосферним тиском	
$\eta = 0,75$ – к.к.д. тарілки	
$w = 1,4$ м/с – швидкість пари в колоні	
$d_0 = 12$ мм – діаметр отвору в тарільці	

4.1 Визначення продуктивності по дистилляту і кубовому залишку

Продуктивність колони по дистилляту визначаємо за формулою:

$$G_p = G_F \cdot \frac{\alpha_F - \alpha_W}{\alpha_P - \alpha_W} = 5500 \cdot \frac{0,45 - 0,015}{0,98 - 0,015} = 2479,27 \text{ т/год} = 0,689 \text{ т/н}$$

Продуктивність колони по кубовому залишку визначаємо з рівняння:

$$G_W = G_F - G_P$$

$$G_W = 5500 - 2479,27 = 3020,73 \text{ т/год} = 0,839 \text{ т/н}$$

Перевірка:

$$G_F \cdot \alpha_F = G_P \cdot \alpha_P + G_W \cdot \alpha_W$$

$$5500 \cdot 0,45 = 2479,27 \cdot 0,98 + 3020,73 \cdot 0,015$$

$$2475 = 2429,69 + 45,31$$

$$2475 = 2475$$

4.2 Визначення мінімального і дійсного флегмового числа

Перераховуємо масові концентрації в мольні за формулою:

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

де X – концентрація низкокип'ячого компонента А в бінарній суміші, мол. частки;

α – вміст низкокип'ячого компонента А в бінарній суміші, мас. частки;

M_A, M_B – молярна маса компонента А і В (відповідно).

Молярні маси: діхлоретан – 98 кг/кмоль, толуол – 92 кг/кмоль

Тоді концентрація вхідної суміші:

$$X_F = \frac{\frac{\alpha_F}{M_A}}{\frac{\alpha_F}{M_A} + \frac{1-\alpha_F}{M_B}} = \frac{\frac{0,45}{98}}{\frac{0,45}{98} + \frac{1-0,45}{92}} = 0,434;$$

дистиляту:

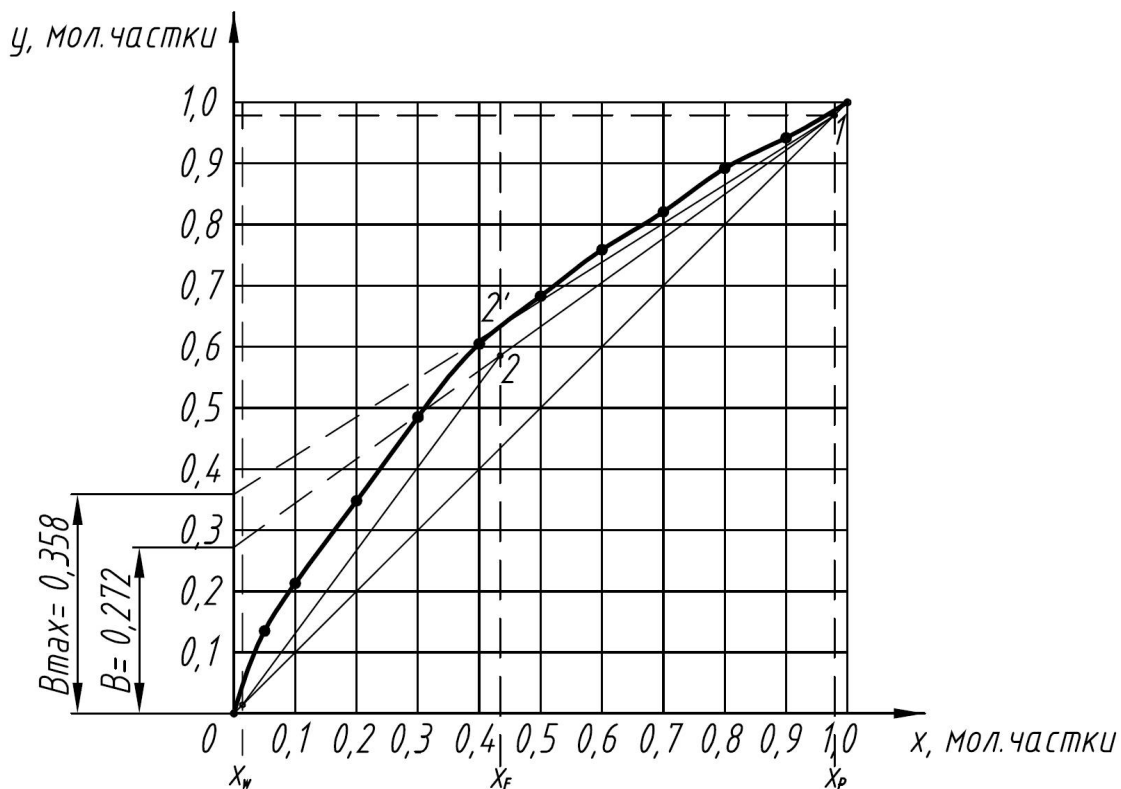
$$X_P = \frac{\frac{\alpha_P}{M_A}}{\frac{\alpha_P}{M_A} + \frac{1-\alpha_P}{M_B}} = \frac{\frac{0,98}{98}}{\frac{0,98}{98} + \frac{1-0,98}{92}} = 0,979;$$

кубового залишку:

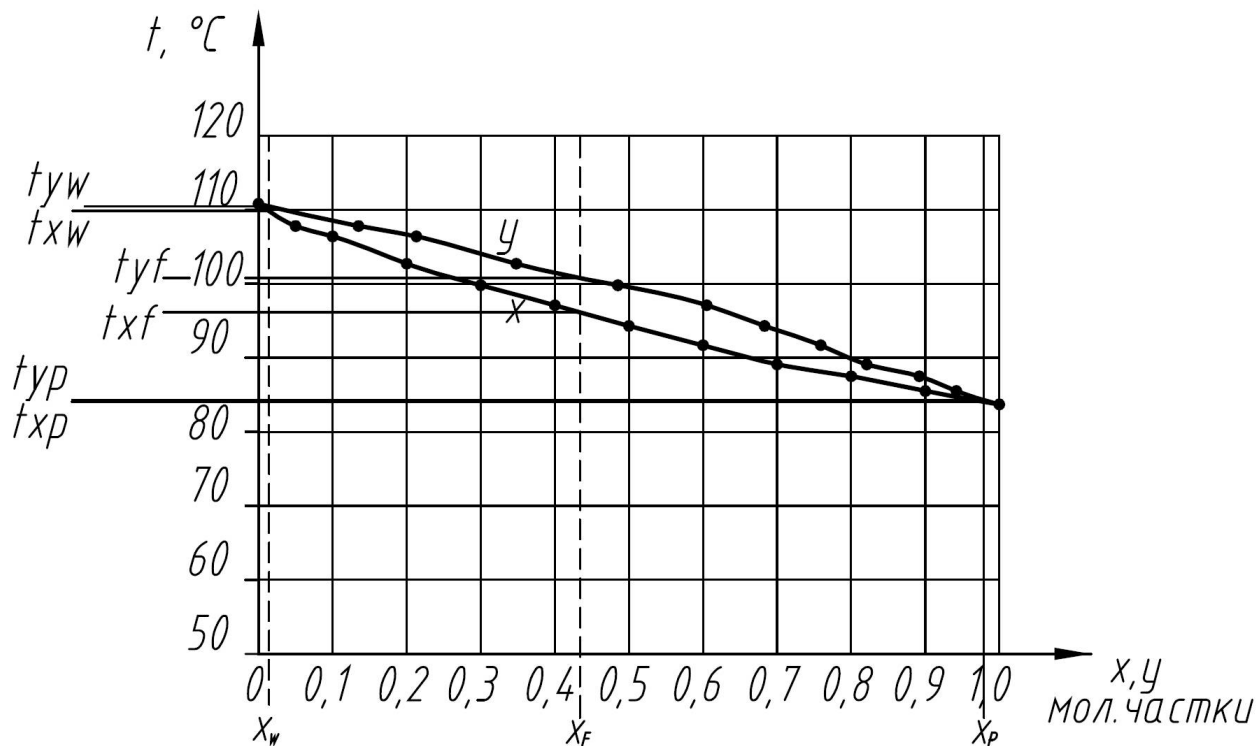
$$X_W = \frac{\frac{\alpha_W}{M_A}}{\frac{\alpha_W}{M_A} + \frac{1-\alpha_W}{M_B}} = \frac{\frac{0,015}{98}}{\frac{0,015}{98} + \frac{1-0,015}{92}} = 0,014.$$

