

РЕФЕРАТ

Бакалаврська робота на тему:

«Установка ректифікації суміші ацетон – етиловий спирт продуктивністю 8 т/год. по вихідній суміші з розробкою кип'ятильника».

Ключові слова: ректифікація, колона, кип'ятильник, контактні пристрої, насадка.

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

Об'єкт дослідження – основне обладнання (колона та кип'ятильник) установки ректифікації суміші ацетон – етиловий спирт. Ціль роботи – розробка колони та кип'ятильника в установці ректифікації.

В роботі для суміші ацетон – етиловий спирт розроблені колона та кип'ятильник:

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

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВСТУП

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

2 ОПИС ТЕХНОГОЛІЧНОЇ СХЕМИ ТА КОНСТРУКЦІЇ КОЛОНИ І
КИП'ЯТИЛЬНИКА

3 КОНСТРУКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ
КИП'ЯТИЛЬНИКА

4 ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ РОЗМІРІВ КОЛОНИ ТА
КИП'ЯТИЛЬНИКА

5 РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ КИП'ЯТИЛЬНИКА

6 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КИП'ЯТИЛЬНИКА

7 РЕМОНТ КИП'ЯТИЛЬНИКА

8 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

ВИСНОВКИ

ЛІТЕРАТУРА

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- B – ширина, м;
- C_p – масова теплоємність за сталого тиску, Дж/(кг·град);
- D – діаметр, м;
- d – діаметр штуцера, м;
- F – поверхня контакту, м;
- K – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·град);
- t – температура °С;
- w – швидкість потоку рідини, м/с;
- ω – кутова швидкість
- Q – тепловий потік, Вт;
- m – витрата речовини, кг/с;
- c – теплоємність речовини (питома), Дж/(кг·К);
- G_w – продуктивність кубового залишку, кг/год;
- G_p – продуктивність по дистилляту, кг/год;
- G_F – продуктивність повихідній суміші, кг/год;
- M_A, M_B – молярна маса компонента, кг/кмоль;
- R_{\min} – мінімальне флегмове число;
- K_R – коефіцієнт надлишку флегми;
- R – дійсне флегмове число;
- r – питома теплота пароутворення;
- H – висота середовища в апараті, м;
- g – прискорення вільного падіння, м/с²;
- P – розрахунковий тиск, МПа;
- P_k – тиск у сосуді під час дії запобіжного клапана, МПа;
- P_T – гідростатичний тиск, МПа;
- f – коефіцієнт міцності зварених швів;
- C – прибавка до розрахункової товщини, мм;
- Π – швидкість проникнення корозії, мм/рік;
- S_1 – виконавча товщина стінки днища, мм;

S_{lp} – розрахункова товщина стінки днища, мм;

C_3 – прибавка для компенсації корозії, мм;

W_y – швидкість пару, м/с;

W_ϕ – швидкість руху потоку, м/с

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

ВСТУП

У ряді виробництв хімічної, нафтової і інших галузей промисловості в результаті різних технологічних процесів отримують суміші рідин, які необхідно розділити на складові частини.

Для розділення сумішей рідин і зріджених газових сумішей в промисловості застосовують способи простої перегонки (дистиляції), перегонки під вакуумом і з водяною паром, молекулярної перегонки і ректифікації. Ректифікацію широко використовують в промисловості для повного розділення сумішей летких рідин, частково або цілком розчинних одна в іншій.

Суть процесу ректифікації зводиться до виділення з суміші двох або в загальному випадку декількох рідин з різними температурами кипіння однієї або декількох рідин в більш менш чистому вигляді. Це досягається нагріванням і випаровуванням такої суміші з подальшим багатократним тепло- і масообміном між рідкою і паровою фазами; в результаті частина легколетучого компонента переходить з рідкої фази в парову, а частина менш леткого компонента—з парової фази в рідку.

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.

1 АНАЛИТИЧНИЙ 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 нім 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'єднати 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 дистилляту 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 дистилляту 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

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

Конструкції ректифікаційних колон

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

Тарільчасті ковпачкові колони найчастіше застосовують в ректифікаційних установках.

Пара з попередньої тарілки потрапляє в парові патрубки ковпачків і барботує через шар рідини, в яку частково занурені ковпачки. Ковпачки мають отвори або зубчасті прорізи, що розчленовують пару на дрібні цівки для збільшення поверхні зіткнення її з рідиною. Переливні трубки служать для підведення і відведення рідини і регулювання її рівня на тарілці. Основною областю масообміну і теплообміну між парою і рідиною, як показали дослідження, є шар піни і бризок над 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 паром, і масообмін між фазами різко зростає. В разі з емульгування рідина розподіляється не по насадці, а заповнює весь її вільний об'єм, не зайнятий паром; 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 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 “захливання” колони і порушення режиму її роботи.

Трубчасті плівкові ректифікаційні колони складаються з пучка вертикальних трубок, 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

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

Теплообмінні апарати класифікуються за такими основними ознаками:

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

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

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

Кожухотрубчасті теплообмінні апарати класифікуються наступним чином:

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

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

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

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

– за компонованням – одинарні та здвоєні;

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

До сучасних теплообмінних апаратів пред'являються такі основні вимоги:

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

– застосування конкретного типорозміру апарата повинне забезпечувати передачу потрібної кількості тепла від одного середовища до іншого з отриманням необхідних кінцевих температур кожного робочого середовища при заданому рівні гідравлічних опорів.

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

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

Кожухотрубчасті теплообмінні апарати з розширником на кожусі є модифікацією апаратів з нерухомими трубними решітками та температурним компенсатором на кожусі.

Зберігаючи всі переваги апаратів з нерухомими трубними решітками, вони разом з тим забезпечують підвищення теплової ефективності порівняно з ними за рахунок:

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

– збільшення коефіцієнта теплопередачі завдяки спрямуванню спеціальними кільцевими відбійниками середовища міжтрубного простору на

трубну решітку. В цьому випадку виключаються застійні зони, і в теплообміні бере участь вся поверхня.