Мінімальне флегмове число визначаємо графо-аналітичним способом. Для цього на підставі досвідчених даних, в координатах у-х будують криву

рівноваги для суміші діхлоретан-толуол при атмосферному тиску (рисуюнок 4.1)
і криву температур кипіння і конденсації (рисуюнок 4.2)



Рисуюнок 4.1 – До визначення мінімального флегмового числа



Рисуюнок 4.2 – Ізобара температур кипіння і конденсації

Таблиця 4.1–Рівноважні дані для суміші діхлоретан–толуол

Вміст компонента А, мол. %		Температура кипіння, t, °С
в рідині (x)	в парі (y)	
0	0	110,8
5	13,5	107,8
10	21,3	106,4
20	34,8	102,7
30	48,5	99,8
40	60,5	97,1
50	68,3	94,3
60	75,9	91,7
70	82,1	89,1
80	89,2	87,5
90	94,2	85,5
100	100	83,7

На діаграмі у-х з точки 1 ($x_p=y_p$) через точку 2' (x_F, y_F^*) проводимо пряму лінію до перетину з віссю у. Відрізок, відсікаємий на осі у, позначимо через $B_{\max}=0,358$. За величиною цього відрізка знаходимо мінімальне флегмове число:

$$R_{\min} = \frac{x_p}{B_{\max}} - 1 = \frac{0,979}{0,358} - 1 = 1,735$$

Дійсне флегмове число, використовуючи рівняння:

$$R = K_R \cdot R_{\min}$$

$$R = 1,5 \cdot 1,735 = 2,6$$

На діаграмі у-х наносимо лінії робочих концентрацій (робочі лінії) для оптимального флегмового числа $R = 2,6$ (рисунок 4.1): для цього на осі у відкладаємо відрізок $B = \frac{x_p}{R+1} = \frac{0,979}{2,6+1} = 0,272$, 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:

$$X_{cp}^i = \frac{X_W + X_F}{2} = \frac{0,014 + 0,434}{2} = 0,224$$

Середня мольна концентрація у верхній частині колони:

$$X_{cp}^a = \frac{X_F + X_P}{2} = \frac{0,434 + 0,979}{2} = 0,706$$

Середня мольна концентрація по колоні:

$$X_{cp} = \frac{X_{cp}^i + X_{cp}^a}{2} = \frac{0,224 + 0,706}{2} = 0,465$$

Середня масова концентрація по колоні:

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

$$\alpha_{cp} = \frac{0,465 \cdot 98}{0,465 \cdot 98 + (1 - 0,465) \cdot 92} = 0,481$$

Середня температура в нижній частині колони:

$$t_{\delta cp}^i = \frac{t_{XW} + t_{XF}}{2} = \frac{109,82 + 96,14}{2} = 102,98 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Середня температура у верхній частині колони:

$$t_{\delta cp}^a = \frac{t_{XF} + t_{XD}}{2} = \frac{96,14 + 84,06}{2} = 90,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Середня температура по колоні:

$$t_{X\delta} = \frac{t_{\delta cp}^i + t_{\delta cp}^a}{2} = \frac{102,98 + 90,1}{2} = 96,54 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Значення t_{XW} , t_{XF} , t_{XP} взяті з діаграми t - x , y (рисунок 4.1).

Середня мольна маса:

$$M_{x \text{ cp}} = M_A \cdot X_{\text{н0}} + M_B \cdot (1 - X_{\text{н0}})$$

$$M_{x \text{ cp}} = 98 \cdot 0,465 + 92 \cdot (1 - 0,465) = 94,79 \text{ г/моль}$$

Середня щільність визначається за формулою:

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

де ρ_A і ρ_B – щільність компонентів А (дихлоретан) і В (толуол) при температурі $t_{x \text{ cp}}$.

$$\rho_A = 1138 \text{ кг/м}^3 \text{ при } t_{x \text{ cp}} = 96,54 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\rho_B = 791 \text{ кг/м}^3.$$

$$\rho_{x \text{ cp}} = \frac{1138 \cdot 791}{791 \cdot 0,481 + 1138 \cdot (1 - 0,481)} = 926,95 \text{ г/л}$$

Середню в'язкість розраховуємо за формулою:

$$\lg \mu_{x \text{ cp}} = X_{\text{н0}} \cdot \lg \mu_A + (1 - X_{\text{н0}}) \cdot \lg \mu_B$$

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

$$\mu_A = 0,37 \text{ мПа·с при } t_{\text{cp}} = 96,54 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\mu_B = 0,279 \text{ мПа·с.}$$

$$\lg \mu_{x \text{ cp}} = 0,465 \cdot \lg 0,37 + (1 - 0,465) \cdot \lg 0,279 = -0,497$$

$$\mu_{x \text{ cp}} = 0,318 \text{ Па·с} \quad \eta = 0,318 \cdot 10^{-3} \text{ Па·с}$$

Середній поверхневий натяг визначаємо за рівнянням:

$$\sigma_{x \text{ cp}} = \sigma_A \cdot X_{\text{н0}} + \sigma_B (1 - X_{\text{н0}})$$

де σ_A і σ_B – поверхневі натяги компонентів А (дихлоретан) і В (толуол), Н/м.

$$\sigma_A = 21,77 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м при } t_{x \text{ cp}} = 96,54 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\sigma_B = 19,76 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м.}$$

$$\sigma_{x \text{ cp}} = 21,77 \cdot 10^{-3} \cdot 0,465 + 19,76 \cdot 10^{-3} (1 - 0,465) = 20,7 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$$

Коефіцієнт дифузії при середній температурі визначаємо за формулою:

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

де $D_{x(20)}$ – коефіцієнт дифузії при $t = 20$ °С, м²/с;
 $b = \frac{0,2\sqrt{\mu}}{\sqrt[3]{\rho}}$ тут μ [мПа·с] и ρ [кг/м³] – в'язкість і щільність розчинника
 (дихлоретан) при $t = 20$ °С; $t = t_{x\text{ ср.}}$

Коефіцієнт дифузії при 20 °С розраховуємо по емпіричному рівнянню:

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

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

$$b = \frac{0,2\sqrt{\mu}}{\sqrt[3]{\rho}} = \frac{0,2\sqrt{0,84}}{\sqrt[3]{1254}} = 0,017$$

Мольні об'єми компонентів:

$$V_A = 14,8 \cdot 2 + 3,7 \cdot 4 + 24,6 \cdot 2 = 93,6 \text{ ñ }^3/\text{ñëü}$$

$$V_{\hat{A}} = 14,8 \cdot 7 + 3,7 \cdot 8 = 133,2 \text{ ñ }^3/\text{ñëü}$$

$$D_{x(20)} = \frac{1 \cdot 10^{-6}}{1 \cdot 1 \cdot \sqrt{0,84} (93,6^{1/3} + 133,2^{1/3})^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{98} + \frac{1}{92}} = 1,64 \cdot 10^{-8} \text{ ñ }^2/\text{ñ}$$

$$D_{x(t)} = 1,64 \cdot 10^{-8} [1 + 0,017 \cdot (96,54 - 20)] = 3,77 \cdot 10^{-8} \text{ ñ }^2/\text{ñ}$$

Парова фаза

Середня мольна концентрація в нижній частині колони:

$$\acute{O}_{\text{cp}}^i = \frac{\acute{o}_W + \acute{o}_F}{2} = \frac{0,014 + 0,585}{2} = 0,299$$

Середня мольна концентрація у верхній частині колони:

$$\acute{O}_{\text{cp}}^{\hat{a}} = \frac{\acute{o}_F + \acute{o}_P}{2} = \frac{0,585 + 0,979}{2} = 0,782$$

Середня мольна концентрація по колоні:

$$\acute{O}_{\text{cp}} = \frac{\acute{o}_{\text{cp}}^i + \acute{o}_{\text{cp}}^{\hat{a}}}{2} = \frac{0,299 + 0,782}{2} = 0,541$$

Середня температура в нижній частині колони:

$$t_{\acute{o}_{\text{cp}}}^i = 100,8 \text{ }^0\text{Ñ}$$

Середня температура у верхній частині колони:

$$t_{\acute{o}_{\text{cp}}}^{\hat{a}} = 90,7 \text{ }^0\text{Ñ}$$

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

Середня температура по колоні:

$$t_{\text{ср}} = \frac{t_{\text{ср}}^i + t_{\text{ср}}^a}{2} = \frac{100,8 + 90,7}{2} = 95,75 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Середня мольна маса:

$$M_{y\text{ср}} = M_A \cdot y_{\text{ср}} + M_B \cdot (1 - y_{\text{ср}})$$

$$M_{y\text{ср}} = 98 \cdot 0,541 + 92 \cdot (1 - 0,541) = 95,25 \text{ г/моль}$$

Середня щільність:

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

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

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

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{95,25}{22,4} \cdot \frac{1}{1,033} \cdot \frac{273}{(273 + 95,75)} = 3,05 \text{ г/л}$$

Середня в'язкість:

$$\frac{\mu_{\text{ср}}}{\mu_{\text{ср}}} = \frac{\mu_{\text{ср}} \cdot \mu_{\text{ср}}}{\mu_{\text{ср}}} + \frac{(1 - \mu_{\text{ср}}) \cdot \mu_{\text{ср}}}{\mu_{\text{ср}}}$$

де μ_{yA} і μ_{yB} – динамічний коефіцієнт в'язкості пари компонента А і В.

$$\mu_{yA} = 0,373 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с при } t_{y\text{ср}} = 95,75 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\mu_{yB} = 0,281 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с.}$$

$$\frac{95,25}{\mu_{\text{ср}}} = \frac{0,541 \cdot 98}{0,373 \cdot 10^{-5}} + \frac{(1 - 0,541) \cdot 92}{0,281 \cdot 10^{-5}}$$

$$\mu_{\text{ср}} = 3,257 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}$$

Коефіцієнт дифузії для парової фази визначаємо за рівнянням:

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

де P – тиск, кгс/см^2 (тиск в колоні атмосферний);

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

$$D_{\text{ср}} = \frac{4,3 \cdot 10^{-7} \cdot 368,75^{3/2}}{1 \cdot (93,6^{1/3} + 133,2^{1/3})^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{98} + \frac{1}{92}} = 4,75 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$$

4.4 Визначення діаметра колони

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

$$V_{\dot{o}} = \frac{G_{\dot{o}}}{\rho_{\dot{o} \text{ ср}}} = \frac{G_p \cdot (R + 1)}{\rho_{\dot{o} \text{ ср}}}$$

$$V_{\dot{o}} = \frac{2479,27 \cdot (2,6 + 1)}{3600 \cdot 3,05} = 0,813 \text{ м}^3/\text{с}$$

Швидкість пари в колоні визначаємо по рівнянню. Попередньо приймаємо відстань між тарілками $h=500$ мм. Використовуємо раніше знайдені

$$\rho_{\dot{o} \text{ нд}} = 926,95 \text{ кг/м}^3 \text{ і } \rho_{\dot{o} \text{ нд}} = 3,05 \text{ кг/м}^3 .$$

Швидкість пари в колоні:

$$W = 1,4 \text{ м/с}$$

Тоді діаметр колони:

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

$$D = \sqrt{\frac{0,813}{0,785 \cdot 1,4}} = 0,86 \text{ м}$$

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

$$W = \frac{V_y}{0,785 \cdot D^2}$$

$$W = \frac{0,813}{0,785 \cdot 0,8^2} = 1,62 \text{ м/с}$$

4.5 Визначення висоті колони

Число дійсних тарілок:

$$n_A = \frac{n_{\dot{o}}}{\eta}$$

де $n_{\dot{o}} = 17,5$ тарілок – визначається за графіком

$$n_A = \frac{17,5}{0,75} = 23$$

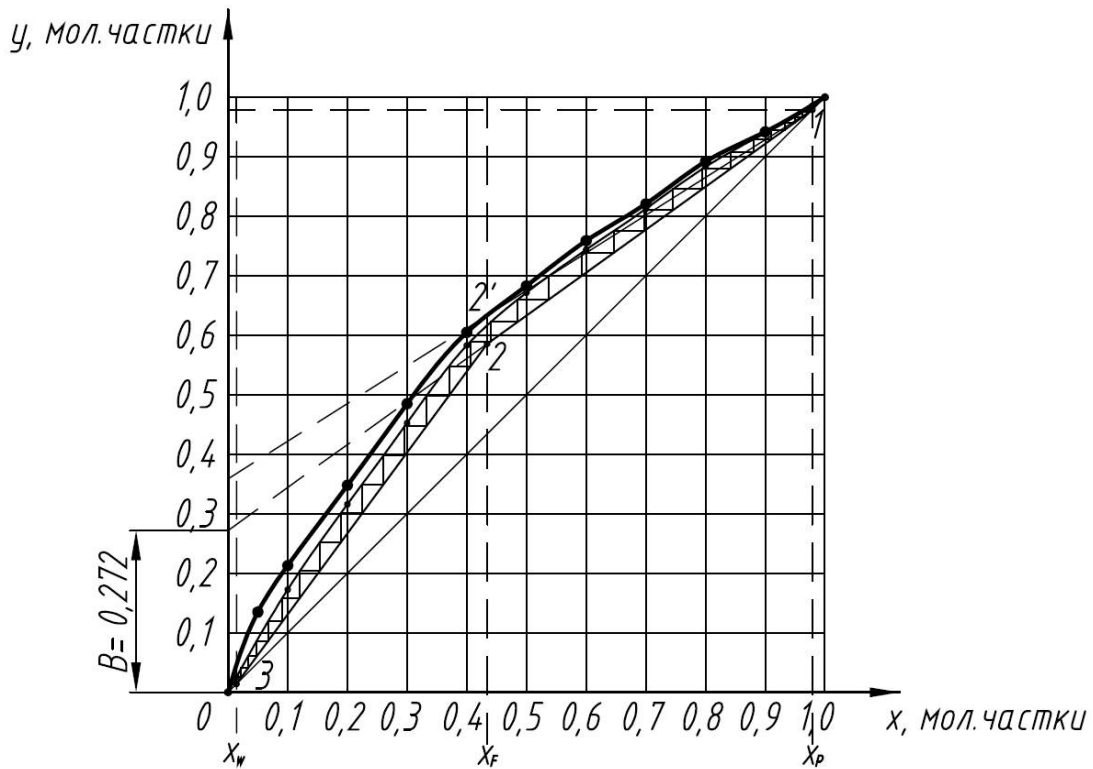


Рисунок 4.3 – Побудова кінетичної кривої і визначення числа дійсних тарілок

Висоту колони визначаємо за рівнянням:

$$H = (n - 1) \cdot h + I_{\text{пай}} + I_{\text{еоб}}$$

$$H = (23 - 1) \cdot 0,5 + 0,8 + 2,0 = 13,8 \text{ м}$$

4.6 Визначення гідравлічного опору колони

Гідравлічний опір ректифікаційної колони визначаємо за рівнянням:

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

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

Гідравлічний опір ситчатої тарілки визначимо за рівнянням:

$$\Delta P_{\text{пox}} = \zeta \frac{W_o^2 \cdot \rho_{\text{ycp}}}{2}$$

$$\Delta P_{\text{пox}} = 1,82 \cdot \frac{20,25^2 \cdot 3,05}{2} = 1138 \text{ Па}$$

Швидкість пари в отворах:

$$W_o = W/F_o$$

$$W_0 = 1,62/0,08 = 20,25 \text{ л/с}$$

$$\Delta P_{\sigma} = \frac{4\sigma}{1,3d_0 + 0,08d_0^2} = \frac{4 \cdot 20,7 \cdot 10^{-3}}{1,3 \cdot 0,012 + 0,08 \cdot 0,012^2} = 5,3 \text{ Па}$$

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

$$L = G_p \cdot R + G_F$$

$$L = 2479,27 \cdot 2,6 + 5500 = 11946 \text{ л/с}$$

або в об'ємному вираженні 12,89 м³/год. (розділивши на $\rho_{\text{х нд}} = 926,95 \text{ л/м}^3$)

Для колони $D = 0,8$ м, довжина зливного борту $l_{\text{сл}} = \pi D = 0,57$ м, тоді

інтенсивність потоку $\frac{L}{l_{\text{нб}}} = \frac{12,89}{0,57} = 22,61 \frac{\text{л}^3}{\text{с} \cdot \text{м}}$.