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

Кожухотрубчасті теплообмінні апарати з U-подібними трубами застосовуються при більшій різниці температур труб і кожуха ніж апарати з температурним компенсатором на кожусі та при відсутності необхідності механічної очистки зовнішньої і внутрішньої поверхонь труб. В цих апаратах практично неможлива заміна пошкоджених труб. Разом з тим апарати типу ТУ відрізняються більш простою конструкцією порівняно з апаратами типу ТП.

2 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ТА КОНСТРУКЦІЇ КОЛОНИ І КИП'ЯТИЛЬНИКА

2.1 Технологічна схема

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

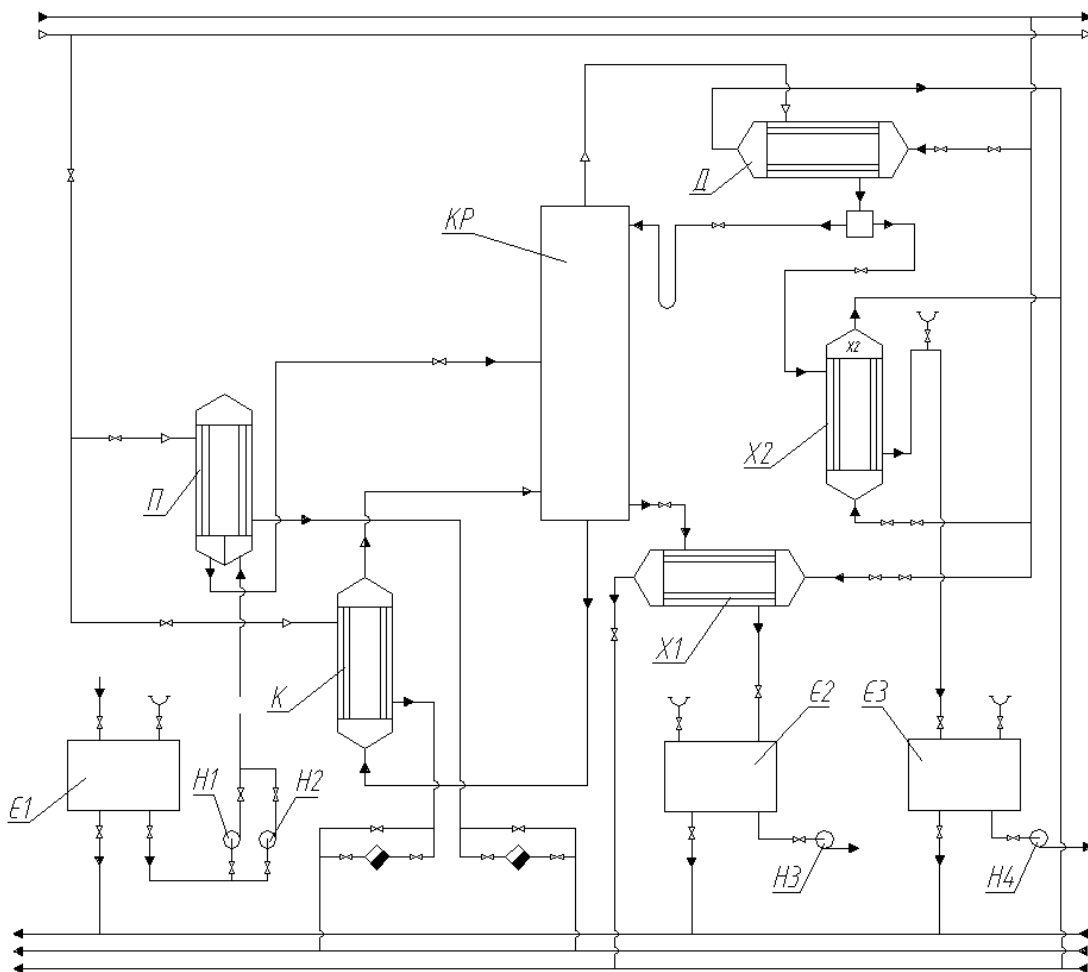


Рис. 2.1 Схема безперервно діючої ректифікаційної установки

Для повнішого збагачення верхню частину колони зрошують відповідно до заданого флегмового числа рідиною (флегмою) складу x_p , що отримується в дефлегматоре Д шляхом конденсації пари, що виходить з колони. Частина конденсату виводиться з дефлегматора у вигляді готового продукту розділення – дистилляту, який охолоджується в холодильнику Х2 і прямує в проміжну ємність Є3.

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

Таким чином, в ректифікаційній колоні відбувається безперервний нерівноважний процес розділення початкової бінарної суміші на дистиллят і кубовий залишок.

2.2 Опис конструкції насадкової колони

Насадкові колонні апарати є досить широко поширеними в промисловості апаратами з безперервним контактом фаз, міжфазова поверхня в яких створюється тілами певного розміру і спеціальної форми.

Оптимальний режим роботи насадкових колон – режим емульгування – існує в порівняно невеликому інтервалі швидкостей потоків. Верхньою межею є захлинання колони, нижньою – зникнення газорідної емульсії. Тому режим емульгування необхідно стабілізувати. Це реалізується в колонах із затопленою насадкою.

На рис. 2.2 показаний насадковий колонний апарат суцільнозварний циліндричний з еліптичними відбортюваними днищами поз. 2, корпусом поз.1, встановлений на циліндричній опорі поз 7, обладнаний люками діаметром 500 мм (ОСТ 26-2002-83) – поз. 5, через які відбувається збирання і розбирання внутрішніх пристроїв (тарілок), а також огляд внутрішньої поверхні апарату, його чищення і ремонт. Люки оснащені підйимально-поворотними пристроями – поз.8.