Так як $\frac{L}{l_{\text{нб}}} = 22,61 > 5 \frac{\text{л}^3}{\text{с} \cdot \text{м}}$, то $m = 10000$

Тоді за рівнянням:

$$\Delta P_{\text{нб}} = 1,3 \left[\hat{E} \cdot h_{\text{нб}} + \sqrt{\hat{E} \left(\frac{L}{m \cdot l_{\text{нб}}} \right)^2} \right] \cdot \rho_{\text{х ср}} \cdot g$$

$$\Delta P_{\text{нб}} = 1,3 \left[0,5 \cdot 0,03 + \sqrt{0,5 \left(\frac{12,89}{10000 \cdot 0,57} \right)^2} \right] \cdot 926,95 \cdot 9,81 = 339 \text{ Па}$$

Гідравлічний опір однієї тарілки:

$$\Delta P_{\text{т}} = \Delta P_{\text{нб}} + \Delta P_{\sigma} + \Delta P_{\text{нб}}$$

$$\Delta P_{\text{т}} = 1138 + 5,3 + 339 = 1482,3 \text{ Па}$$

Гідравлічний опір колони:

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

$$\Delta P_{\text{к}} = 23 \cdot 1482,3 = 34092,9 \text{ Па}$$

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

$$h > 1,8 \cdot \Delta P_{\text{т}} / \rho_{\text{х ср}} \cdot g,$$

$$h = 0,5 \text{ м} > 1,8 \cdot \frac{1482,3}{926,95 \cdot 9,81} = 0,29 \text{ м} - \text{умова виконується.}$$

4.7 Теплові розрахунки. Розрахунок кип'ятильника

4.7.1 Кип'ятильник (випарник)

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

$$Q_{\dot{E}} = Q_{\dot{A}} + G_{\dot{D}} \cdot C_{\dot{D}} \cdot t_{xp} + G_{\dot{W}} \cdot C_{\dot{W}} \cdot t_{xw} - G_{\dot{F}} \cdot C_{\dot{F}} \cdot t_{xf} + Q_{\dot{no}}$$

Теплові втрати приймаємо 3% від корисно витраченої теплоти. Питомі теплоємності взяті відповідно при $t_{xp}=84,06$ °C, $t_{xf}=96,14$ °C, $t_{xw}=109,82$ °C.

$$C_p = \dot{\alpha}_D \cdot \tilde{N}_{\dot{A}} + (1 - \dot{\alpha}_D) \cdot \tilde{N}_{\dot{A}} = 0,98 \cdot 0,343 + (1 - 0,98) \cdot 0,477 = 0,346 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}} = 1449,74 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$$

$$C_F = \dot{\alpha}_F \cdot \tilde{N}_{\dot{A}} + (1 - \dot{\alpha}_F) \cdot \tilde{N}_{\dot{A}} = 0,45 \cdot 0,357 + (1 - 0,45) \cdot 0,49 = 0,43 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}} = 1801,7 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$$

$$C_W = \dot{\alpha}_W \cdot \tilde{N}_{\dot{A}} + (1 - \dot{\alpha}_W) \cdot \tilde{N}_{\dot{A}} = 0,015 \cdot 0,371 + (1 - 0,015) \cdot 0,499 = 0,497 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}} = 2082,8 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$$

$$Q_{\dot{E}} = 1,03 \cdot (7,96 \cdot 10^5 + \frac{2479,27}{3600} \cdot 1449,74 \cdot 84,06 + \frac{3020,73}{3600} \cdot 2082,8 \cdot 109,82 - \frac{5500}{3600} \cdot 1801,7 \cdot 96,14) = 8,31 \cdot 10^5 \text{ ккал}$$

Витрата гріючої пари при $P = 5,5$ кгс/см²:

$$G_{\dot{a},i} = \frac{Q_{\dot{E}}}{r} = \frac{8,31 \cdot 10^5}{2106 \cdot 10^3} = 0,39 \text{ т/год}$$

Середня різниця температур дорівнює різниці між температурою насиченої пари при $P=5,5$ кгс/см² і температурою кипіння кубового залишку:

$$\Delta t_{\dot{no}} = 154,6 - 109,82 = 44,78 \text{ град}$$

При орієнтовно прийнятому коефіцієнті теплопередачі $K = 2000$ Вт/м²·К, [6, с.47] поверхня кип'ятильника складе:

$$F = \frac{Q_{\dot{E}}}{K \cdot \Delta t_{\dot{no}}} = \frac{8,31 \cdot 10^5}{2000 \cdot 44,78} = 9,28 \text{ м}^2$$

Приймаємо одноходовий кожухотрубчастий теплообмінник з наступними характеристиками [6, с. 51]:

- діаметр кожуха 273 мм;
- труба 25x2 мм;

- кількість труб в теплообміннику 42 шт;
- довжина труб 3 м;
- поверхня теплообміну 10 м^2 .

5 АНАЛІЗ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОНТАКТНИХ ПРИСТРОЇВ НА РОЗМІРИ КОЛОННОГО АПАРАТА

Дипломна робота виконується відповідно до завдання, яке одержала група студентів. Комплексна робота передбачає визначення оптимального об'єму тарільчастої ректифікаційної колони для розподілу суміші діхлоретан-толуол продуктивністю 5,5 т/год.

Розмір отворів тарілок впливає на масообмінну здібність колони. Зменшення отвору як збільшує ефективність масообміну, так і зменшує в залежності від діаметру отворів ситчастої тарілки, що пояснюється гідродинамічною обставиною, що склалася на масообмінні тарільці.

При заданому діаметру отвору $d_0=12$ мм, швидкості пари в колоні $w=1,4$ м/с і к.к.д. тарілки $\eta=0,75$ визначили, що розрахунковий діаметр колони склав

$$D_\delta = 0,86 \text{ м}$$

Тоді площа перетину колони рівна

$$S_\delta = \frac{\pi \cdot D_\delta^2}{4}$$

$$S_\delta = \frac{\pi \cdot 0,86^2}{4} = 0,58 \text{ м}^2$$

Висота тарільчастої частини колони буде дорівнювати

$$H = (n_A - 1) \cdot h$$

$$H = (23 - 1) \cdot 0,5 = 11 \text{ м}$$

де $n_A = \frac{n_0}{\eta}$ - число дійсних тарілок

$h=0,5$ м – відстань між тарілками.

При цьому об'єм тарільчастої колони складе

$$V = H \cdot S_\delta$$

$$V = 11 \cdot 0,58 = 6,38 \text{ м}^3$$

Результат розрахунку буде задіяний при визначенні оптимального об'єму колони в залежності від діаметру отворів ситчастої тарілки.

6 РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ КИП'ЯТИЛЬНИКА

6.1 Початкові дані:

Наружний діаметр кожуха D , мм	273
Довжина теплообмінних труб l , мм	3000
Зовнішній діаметр теплообмінної труби d_o , мм	25
Товщина стінки труби S_o , мм	2
Число ходів по трубах	2
Розрахунковий тиск в трубному просторі, МПа	1,6
Розрахунковий тиск в міжтрубному просторі, МПа	1,6
Розрахункова температура труб, °С	130
Розрахункова температура кожуха, °С	160
Матеріал кожуха	Ст3сп
Матеріал розподільної камери	12X18H10T
Матеріал теплообмінних труб	12X18H10T
Матеріал трубної решітки	12X18H10T
Матеріал перегородок	Ст3сп
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:

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

$$t_{\text{eai}} = 2 \cdot 130 - 160 = 100 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Розрахункову температуру ізольованих фланців визначаємо за формулою:

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

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

$$t_{\delta} = t_{\text{eai}} = 100 \text{ }^{\circ}\text{Ñ}.$$

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

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

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

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

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

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

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

Розрахункова температура болтів фланцевих з'єднань штуцерів міжтрубного простору:

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

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

6.2.2 Допустимі напружини

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

Таблиця 6.1 – Допустимі напружини деталей теплообмінника

Елементи апарата	Матеріал	Допустимі напружини, МПа		Відношення допустимих напружин, $[\sigma]_{20}/[\sigma]$
		при температурі 20 °С $[\sigma]_{20}$	при розрахунковій температурі $[\sigma]$	
Кожух	Ст3сп	154	144,2	1,068
Розподільна камера	12Х18Н10Т	184	174	1,057
Теплообмінні труби	12Х18Н10Т	184	174	1,057
Трубна решітка	12Х18Н10Т	184	174	1,057
Перегородки	Ст3сп	154	144,2	1,068
Фланці розподільної камери	12Х18Н10Т	184	174	1,057
Фланці кожуха	Ст3сп	154	144,2	1,068
Болти кріплення фланців штуцерів міжтрубного простору	Сталь 40	130	122,4	1,062
Болти і гайки кріплення апаратних фланців і штуцерів трубного простору	20Х13	195	182	1,071

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

$$P = \max \{ |P_{\text{ò}}|; |P_{\text{ë}}|; |P_{\text{ò}} - P_{\text{ë}}| \}, \quad (6.4)$$

де $P_{\text{ò}}$ - розрахунковий тиск в трубному просторі, МПа;

$P_{\text{ë}}$ - 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 $[\sigma]_{20}/[\sigma]=1,057$, пробний тиск складає

$$P_{\text{прò}} = 1,25 P_{\text{ò}} \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,25 \cdot 1,6 \cdot \frac{184}{174} = 2,1 \text{ МПа} ;$$

Гідростатичний тиск при випробуванні трубного простору теплообмінника

$$P_{\text{аò}} = \rho_{\text{а}} \cdot g \cdot H_{\text{н}} \cdot 10^{-6} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 3,5 \cdot 10^{-6} = 0,034 \text{ МПа} ; \quad (6.6)$$

де $H_{\text{с}}$ - висота стовпа води в трубному просторі, $H_{\text{с}}=3,5\text{м}$;

Гідростатичний тиск при випробуванні

$$P_{\text{ааò}} = 0,021 \text{ МПа} \leq 0,05 P_{\text{прò}} = 0,05 \cdot 2,1 = 0,105 \text{ МПа} ; \quad (6.7)$$

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

$$P_{\dot{a}\dot{o}} = P_{\dot{i}\dot{o}\dot{o}} = 2,1 \text{ МПа}$$

Умова

$$P_{\dot{a}\dot{o}} = 2,1 \text{ МПа} \leq 1,35 \cdot P_{\dot{o}} \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,35 \cdot 1,6 \cdot \frac{184}{174} = 2,28 \text{ МПа} \quad (6.8)$$

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

Для міжтрубного простору при відношенні допустимих напружин $[\sigma]_{20} / [\sigma] = 1,062$ пробний тиск складає

$$P_{\dot{i}\dot{o}\dot{e}} = 1,25 P_{\dot{e}} \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,25 \cdot 1,6 \cdot 1,062 = 2,1 \text{ МПа} ;$$

Гідростатичний тиск при випробуванні міжтрубного простору

$$P_{\dot{a}\dot{a}\dot{e}} = \rho_{\dot{a}} \cdot g \cdot H_{\dot{e}} \cdot 10^{-6} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 3 \cdot 10^{-6} = 0,03 \text{ МПа} \leq \\ \leq 0,05 P_{\dot{i}\dot{o}\dot{e}} = 0,05 \cdot 2,1 = 0,1 \text{ МПа}$$

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

$$P_{\dot{e}\dot{e}} = P_{\dot{i}\dot{o}\dot{e}} = 2,1 \text{ МПа} ;$$

Умова

$$P_{\dot{a}\dot{e}} = 2,1 \text{ МПа} \leq 1,35 P_{\dot{e}} \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,35 \cdot 1,6 \cdot 1,062 = 2,3 \text{ МПа}$$

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 C_p , мм, складає:

$$\check{N}_p = C_1 + C_2 + C_3, \quad (6.9)$$

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

C_2 – добавка для компенсації мінусового допуску, мм;

Добавка для компенсації корозії і ерозії C_1 визначається за формулою

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

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 6 [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 $C_3=0$.

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

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

Суму добавки до розрахункової товщини стінки визначаємо за формулою:

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

$$C_2 = 0,15 \cdot 7 = 1,1 \text{ мм}$$

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

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

Сума добавок до розрахункової товщини еліптичного днища

Добавка C_2 приймається по стандартах на прокат залежно від товщини листа за таблицею 6 [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

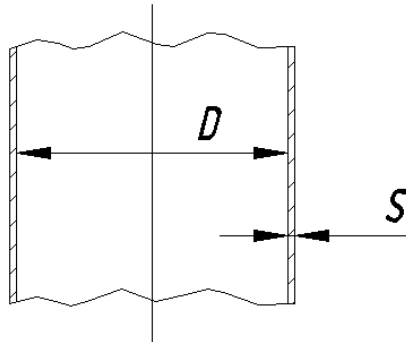


Рисунок 6.1 - Циліндрична обичайка

Розрахункова товщина стінки апарата визначається за формулою

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

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

D – внутрішній діаметр обичайки (кожуха), $D=259$ мм;

$[\sigma]_k$ – допустима напружина для матеріалу обичайки кожуха при розрахунковій температурі, $[\sigma]_k = 144,2$ МПа ;

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

$$S_p = \frac{1,6 \cdot 259}{2 \cdot 144,2 \cdot 1 - 1,6} = 1,4 \text{ мм}$$

Виконавча товщина стінки обичайки кожуха визначається за формулою

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

$$S \geq 1,4 + 2,1 = 3,5 \text{ мм}$$

Виконавча товщина стінки обичайки кожуха теплообмінника приймається $S=7$ мм.

Визначення допустимого надлишкового тиску

Для набутого значення S розраховуємо допустимий внутрішній надлишковий тиск за формулою

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

$$[P] = \frac{2 \cdot 144,2 \cdot 1,0 \cdot (7 - 2,1)}{259 + (7 - 2,1)} = 5,3 \text{ МПа}$$

При цьому повинна виконуватися умова

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

1,6 МПа < 5,3 МПа, умова виконується.

Перевірка умов застосування розрахункових формул

Розрахункові формули застосовуються при відношенні товщини стінки до діаметру

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

$$\frac{7 - 2,1}{259} = 0,02 < 0,1,$$

умова виконується, отже, формули застосовуються.

6.4 Розрахунок розподільної камери

6.4.1 Розрахунок товщини стінки еліптичного днища камери

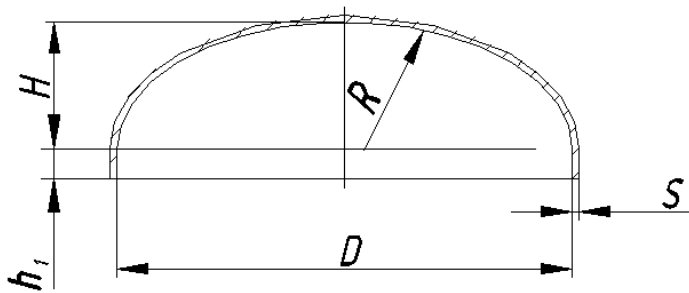


Рисунок 6.2 - Еліптичне днище

Розрахункова товщина стінки днища камери визначається за формулою

$$S_{1p} = \frac{P_T \cdot R}{2 \cdot [\sigma]_T \cdot \varphi_p - 0,5 \cdot P_T}, \quad (6.17)$$

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

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

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

$[\sigma]_r$ - допустима напружина для матеріалу днища при розрахунковій температурі, $[\sigma]_0 = 174 \text{ МПа}$;

$$S_{10} = \frac{1,6 \cdot 259}{2 \cdot 174 \cdot 1 - 0,5 \cdot 1,6} = 1,2 \text{ мм}$$

Виконавча товщина стінки днища визначається за формулою (6.13)

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

Приймаємо товщину стінки днища камери $S_1=4 \text{ мм}$.

Визначення допустимого тиску

Для отриманого значення S_1 розраховуємо допустимий внутрішній надлишковий тиск за формулою

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

$$[P] = \frac{2 \cdot 174 \cdot 1 \cdot (4 - 1,5)}{259 + 0,5 \cdot (4 - 1,5)} = 3,3 \text{ МПа}$$

При цьому повинна виконуватися умова (5.15)

$$1,6 \text{ МПа} < 3,3 \text{ МПа}, \text{ умова виконується.}$$

Перевірка умов застосування розрахункових формул

Розрахункові формули для еліптичних днищ застосовуються при виконанні

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

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

де H – висота опуклої частини днища, $H=64 \text{ мм}$, [23].

$$0,002 \leq \frac{4 - 1,5}{259} = 0,01 \leq 0,1,$$

$$0,2 \leq \frac{64}{259} = 0,25 \leq 0,5, \quad \text{умови} \quad \text{виконуються,} \quad \text{отже,} \quad \text{формули}$$

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 вальцьованого з'єднання, а також нежолоблення решітки при розвальцюванні труб. Мінімальна товщина трубних решіток прийнята з цих міркувань:

$$S_p = 24 \text{ и}$$

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

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

де S_{pp} – розрахункова товщина трубної решітки,

C_p – сума добавок до розрахункової товщини решітки, мм.