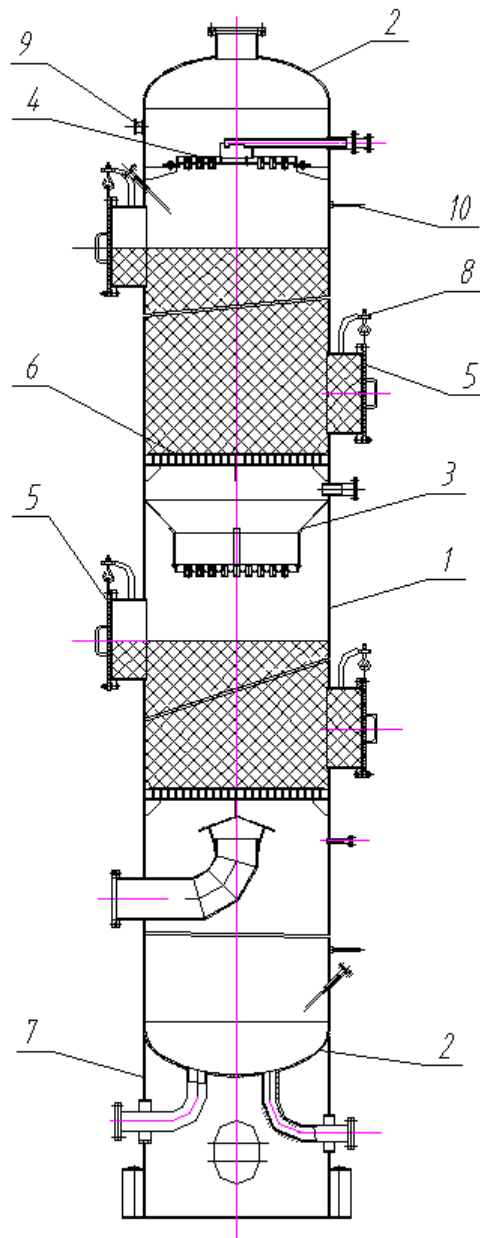


Рис. 2.2 Суцільнозварний колонний апарат з насипною насадкою

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 – поз.9, решітки опорної - поз.6, пристосування для вивірювання – поз.10. 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.

Усередині апарату розміщуються массообмінні тарілки ТСН-2 поз.3 і ТСН-3 поз.4, кількість яких визначається технологічним розрахунком.

Як правило, насадкові колонні апарати використовуються як абсорбційні апарати, в середині яких на опорних решітках розташовується рядами або завантажується навалом насадка, яка за допомогою розподільного пристрою (стандартної тарілки ТСН-3) зрошується абсорбентом. Абсорбент стікає по шару насадки у вигляді плівки, при цьому здійснюється масообмін між газом та рідиною, в результаті якого один або кілька компонентів газу поглинаються рідиною і насичують її. Насичений абсорбент відводиться знизу. Очищений газ після проходження бризкоуловлювача відводиться з абсорбера зверху.

Для поліпшення змочуємості насадки її укладають шарами висотою приблизно 4-6 діаметрів на спеціальних колосникових решітках. Під кожним шаром насадки, крім нижнього, розміщують перерозподільні тарілки ТСН-3..

2.3 Опис конструкції кип'ятильника

Кип'ятильник – це теплообмінник, в якому здійснюється теплообмін між двома теплоносіями, що мають різні температури.

Кип'ятильник –одноходовий кожухотрубчастий теплообмінний апарат з температурним компенсатором на кожусі вертикальний (рис. 2.3) складається з трубного пучка 1, розподільної камери 2 і кришки 3, які з'єднуються між собою за допомогою фланців. Апарат обладнаний штуцерами для підведення і відведення робочого середовища, нарізними пробками або штуцерами для спорожнення трубного і міжтрубного просторів, а також штуцерами-повітряниками, які встановлюються в нижніх і верхніх точках відповідних порожнин. Штуцери для введення і виведення середовища повинні мати відповідні фланці. Апарат з температурним компенсатором на кожусі обладнаний лінзовим компенсатором, призначеним для зниження температурних напружин, яка виникає в трубах і кожусі в робочих умовах. Вертикальний апарат встановлюється на опорних лапах.

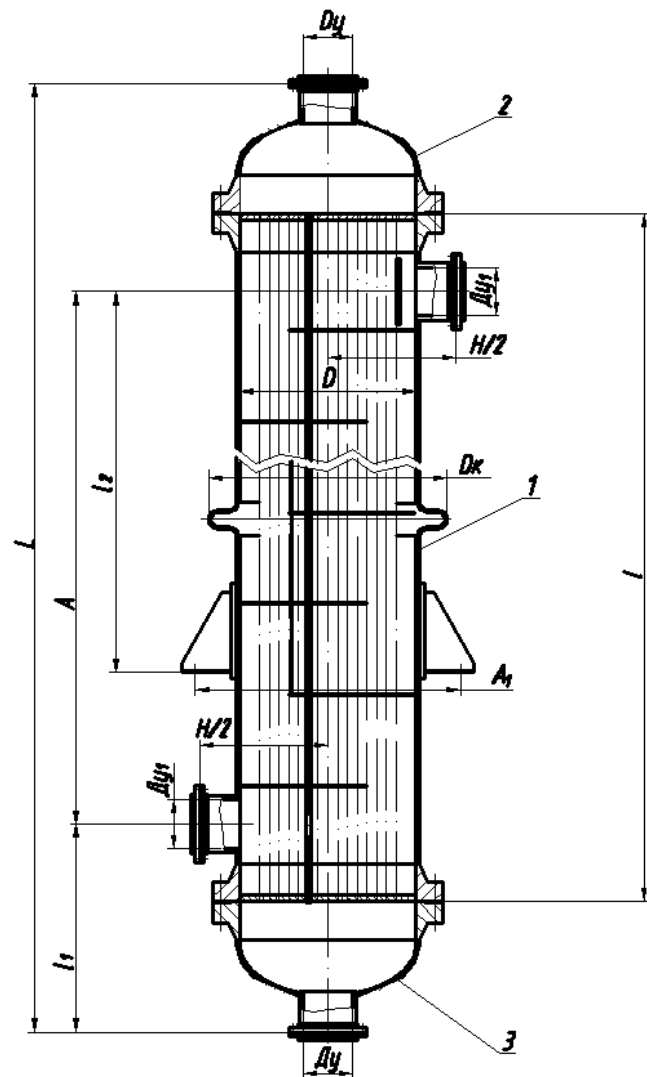


Рисунок 2.3 – Кожухотрубчастий теплообмінний апарат з температурним компенсатором на кожусі вертикальний одноходовий по трубах

До корпусу по торцях приварені трубні решітки, в яких закріплені теплообмінні труби. В основному труби в решітках кріпляться розвальцьовуванням або якимсь іншим способом залежно від матеріалу труб і тиску в апараті. Трубні решітки закриваються кришками на прокладках і болтах або шпильках. На корпусі є патрубки, через які один теплоносій проходить через міжтрубний простір. Другий теплоносій через патрубки на кришках рухається по трубах. У багатоходовому теплообміннику в корпусі і кришках встановлені перегородки для підвищення швидкості теплоносіїв.