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

$$S_{p\delta} = 0,5 D_a \sqrt{D/[\sigma]_\delta} \quad (6.22)$$

$$S_{p\delta} = 0,5 \cdot 33 \sqrt{1,6/174} = 1,6 \text{ и}$$

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

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

$$24 \geq 1,6 + 1,8 = 3,4 \text{ и} \quad - \text{ умова виконується}$$

6.6 Розрахунок лінзового компенсатора

6.6.1 Умови застосування розрахункових формул

Розрахункові формули застосовні, якщо виконуються умови:

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

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

$d_i=273\text{мм}$ - зовнішній діаметр западини хвилі компенсатора;

$D_{\varepsilon}=423\text{мм}$ - зовнішній діаметр гребеня хвилі компенсатора;

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

$$\frac{S_{\varepsilon}}{d_i} = \frac{4}{273} = 0,015 < 0,035$$

$$1,08 < \frac{D_{\varepsilon}}{d_i} = \frac{423}{273} = 1,55 < 3,00$$

$$\frac{2 \cdot r}{D_{\varepsilon} - d_i} = \frac{2 \cdot 14}{423 - 273} = 0,187 < 0,4$$

6.6.2 Визначення допоміжних величин

Розрахунковий діаметр западини хвилі компенсатора визначають за формулою

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

$$d_1 = 273 - 4 = 269 \text{ мм}$$

Розрахунковий діаметр гребеня хвилі компенсатора визначають за формулою

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

$$d_2 = 423 - 4 = 419 \text{ мм}$$

Середній радіус тороїдального переходу хвилі компенсатора розраховують за формулою

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

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

Допоміжну величину впливу переходу розраховують за формулою

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

$$\rho_{\varepsilon} = 2 - 100 \cdot \frac{16}{269 + 419} = -0,33 \text{ ì}$$

Розрахункову ширину пластинчастої зони хвилі компенсатора розраховують за формулою

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

$$b_{\varepsilon} = 0,5 \cdot (419 - 269 + (-0,33) \cdot 16) = 72,4 \text{ ì}$$

Радіус закруглення пластинчастої зони хвилі компенсатора визначають за формулою

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

$$R_o = 0,25 \cdot (419 + 269 - 2 \cdot 72,4) = 135,8 \text{ ì}$$

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

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

$$d_{\text{нб}} = 0,5 \cdot (419 + 269) = 344 \text{ ì}$$

Характеристики хвилі визначають за формулами:

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

$$\xi = \frac{419}{269} - 1 = 0,56$$

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

$$\eta = \frac{419 - 269}{2 \cdot 16} - 2 = 2,69$$

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

$$\alpha = \frac{4}{269} = 0,015$$

$$\lambda = \frac{b_{\varepsilon}}{R_0} \quad (6.34)$$

$$\lambda = \frac{72,4}{135,8} = 0,53$$

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

$$\gamma = 1 + 1,25 \cdot \frac{419}{269} - \frac{3,2 \cdot 16}{419 - 269} = 2,61$$

6.6.3 Розрахунок компенсатора на міцність

Виконавчу товщину стінки компенсатора S_{ε} розраховують за формулою

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

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

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

Розрахункову товщину стінки компенсатора визначають за формулою

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

де

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

$$S_3 = 0,25 \cdot (419 - 269 - 2,61 \cdot 16) \cdot \sqrt{\frac{1,6}{144,2}} = 2,85 \text{ мм}$$

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

$$S_4 = \frac{1,6 \cdot 344}{2 \cdot 144,2 \cdot 1} \cdot \frac{80}{419 - 269 + 2 \cdot 5 + 2,3 \cdot 16} = 0,77 \text{ мм}$$

Позначення в формулах (5.38)-(5.39):

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

L – виконавча довжина компенсатора, мм;

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

φ – коефіцієнт міцності подовжнього зварного шва компенсатора.

$$S_{\text{сб}} = 0,77 \cdot \sqrt{0,5 + \sqrt{0,25 + (2,85/0,77)^4}} = 2,9 \text{ и}$$

Виконавчу товщину стінки компенсатора розраховують за формулою

$$S_{\text{с}} \geq S_{\text{сб}} + \tilde{N}_{\text{с}} \quad (6.40)$$

$$S_{\text{с}} = 2,9 + 0,8 = 3,7 \text{ и}$$

Приймаємо:

$$S_{\text{с}} = 4 \text{ и}$$

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

$$[\text{P}]_{\text{с}} = \frac{[\text{P}]_{\text{л}}}{\sqrt{1 + \left(\frac{[\text{P}]_{\text{л}}}{[\text{P}]_{\text{д}}}\right)^2}} \quad (6.41)$$

де

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

$$[\text{D}]_{\text{л}} = 16 \cdot \left(\frac{4 - 0,8}{419 - 269 - 2,61 \cdot 16} \right)^2 \cdot 144,2 = 2,02 \text{ и}$$

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

$$[\text{D}]_{\text{д}} = \frac{2 \cdot 144,2 \cdot 1 \cdot (4 - 0,8)}{344} \cdot \frac{419 - 269 + 2 \cdot 5 + 2,3 \cdot 16}{80} = 3,46 \text{ и}$$

$$[\text{D}]_{\text{с}} = \frac{2,02}{\sqrt{1 + \left(\frac{2,02}{3,46}\right)^2}} = 1,74 \text{ и}$$

При цьому повинна виконуватися умова

$$P_{\text{к}} \leq [\text{P}],$$

1,6 МПа < 1,74 МПа - умова виконується.

6.6.4 Розрахунок числа лінз компенсатора

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

$$\Delta = l \cdot |[\alpha_{\text{е}} \cdot (t_{\text{е}} - t_0) - \alpha_{\text{д}} \cdot (t_{\text{д}} - t_0)]| \quad (6.44)$$

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

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

l - довжина труб, мм $l = 3000$ ì

$$\alpha_{\text{е}} = 11,9 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$$

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

$$\Delta = 3000 \cdot | [11,9 \cdot 10^{-6} \cdot (160 - 20) - 17 \cdot 10^{-6} \cdot (130 - 20)] | = 0,6 \text{ мм}$$

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

Необхідне число лінз в компенсаторі розраховуємо за формулою

$$n_{\text{е}} = \frac{\Delta}{\Delta_{\text{е}}} = \frac{0,6}{3} = 0,2$$

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

7 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КИП'ЯТИЛЬНИКА

7.1 Виготовлення основних елементів кип'ятильника

7.1.1 Виготовлення обичайок

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

Для виготовлення обичайки спочатку виконується розмітка листових заготівель із метою вказівки границь обробки й раціонального розкрою листа для найбільш повного використання металу. Розмітка виконується на розмічальних столах або плитах. По маркуванню листа перевіряється відповідність марки металу, довжини, товщини й ширини листа вимогам креслення. Лист укладається на розмічальний стіл маркуванням нагору й на ньому розмічається базова ризику уздовж крайки з найменшої серповидністю. На листі розмічаються ризики під відрізок, риси з непаралельністю не більше 1 мм під строжку й контрольні риси. Різання листа здійснюють на гильйотинних ножицях. Після різання здійснюють обробку кромки на верстаті. Після цього лист подається до преса для підгибки кромки. Після підгинання кромки лист подається до листозгинальної машини із трьома валками розташованими симетрично. Зборку поздовжнього стику роблять гідравлічними струбцинами. Після приварки на ролікоопорах вхідної й вихідної планок звареним трактором виконується зварювання внутрішнього шва на флюсовій подушці, а після зачищення кореня шва зварюється зовнішній поздовжній шов. Після зварювання зовнішнього шва на стенді шов зачищають, знімають посилення й видаляють вхідну й вихідну планки. Далі обичайка подається до листозгинальної машини на виправлення, зварні шви

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

7.1.2 Виготовлення еліптичних днищ

Розміри й форма днищ повинні відповідати ГОСТ 6533-78.

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

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

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

7.1.3 Встановлення штуцерів

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

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

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

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

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

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

При збиранні плоских фланців з патрубками необхідно забезпечити рівномірний кільцевий зазор між патрубком і фланцем. Зазор між зовнішньою

поверхнею патрубка (обичайки) і стінкою отвору плоского фланця не повинен перевищувати 2,5 мм.

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

Патрубок прихоплюється й потім приварюється до фланця.

7.1.4 Збирання й зварювання корпусу

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

7.1.5 Кріплення труб в трубних решітках

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

Розвальцювання труб

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

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

Зварювання труб з трубними решітками

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

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

7.2 Збирання теплообмінника

Збирання теплообмінника необхідно проводити в такій послідовності:

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

7.3 Випробування після виготовлення

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

Усе теплообмінні труби мають бути піддані гідравлічним випробуванням на підприємстві-виготовнику. При відсутності в сертифікатах даних про

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

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

Гідровипробування проводиться водою з температурою не нижче $+5^{\circ}\text{C}$ і не вище $+40^{\circ}\text{C}$. При заповненні теплообмінника водою, повітря повинне бути цілком вилучене.

Тиск при випробуванні повинний контролюватися двома манометрами.