3 ВИБІР ОСНОВНИХ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ КИП'ЯТИЛЬНИКА

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

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

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

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

Для виготовлення обичайки корпусу і камери застосовуємо сталь СтЗсп5 за ГОСТ 380-94. Для виготовлення трубних решіток застосовуємо сталь 16ГС за ГОСТ 5520-74. Матеріал труб для виготовлення патрубків корпусу і камер, матеріал теплообмінних труб – сталь 10 за ГОСТ 8732-78.

Матеріал кріпильних виробів (болтів) по рекомендаціях [7] для фланців штуцерів з вуглецевих сталей - сталь 40 ГОСТ 1050-88, для гайок - сталь 20 ГОСТ 1050-88. Матеріал опори і цапф для стропування – сталь стЗсп5 по ГОСТ 380-94. Матеріал прокладок - паронит ПОН за ГОСТ 481-80.

4 ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ РОЗМІРІВ КОЛОНИ ТА КИП'ЯТИЛЬНИКА

Вихідні дані

Продуктивність по вихідній суміші– 8,0 т/год;

Концентрація бензолу:

у вихідній суміші - $a_F = 43\%$ (мас.),

у дистилляті- $a_P = 98\%$ (мас.),

у кубовому залишку - $a_W = 1,5\%$ (мас.).

Температура:

- води, що охолоджує - 12 °С,

- дистилляту після холодильника - 27 °С,

- кубового залишку після холодильника - 27 °С,

- вихідній суміші - 25 °С

Тиск насиченої водяної пари - 6,0 ата.

Коефіцієнт надлишку флегми - 1,6.

Колона працює під атмосферним тиском. Вихідна суміш і флегма вводяться в апарат при температурі кипіння.

4.1 Визначення продуктивності по дистилляту і кубовому залишку

Продуктивність колони по дистилляту визначаю по формулі:

$$G_P = G_F \cdot \frac{a_F - a_W}{a_P - a_W} = 8000 \cdot \frac{0,43 - 0,015}{0,98 - 0,015} = 3440,41 \text{ кг/ч} = 0,956 \text{ кг/с}$$

Продуктивність колони по кубовому залишку визначаємо з рівняння:

$$G_W = G_F - G_P = 8000 - 3440,41 = 4559,59 \text{ кг/ч} = 1,267 \text{ кг/с.}$$

Перевірка:

$$8000 \cdot 0,43 = 3440,41 \cdot 0,98 + 4559,59 \cdot 0,015$$

$$3440 = 3371,6 + 68,39$$

$$3440 = 3440$$

4.2 Визначення мінімального і дійсного флегмового числа

Перераховуємо масові концентрації в мольні по формулі:

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

де X – концентрація низькокиплячого компонента А (ацетону) в бінарній суміші, мол. долі;

a – вміст низькокиплячого компонента А (ацетону) в бінарній суміші, масс. долі;

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

Молярні маси: ацетон – 58 кг/кмоль

етиловий спирт – 46 кг/кмоль

Тоді концентрація Исходной суміші:

$$X_F = \frac{\frac{a_F}{M_A}}{\frac{a_F}{M_A} + \frac{1-a_F}{M_A}} = \frac{\frac{0,43}{58}}{\frac{0,43}{58} + \frac{1-0,43}{46}} = 0,374$$

дистиляту:

$$X_P = \frac{\frac{a_P}{M_A}}{\frac{a_P}{M_A} + \frac{1-a_P}{M_A}} = \frac{\frac{0,98}{58}}{\frac{0,98}{58} + \frac{1-0,98}{46}} = 0,975$$

кубового залишка:

$$X_W = \frac{\frac{a_W}{M_A}}{\frac{a_W}{M_A} + \frac{1-a_W}{M_A}} = \frac{\frac{0,015}{58}}{\frac{0,015}{58} + \frac{1-0,015}{46}} = 0,012$$

Мінімальне флегмове число визначаємо графо-аналітичним способом. Для цього на підставі дослідних даних [3,4], в координатах $y-x$ будуємо криву рівноваги для суміші ацетон – етиловий спирт при атмосферном тиску і криву температур кипіння і конденсації.

Таблиця 1.1 – Рівноважні дані для суміші ацетон – етиловий спирт

Вміст компонента А, мол. %		Температура кипіння, t, °C
в жидкості (x)	в парі (y)	
0	0,0	78,3
5	15,5	75,4
10	26,2	73
20	41,7	69
30	52,4	65,9
40	60,5	63,6
50	67,4	61,8
60	73,9	60,4
70	80,2	59,1
80	86,5	58
90	92,9	57
100	100,0	56,1

На діаграмі у-х з крапки 1 ($x_p = y_p$) через крапку 2' (x_F, y_F^*) проводимо пряму лінію до пересічення з віссю у. Відрізок, що відсікається на осі у, позначимо через $B_{\max} = 0,343$. По величині цього відрізання знаходимо мінімальне флегмове число:

$$R_{\min} = \frac{x_p}{B_{\max}} - 1 = \frac{0,975}{0,343} - 1 = 1,842$$

Дійсне флегмове число визначаю, використовуючи рівняння:

$$R = K_R \cdot R_{\min} = 1,6 \cdot 1,842 = 2,947$$

На діаграмі у-х наноситься лінії робочих концентрацій (робочі лінії) для оптимального флегмowego числа $R = 2,947$: для цього на осі у відкладаємо відрізок

$$B = \frac{x_p}{R + 1} = \frac{0,975}{2,947 + 1} = 0,247 \text{ кінець якого сполучаємо прямою з крапкою 1 } (x_p = y_p);$$

точку пересічення цієї прямої з вертикальною лінією, проведеною з абсциси x_F , позначимо крапкою 2 (x_F, y_F) і, нарешті, крапку 2 сполучаємо з крапкою 3 ($x_W = y_W$). Лінії 1-2 і 2-3 є робочими лініями для верхньої і нижньої частин колони, відповідно.

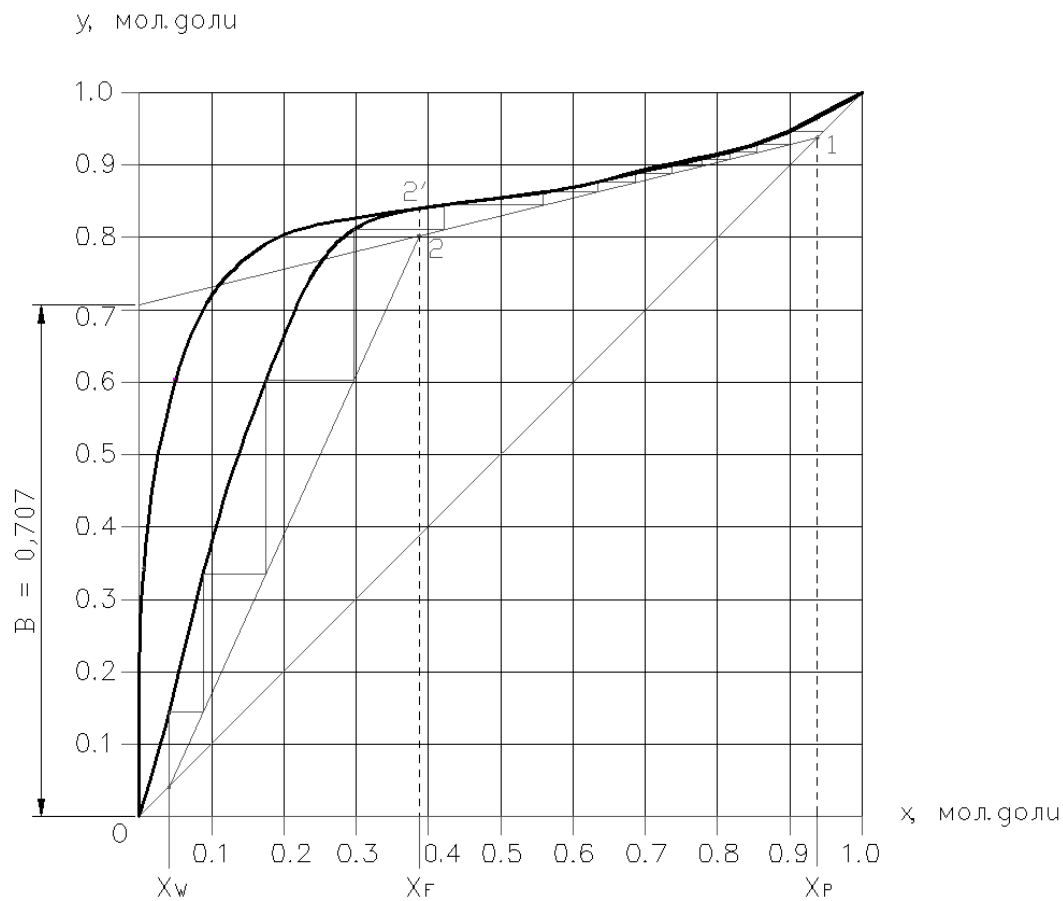


Рис. 4.1 – до визначення мінімального флегмового числа

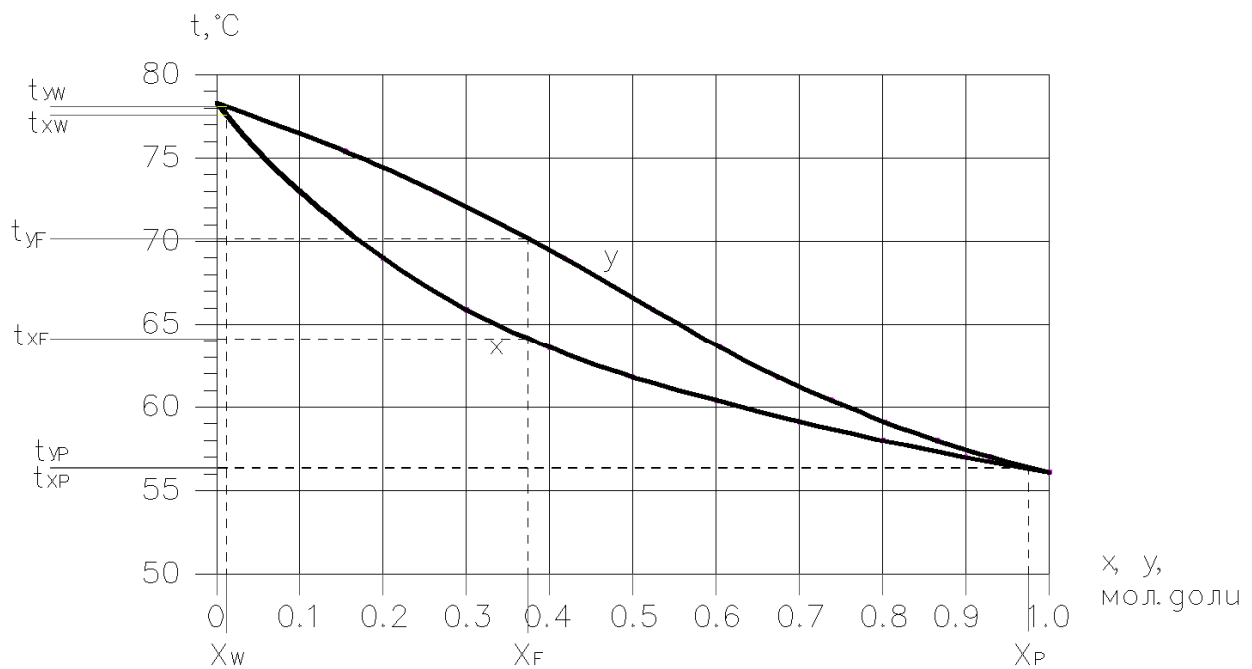


Рис. 4.2 – Ізобара температур кипіння і конденсації

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

Рідка фаза

Середня мольна концентрація в нижній частині колони:

$$X_{cp}^n = \frac{X_W + X_F}{2} = \frac{0,012 + 0,374}{2} = 0,193.$$

Середня мольна концентрація у верхній частині колони:

$$X_{cp}^e = \frac{X_F + X_P}{2} = \frac{0,374 + 0,975}{2} = 0,675.$$

Середня мольна концентрація по колоні:

$$X_{cp} = \frac{X_{cp}^n + X_{cp}^e}{2} = \frac{0,193 + 0,675}{2} = 0,434.$$

Середня масова концентрація по колоні:

$$\alpha_{cp} = \frac{x_{cp} \cdot M_A}{x_{cp} \cdot M_A + (1 - x_{cp}) \cdot M_B}$$
$$\alpha_{cp} = \frac{0,434 \cdot 58}{0,434 \cdot 58 + (1 - 0,434) \cdot 46} = 0,492$$