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

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

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

де P – розрахунковий тиск, МПа

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

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

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

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

8 РЕМОНТ КИП'ЯТИЛЬНИКА

8.1 Методи виконання планово-попереджувальних ремонтів

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

1 По місцю виконання робіт:

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

2 По методу підготовки і проведення ремонтів:

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

3 По плануванню ремонтів в часі:

- ремонт устаткування підприємства, рівномірно розосереджений протягом року. Забезпечує найвигідніше завантаження ремонтних цехів і бригад;
- ремонт виконується в період зупинки спільний для всіх або більшості одиниць устаткування цеху (виробництва). Цей варіант характерний для виробництв, що безперервно діють;

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

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

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

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

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

8.2 Розбирання кип'ятильника, виявлення і усунення дефектів

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

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

При ремонті внутрішні поверхні очищають від бруду й інших відкладень.

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

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

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

Перед зварюванням перевіряється якість підготовки й зборки елементів, що зварюють. Зсув кромки швів у стикових з'єднаннях не повинен перевищувати 10% більш тонкого листа, але не більше 3 мм. При зварюванні елементів різної товщини передбачається плавний перехід від одного елемента до іншого, при цьому кут скошу не повинен перевищувати 15°. Допускаються стикові шви без попереднього утонення стінки, якщо різниця між товщинами елементів, що з'єднуються, не перевищує 30 % від товщини більш тонкого елемента, але не більше 5 мм.

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

При ремонті корпусів використовують ручне електродугове зварювання, крім того може бути використане автоматичне й напівавтоматичне зварювання. Зварні шви, що виконуються при ремонті, повинні забезпечувати необхідну

міцність і бути доступними для контролю. Їх розташовують поза опорою корпусу. Перетинання зварних швів, що проводяться ручним електродуговим зварюванням не допускається.

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

Дефектні днища при неможливості їхнього ремонту на місці замінюють новими.

При ремонті часто необхідно відновити поверхні ущільнювачів трубних решіток і фланців, що мають пошкодження, наприклад, у наслідок корозії металу. Ці роботи можна виконувати, не відрізуючи фланці, спеціальним переносним пристроєм, розробленим ВНППТхімнафтоапаратури. Пристрій є зварною конструкцією, що містить корпус, яким він кріпиться на оброблюваному фланці, і план-шайбу із змонтованою на ній кареткою з резцедержателем.

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

8.3 Ремонт вузла кріплення труб до трубної решітки

У теплообмінних апаратах з приварними до корпусу трубними решітками заміну трубок проводять на місці, через вирізані технологічні люки в корпусі. Старі трубки зрізають, прямі ділянки, що залишилися, видаляють спеціальними

вибиваннями. Для полегшення видалення завальцьовані кінці трубок можуть бути обмяті.

Для комплексної механізації робіт необхідно підготувати пневмомолотки з набором спеціальних зубил, виготовлених із сталі 15ХМ або іншій аналогічній сталі для вирубування трубок, вибивання, вальцювання, пристосування для обрізання і зачистки трубок і отворів в трубних решітках.

Після зняття з водяних камер кришок трубки і трубні решітки очищають від бруду і наносних відкладень. Видалення старих трубок може бути виконане різними способами. Завальцьовані кінці трубок мнуть всередину за допомогою спеціального зубила-оправляння, а потім вибивають з трубних дощок у зворотний бік.

Нові трубки перед установкою мають бути відповідно підготовлені, а їх сертифікати перевірені. Перед установкою трубки мають бути протерті (снаружи- по усій довжині і всередині- по кінцях) чистою ганчіркою для очищення від консервуючого мастила і пилу.

Перед початком установки нових трубок необхідно перевірити в трьох-чотирьох місцях взаємне розташування отворів в основних трубних решітках і проміжних перегородках. Перевірку зміщення отворів в проміжних перегородках проводять за допомогою натягнутої сталевий струни. Потім заміряють відстань між зовнішніми поверхнями трубних решіток. Для цього в декількох місцях вставляють нові трубки так, щоб вони виступали з трубної решітки з одного боку на 3—4 мм. З іншого боку на такій же відстані від решітки роблять відмітки. Трубки виймають і заміряють їх довжину до відміток. Щоб уникнути помилок до отриманого найбільшого розміру дається припуск 5 мм, і усі трубки відрізають за цим розміром за допомогою пристрою, обладнаного фрезою або відрізним кругом.

Потім проводять зачистку кінців трубок від консервуючого мастила і окисної плівки. Для зачистки трубок може бути використане як стаціонарне пристосування з приводом від електродвигуна, так і переносне.

Зачистку отворів проводять одночасно в основних трубних решітках і проміжних перегородках за допомогою оправляння з набором сталевих йоржів з тяганини діаметром 0,2—0,5 мм, що обертається від переносного електро- або пневмопривода.

Після зачистки проводять вибіркочу перевірку діаметрів отворів трубних решіток за допомогою калібрів. Проміжок між вставленою незавальцьованою трубкою і отвором повинен, як правило, складати $0,4 + 0,12 - 0,05$ мм для трубок діаметром від 16 до 25 мм, тому при діаметрі трубок 16 мм діаметри калібрів мають бути відповідно до 16,52 і 16,35 мм. Діаметр отворів вважається відповідним нормі, якщо перший калібр не входить в отвір, а другий проходить в нього. Після підготовки отворів трубних решіток приступають до установки в них трубок.

При установці трубок допускається їх подача легкими ударами дерев'яного молотка. Для механізації ремонтних робіт може бути застосоване пристосування, що забезпечує подачу трубок профільними роликками з електроприводом. Для направлення трубки в отвір на кінець її встановлюється направляючий конус. Установка і вальцювання трубок в отворах трубної решітки ведеться в напрямку від низу до верху. Установку трубок ведуть групами по 100—150 шт. Після установки партії трубок їх вирівнюють так, щоб з одного боку кінці виступали на 2—3 мм від поверхні трубної решітки, і потім вальцюють.

Після закінчення вальцювання проводять підрізання виступаючих кінців трубок з протилежного боку у другій трубній решітці (трубки повинні виступати також на 2—3 мм). Після продування стислим повітрям з боку вальцьованих з'єднань для видалення стружки проводять вальцювання трубок і з іншого боку.

9 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

Хімічні виробництва є вибухопожежонебезпечними. Для запобігання аваріям, неполадам, нещасним випадкам і забезпечення нормальних умов праці необхідно дотримувати норми і вимоги технологічного регламенту, інструкцій по робочих місцях, інструкцій по охороні праці.

Небезпечні чинники виробничих процесів:

Електронебезпека

Виробничі приміщення відносяться до приміщень із підвищеною небезпекою у зв'язку з наявністю в них струмопровідних підлог, залізобетонних конструкцій, металоконструкцій і т.п.

Термічні опіки

При зіткненні з неізолюваною поверхнею гарячих трубопроводів і апаратами, що обігріваються, при розриві парових комунікацій можуть бути отримані термічні опіки.

Механізми

Обертові частини механізмів, що рухаються, (вали, муфти, зчеплення, електромотори і т.п.) при відсутності огорожень і необережному обігу можуть викликати травми, переломи, вивихи.

Шум

Шкідлива дія шуму відбивається на органах слуху. Тривалий вплив шуму на слухові органи людини без їхнього захисту може привести до професійної приглухуватості.

Вібрація

Вібрації викликають в організмі людини численні реакції, які є причиною функціональних розладів різних органів. Під дією вібрації відбуваються зміни в периферичній і центральній нервовій системах, серечно судинній системі, опорно-руховому апараті. Шкідлива дія вібрації виражається у вигляді підвищеного стомлення, головного болю, підвищеному дратівливості, деякого порушення координації рухів.

Статична електрика

Статична електрика виникає в процесі нагромадження електричних зарядів у речовинах.

На поверхні зіткнення матеріалів утворюється подвійний електричний шар у вигляді електричних зарядів із протилежними знаками. Залежно від природи розрізняють електричну, адсорбційну, контактну, п'єзоелектричну й індукційну електризацію.

Вимоги по охороні праці перед початком роботи

1 Організація робочого місця робітника, зайнятого ремонтом повинна забезпечувати безпеку виконання робіт.

2 Робоче місце і проходи до нього необхідно тримати в чистоті, не захарашувати деталями, матеріалами і сторонніми предметами.

3 Робоче місце повинне мати достатнє природне і штучне освітлення.

4 До початку роботи робітник повинен:

- перевірити наявність і справність засобів індивідуального захисту;
- перевірити справність і комплектність інструменту, інвентаря і інших пристосувань, необхідних для виробництва робіт;
- перевірити справність вантажопідйомних пристосувань, наявність на них клейма заводу-виготівника або міцно прикріпленої металевої бирки з вказівкою номера, вантажопідйомності і дати випробування. Вантажозахватні пристосування повинні відповідати вазі і характеру вантажу (при роботі з вантажопідйомними механізмами), що піднімається;
- отримати наряд-допуск на виробництво робіт підвищеної небезпеки; ознайомитися з умовами виробництва і характером робіт.