Середня температура в нижній частині колони:

$$t_{xcp}^n = \frac{t_{XW} + t_{XF}}{2} = \frac{77,5 + 64,1}{2} = 70,8 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Середня температура у верхній частині колони:

$$t_{xcp}^e = \frac{t_{XF} + t_{XP}}{2} = \frac{64,1 + 56,2}{2} = 60,2 \text{ }^\circ\text{C}$$

Середня температура по колоні:

$$t_{Xcp} = \frac{t_{xcp}^n + t_{xcp}^e}{2} = \frac{70,8 + 60,2}{2} = 65,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

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

Середня мольна маса:

$$M_{xcp} = M_A \cdot X_{cp} + M_B \cdot (1 - X_{cp}),$$
$$x_{cp} = 58 \cdot 0,434 + 46 \cdot (1 - 0,434) = 51,21 \text{ кг/кмоль}.$$

Середня щільність визначається по формулі:

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

де ρ_A і ρ_B щільність компонентів А (ацетону) і В (етилового спирту) при температурі t_{xcp} .

$$\rho_A = 738,58 \text{ кг/м}^3 \text{ при } t_{x \text{ ср}} = 65,5^\circ\text{C} [1, \text{ с. 512}].$$

$$\rho_B = 748,78 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_{x \text{ ср}} = \frac{738,58 \times 748,78}{748,78 \times 0,492 + 738,58 \cdot (1 - 0,492)} = 743,73 \text{ кг/м}^3$$

Середню в'язкість розраховуємо по рівнянню:

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

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

$$\mu_A = 0,22 \text{ МПа} \cdot \text{с при } t_{\text{ср}} = 65,5^\circ\text{C} [1, \text{ с. 516}].$$

$$\mu_B = 0,548 \text{ МПа} \cdot \text{с}.$$

$$\lg \mu_{x \text{ ср}} = 0,434 \cdot \lg 0,22 + (1 - 0,434) \cdot \lg 0,548 = -0,433.$$

$$\mu_{x \text{ ср}} = 0,369 \text{ МПа} \cdot \text{с} = 0,369 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

Середнє поверхнєве натягнення визначаємо по рівнянню:

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

де σ_A і σ_B – поверхнєві натягнення компонентів А (ацетон) і В (етиловий спирт), н/м.

$$\sigma_A = 17,94 \cdot 10^{-3} \text{ н/м при } t_{x \text{ ср}} = 65,5^\circ\text{C} [1, \text{ с. 526}]:$$

$$\sigma_B = 18,53 \cdot 10^{-3} \text{ н/м}.$$

$$\sigma_{x \text{ ср}} = 17,94 \cdot 10^{-3} \cdot 0,434 + 18,53 \cdot 10^{-3} (1 - 0,434) = 18,27 \cdot 10^{-3} \text{ н/м}$$

Коефіцієнт дифузії при середній температурі визначаєм[1]:

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

де $D_{x(20)}$ – коефіцієнт дифузії при $t = 20^\circ\text{C}$, м²/с;

$$b = \frac{0,2\sqrt{\mu}}{\sqrt[3]{\rho}}, \text{ тут } \mu \text{ [МПа} \cdot \text{с]} \text{ и } \rho \text{ [кг/м}^3\text{]} - \text{ в'язкості і щільність розчинника}$$

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

Коефіцієнт дифузії при 20°C розраховуємо по емпіричному рівнянню[1]:

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

де V_A і V_B – мольні об'єми компонентів А (бензолу) і В (бутило-вого спирту), см³/моль;

A, B – коефіцієнти, залежні від властивостей компонентів, A= 1,0; Y = 2,0
[1, с. 269]:

$$b = \frac{0,2\sqrt{\mu}}{\sqrt[3]{\rho}} = \frac{0,2\sqrt{0,322}}{\sqrt[3]{791}} = 0,012$$

Мольні об'єми компонентів [1, с. 288]:

$$V_A = 14,8 \cdot 3 + 3,7 \cdot 6 + 7,4 = 74,0 \text{ см}^3/\text{атом};$$

$$V_B = 14,8 \cdot 2 + 3,7 \cdot 5 + 7,4 + 3,7 = 59,2 \text{ см}^3/\text{атом}.$$

$$D_{x(20)} = \frac{1 \cdot 10^{-6}}{1,0 \cdot 2,0 \cdot \sqrt{0,322} (74^{1/3} + 59,2^{1/3})^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{58} + \frac{1}{46}} = 2,654 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$$

$$D_{x(t)} = 2,654 \cdot 10^{-9} [1 + 0,012 (65,5 - 20)] = 4,103 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}.$$

Парова фаза

Середня мольна концентрація в нижній частині колони:

$$y_{cp}^n = \frac{y_W + y_F}{2} = \frac{0,012 + 0,526}{2} = 0,269$$

Середня мольна концентрація у верхній частині колони:

$$y_{cp}^e = \frac{y_F + y_P}{2} = \frac{0,526 + 0,975}{2} = 0,751$$

Середня мольна концентрація по колоні:

$$y_{cp} = \frac{y_{cp}^n + y_{cp}^e}{2} = \frac{0,269 + 0,751}{2} = 0,51$$

Середня температура в нижній частині колони:

$$t_{y_{cp}}^n = 74,1^\circ\text{C}$$

Середня температура у верхній частині колони:

$$t_{y_{cp}}^e = 63,2^\circ\text{C}$$

Температури $t_{y_{cp}}^n$, $t_{y_{cp}}^e$ знайдені з діаграми t – x, y .

Середня температура по колоні:

$$t_{y_{cp}} = \frac{t_{y_{cp}}^n + t_{y_{cp}}^e}{2} = \frac{74,1 + 63,2}{2} = 68,6^\circ\text{C}$$

Середня мольна маса

$$M_{y\text{cp}} = M_A \cdot y_{\text{cp}} + M_B \cdot (1 - y_{\text{cp}}) = 58 \cdot 0,51 + 46 \cdot (1 - 0,51) = 52,12 \text{ кг/кмоль}$$

Середня щільність:

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

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

$$\rho_{y\text{cp}} = \frac{52,12}{22,4} \cdot \frac{1}{1,033} \cdot \frac{273}{(273 + 68,6)} = 1,8 \text{ кг/м}^3$$

Середня в'язкість [1]:

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

де μ_{yA} и μ_{yB} – динамічний коефіцієнт в'язкості пари компонента А (ацетон) і В (етиловий спирт).

$$\mu_{yA} = 0,94 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с при } t_{y\text{cp}} = 68,6 \text{ °C [4, с. 8, 9]:}$$

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

$$\frac{52,12}{\mu_{y\text{cp}}} = \frac{0,51 \cdot 58}{0,94 \cdot 10^{-5}} + \frac{(1 - 0,51) \cdot 46}{1,1 \cdot 10^{-5}},$$

$$\mu_{y\text{cp}} = 1,082 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с.}$$

Коефіцієнт дифузії для парової фази визначаємо по рівнянню [1]:

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

де P - тиск кгс/см² (тиск в колоні атмосферний);

$$T = 273 + t_{y\text{cp}}, \text{ °C.}$$

$$D_y = \frac{4,3 \cdot 10^{-7} \cdot 341,6^{3/2}}{1 \cdot (74^{1/3} + 59,2^{1/3})^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{58} + \frac{1}{46}} = 8,019 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с.}$$

4.4 Вихідні дані для розрахунку

Тип колони – насадка з керамічними кільцями Рашига 25x25x3 мм, в яких вільний об'єм $\varepsilon = 0,74 \text{ м}^3/\text{м}^3$, а питома поверхня $\sigma = 200 \text{ м}^2/\text{м}^3$.

Кількість вихідної суміші $G_f = 8000 \text{ кг/год}$; кількість дистилляту $G_p = 3440,41 \text{ кг/г}$; кількість кубового залишку $G_w = 4559,59 \text{ кг/год}$; флегмовое число $R = 2,947$.

- середня щільність рідини $\rho_{x\text{cp}} = 743,73 \text{ кг/м}^3$;

- середня щільність пари по колоні $\rho_{y\text{cp}} = 1,8 \text{ кг/м}^3$;

- середня динамічна в'язкість рідини $\mu_{x\text{cp}} = 0,369 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$;

- середня динамічна в'язкість пари $\mu_{y\text{cp}} = 1,082 \cdot 10^{-5} \text{ Па} \cdot \text{с}$;
- середня молекулярна маса рідини $M_{x\text{cp}} = 51,21 \text{ кг/кмоль}$;
- середня молекулярна маса парів $M_{y\text{cp}} = 52,12 \text{ кг/кмоль}$.

4.5 Визначення робочої швидкості пари і діаметру колони

Швидкість пари, відповідна оптимальному режиму роботи насадочної ректифікаційної колони, визначаєм з наступного рівняння [6]:

$$Re'_y = 0,045 \cdot Ar^{0,57} \cdot \left(\frac{G_y}{G_x} \right)^{0,43}$$

Для вирішення цього рівняння визначимо:

$$Ar = \frac{g \cdot d_{\text{экв}}^3 \cdot (\rho_{x\text{cp}} - \rho_{y\text{cp}}) \cdot \rho_{y\text{cp}}}{\mu_{y\text{cp}}^2} =$$

$$= \frac{9,81 \cdot 0,0148^3 \cdot (743,73 - 1,8) \cdot 1,8}{(1,082 \cdot 10^{-5})^2} = 3,628 \times 10^8.$$

$$d_{\text{экв}} = \frac{4 \cdot \varepsilon}{\sigma} = \frac{4 \cdot 0,74}{200} = 0,0148 \text{ м.}$$

G_y – кількість пари

$$G_y = G_p (R + 1) = \frac{3440,41}{3600} (2,947 + 1) = 3,77 \text{ кг/с.}$$

G_x' – кількість рідини, що стікає у верхній частині колони

$$G_x' = G_p \cdot R = \frac{3440,41}{3600} \cdot 2,947 = 2,82 \text{ кг/с.}$$

G_x'' – кількість рідини, що стікає в нижній частині колони

$$G_x'' = G_p (R + F) = \frac{3440,41}{3600} \cdot (2,947 + 2,325) = 5,04 \text{ кг/с.}$$

$$F = \frac{G_f}{G_p} = \frac{8000}{3440,41} = 2,325.$$

З рівняння $Re'_y = 0,045 \cdot Ar^{0,57} \cdot \left(\frac{G_y}{G_x} \right)^{0,43}$ знаходимо оптимальну швидкість для

верхнього і нижнього перетину колони.