Основні правила охорони праці при роботі на висоті

До роботи на висоті допускаються особи не молодші 18 років, що пройшли медичний огляд і навчання правилам техніки безпеки.

Висота понад 1,3 метри вважається небезпечною і роботи повинні виконуватися із застосуванням приставних драбин, драбин, підмостів, що мають огорожі або при обов'язковому вживанні перевірених і випробуваних запобіжних поясів, якщо робота проводиться з необгороджених поверхонь.

Підмости, драбини і інші пристосування для виконання будівельно-монтажних робіт на висоті повинні бути інвентарними і виготовлятися за типовими проектами.

Всі основні елементи лісів розраховуються на міцність, а ліси в цілому – на стійкість. При перевірці лісів приймається рівномірно розподілене навантаження 250 кг/см^2 , крім того необхідна перевірка всіх горизонтальних елементів на зосереджений вантаж в 130 кг.

Навантаження на настили лісів, подмостей і вантажопідйомних майданчиків не повинні перевищувати встановлених проектами величин, що допускаються.

На будівельних лісах повинні бути місця для установки засобів пожежогасінні.

Переносні драбини і драбини повинні мати пристрої, що запобігають при роботі можливості зсуву і перекидання. Загальна довжина сходів не повинна перевищувати 5м і забезпечувати робітникам можливість виконувати роботу стоячи на щаблі, що перебуває на відстані не менш 1м від верхнього кінця сходів.

Приставні драбини необхідно випробовувати статичним навантаженням в 120 кг протягом 5 хвилин під кутом 75° до горизонтальної площини.

Всі переходи, майданчики, драбини, відкриті колодязі повинні бути захищені. Висота огорожі не менше 0,9 метрів із смугою посередині огорожі, внизу повинна бути відбортовка заввишки не менше 0,4 метрів.

При розташуванні обслуговуваного устаткування на висоті більше 1,8 метрів для доступу до нього повинні бути влаштовано стаціонарні драбини з поручнями і майданчиками з огорожами. Всі рухомі і обертаються частини

машини і технологічних апаратів, розташовані на висоті менше 2 метрів над рівнем підлоги або площі обслуговування, повинні мати суцільну або сітчасту огорожу. Знімати огорожу для ремонту технологічних апаратів дозволяється тільки після повної зупинки механізмів.

Проведення зварювальних і вогневих робіт

Вогневі роботи на території й у приміщеннях можуть проводитися тільки при наявності оформленого дозволу на проведення вогневих робіт, підписаного всіма передбаченими в ньому особами.

При підготовці до вогневих робіт визначається небезпечна зона, границі якої чітко позначаються попереджувальними знаками й підписами.

Апарати, машини, ємності й інше устаткування, на якому будуть проводитися вогневі роботи, повинні бути зупинені, знеструмлені, звільнені від вибухонебезпечних, токсичних і інших продуктів, відключені заглушками від діючих апаратів і комунікацій, продуті азотом, парою, повітрям і підготовлені до проведення вогневих робіт.

Місця проведення вогневих робіт повинні бути очищені від спалених матеріалів. При неможливості їх забрати вони повинні бути захищені від влучення на них іскор екранами, азбестовим полотном, металевими аркушами й іншими неспаленими матеріалами. Спаленні конструкції повинні бути добре змочені водою. Зливальні лійки, виходи з лотків і інші обладнання, пов'язані з комунікаціями, у яких можуть бути горючі гази й пари, повинні бути перекриті.

Місця проведення вогневих робіт необхідно забезпечити первинними засобами пожежогасіння.

Вогневі роботи дозволяється починати при відсутності пожежовибухонебезпечних речовин у повітряному середовищі або при наявності їх не вище гранично-припустимої концентрації по санітарних нормах.

Під час проведення вогневих робіт повинен здійснюватися періодичний контроль стану повітряного середовища в апаратах, на комунікаціях, на яких проводяться роботи.

Виконавці проведення вогневих робіт зобов'язані:

- мати при собі кваліфікаційне посвідчення (зварника, різьбяра) і посвідчення про проходження навчання по пожежотехнічному мінімуму;
- одержати інструктаж з безпечного проведення вогневих робіт і розписатися в дозволі;
- ознайомитися з обсягом робіт по місці майбутнього проведення вогневих робіт, приступити до проведення робіт з дозволу особи, відповідального за їхнє безпечне проведення;
- виконувати тільки ту роботу, яка зазначена в дозволі;
- дотримувати заходів безпеки, передбачені дозволом;
- після закінчення вогневих робіт ретельно оглянути місце проведення цих робіт і усунути виявлені порушення, які можуть привести до травм, аварій, виникнення пожежі;
- припинити вогневі роботи при виникненні пожежонебезпечної ситуації.

При проведенні вогневих робіт забороняється:

- приступати до роботи при несправній апаратурі;
- робити пайку, різання або зварювання свіжопофарбованих конструкцій до повного висихання фарби;
- допускати до роботи учнів і робітників, що не пройшли перевірку знань.

Експлуатація технологічного устаткування

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

- перевірити стан фланцевих з'єднань і арматури;

- зняти всі заглушки, встановлені для ремонту з відповідним записом в журнал обліку зняття і установки заглушок;

- включити в роботу всі стадії технологічного процесу відповідно до інструкцій по робочих місцях.

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

Апарат повинен бути зупинений у наступних аварійних випадках:

1) При підвищенні тиску або температурі вище величини, зазначеної в технічній характеристиці апарата.

2) При несправності приладів.

3) При виявленні в основних елементах апарата тріщин, пропусків, випучин, розриву прокладок.

4) При виникненні пожежі, що безпосередньо загрожує апарату.

5) При неповній кількості або несправності кріпильних виробів фланцевих з'єднань.

ВИСНОВКИ

В даному дипломному проекті розглянуто установку ректифікації суміші діхлоретан-толуол продуктивністю 5,5 т/год. з розробкою кип'ятильника:

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

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- 1 Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1987. – 576с.
- 2 Справочник химика, т. 5. – М.: Химия, 1968. – 975 с.
- 3 Отраслевой стандарт (Ост 26-01-1488-83).
- 4 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.
- 5 Коган В.Б., Фридман В.М, Кафаров В.В. Равновесие между жидкостью и паром. Справочное пособие, книга 1-я и 2-я. – М.-Л.: Наука, 1966. – 640 с. + 786 с.
- 6 Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. Процессы и аппараты химической технологии, 4-е изд. – М.: Химия, 1967. – 848 с.
- 7 Романков П.Г., Курочкина М.И. Расчетные диаграммы и номограммы по курсу «Процессы и аппараты химической промышленности». – Л.: Химия, 1985. – 54 с.
- 8 Чернышев А.К., Коптелов В.Г., Листов В.В., Заичко Н.Д. Основные теплофизические свойства газов и жидкостей. Номографический справочник. – Кемеровское изд-во, 1971. – 225 с.
- 9 Дытнерский Ю.И. и др. Колонные аппараты. Каталог/ Под ред. Дытнерского Ю.И., 2-е изд-во. – М.: ЦИНИНЕФТЕХИММАШ, 1978. – С. 220.
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 Машины и аппараты химических производств: Учебник для вузов по специальности “Машины и аппараты химических производств и предприятий

строительных материалов”./ И.И. Поникаров и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 368 с.

13 Лашинский 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 ТУ 3612-023-00220302-02 Аппараты теплообменные кожухотрубчатые с плавающей головкой, кожухотрубчатые с U-образными трубами и трубные пучки к ним. Технические условия. М: АООТ “ВНИИнефтемаш”. 2001.–112 с.

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

18 ОСТ 26-01-1512-76. Компенсаторы линзовые осевые на Ру2,5 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 А.И. Барвин и др. Методические указания к расчету цилиндрических обечаек стальных сварных сосудов и аппаратов для студентов специальности 7.090220. Северодонецк, 2002.– 83 с.

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

24 Емкостные стальные сварные аппараты. Каталог. - М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1982. - 76 с.

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

26 Конструирование безопасных аппаратов для химических и нефтехимических производств /Г.Г. Смирнов, А.Р. Толчинский, Т.Ф. Кондратьева; Под общ. ред. А.Р. Толчинского –Л.: Машиностроение. 1988.– 303 с.

27 Ермаков В.И., Шеин В.С. Ремонт и монтаж химического оборудования: Учебное пособие для вузов. – Л.: Химия, 1981. – 368 с.

28 Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В. Основи охорони праці. - Вид.5-е, доп.-Львів:Афіша, 2002.-350с.