Для верхнього перетину:

$$Re'_y = 0,045 \cdot (3,628 \cdot 10^8)^{0,57} \cdot \left(\frac{3,77}{2,82} \right)^{0,43} = 3858,71.$$

З рівняння $Re'_y = \frac{4W_{онм}^6 \cdot \rho_{ycp}}{\sigma \cdot \mu_{ycp}}$ визначаю

$$W_{онм}^6 = \frac{Re'_y \cdot \sigma \cdot \mu_{ycp}}{4 \cdot \rho_{ycp}} = \frac{3858,71 \cdot 200 \cdot 1,082 \cdot 10^{-5}}{4 \cdot 1,8} = 1,16 \text{ м/с.}$$

По знайденій $W_{опт}^B$ знаходимо діаметр колони у верхньому перерізі:

$$D_{\kappa}^6 = \sqrt{\frac{V_y^6}{0,785 \cdot W_{онм}^6}} = \sqrt{\frac{2,097}{0,785 \cdot 1,16}} = 1,518 \text{ м.}$$

$$V_y^6 = \frac{G_y}{\rho_{ycp}} = \frac{G_p \cdot (R+1)}{\rho_{ycp}} = \frac{3440,41 \cdot (2,947+1)}{3600 \cdot 1,8} = 2,096 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Для нижнього перерізу:

$$Re'_y = 0,045 \cdot (3,628 \cdot 10^8)^{0,57} \cdot \left(\frac{0,758}{5,04}\right)^{0,43} = 1508.$$

Кількість пари в нижньому перерізі колони знаходимо з співвідношення:

$$\frac{G_y}{M_{C_3H_6O}} = \frac{X}{M_{C_2H_5OH}}; \quad X = \frac{G_y \cdot M_{C_2H_5OH}}{M_{C_3H_6O}} = \frac{3440,41}{3600} \cdot \frac{46}{58} = 0,758 \text{ кг/с.}$$

З рівняння $Re'_y = \frac{4W_{онм}^h \cdot \rho_{ycp}}{\sigma \cdot \mu_{ycp}}$ визначаємо

$$W_{онм}^h = \frac{1508 \cdot 200 \cdot 1,082 \cdot 10^{-5}}{4 \cdot 1,8} = 0,453 \text{ м/с.}$$

По знайденій $W_{пб}^i$ знаходимо діаметр колони в нижньому перетині:

$$D_{\kappa}^h = \sqrt{\frac{V_y^h}{0,785 \cdot W_{онм}^h}} = \sqrt{\frac{1,66}{0,785 \cdot 0,453}} = 2,161 \text{ м.}$$

$$V_y^h = V_y^6 \cdot \frac{M_{C_2H_5OH}}{M_{C_3H_6O}} = \frac{2,096 \cdot 46}{58} = 1,66 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Приймаємо стандартний діаметр колони $D_{\kappa} = 1,8 \text{ м}$

Уточнюємо швидкість пари по колону після прийняття $D_{\kappa} = 1,8 \text{ м}$

$$W_y^6 = \frac{V_y^6}{0,785 \cdot D_{\kappa}^2} = \frac{2,096}{0,785 \cdot 1,8^2} = 0,824 \text{ м/с.}$$

$$W_y^h = \frac{V_y^h}{0,785 \cdot D_{\kappa}^2} = \frac{1,66}{0,785 \cdot 1,8^2} = 0,653 \text{ м/с.}$$

4.6 Визначення висоти шари насадки через ВЕП і ЧЕП

$$H_{\text{нас}} = \text{ВЕП} \cdot \text{ЧЕП}.$$

Висота одиниці перенесення ВЕП рівна [4]:

$$\text{ВЕП} = 28,6 \cdot d_{\text{эКВ}} \cdot \text{Re}_y^{0,2} \cdot (\text{Pr}'_y)^{0,65}.$$

Враховуючи, що в насадочній ректифікаційній колоні кількість стікаючої рідини у верхній частині колони – G_x' (флегма), а кількість стікаючої рідини в нижній частині колони – G_x'' (флегма + вихідна суміш), висота насадки визначається: $H_{\text{нас}} = H_{\text{в.ч.к.}} + H_{\text{н.ч.к.}}$

$H_{\text{в.ч.к.}}$ – висота насадки верхньої частини колони, м

$$H_{\text{в.ч.к.}} = \text{ВЕП}_{\text{в.ч.к.}} \cdot \text{ЧЕП}_{\text{в.ч.к.}}$$

$H_{\text{н.ч.к.}}$ – висота насадки нижньої частини колони, м

$$H_{\text{н.ч.к.}} = \text{ВЕП}_{\text{н.ч.к.}} \cdot \text{ЧЕП}_{\text{н.ч.к.}}$$

Для верхньої частини колон

$$\text{Re}_y = \frac{4W_y^6 \cdot \rho_{y\text{cp}}}{\sigma \cdot \mu_{y\text{cp}}} = \frac{4 \cdot 0,824 \cdot 1,8}{200 \cdot 1,082 \cdot 10^{-5}} = 2742.$$

$$\text{Pr}'_y = \frac{\mu_{y\text{cp}}}{\rho_{y\text{cp}} \cdot D_y} = \frac{1,082 \cdot 10^{-5}}{1,8 \cdot 8,019 \cdot 10^{-6}} = 0,75.$$

D_y - коефіцієнт дифузії парової фази

$$D_y = \frac{4,3 \cdot 10^{-7} \cdot T^{3/2}}{P \cdot (\vartheta_A^{1/3} + \vartheta_B^{1/3})^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}} \text{ м}^2/\text{с}$$

Чисельне значення коефіцієнта дифузії парової фази рівне:

$$D_y = 8,019 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}.$$

$$\hat{A}\hat{A}\hat{I}_{\hat{a}.\hat{e}.} = 28,6 \cdot 0,0148 \cdot 2742^{0,2} \cdot 0,75^{0,65} = 1,71 \text{ м}.$$

Таблиця 4.2 – Для графічної інтеграції (визначення ЧЕП)

№	x	y*	y	y*-y	1/(y*-y)
1	0,012	0,041	0,012	0,029	34,48
2	0,1	0,26	0,14	0,12	8,33
3	0,2	0,42	0,28	0,14	7,14
4	0,3	0,52	0,42	0,1	10,00
5	0,4	0,61	0,55	0,06	16,67
6	0,5	0,67	0,62	0,05	20,00
7	0,6	0,74	0,70	0,04	25,00
8	0,7	0,80	0,77	0,03	33,33
9	0,8	0,87	0,84	0,03	33,33
10	0,9	0,93	0,92	0,01	100,00
11	0,975	0,98	0,975	0,005	200,00

Число одиниць перенесення верхньої частини колони ЧЕП_{в.ч.к.} = 21,42

визначаємо з графіку в координатах $\frac{1}{y^*-y}$ як функцію "y" в межах $y_f - y_p$, де

$y_f = 0,526$ и $y_p = 0,975$.

Тоді висота верхньої частини колони Нв.ч.к. = 1,71 + 21,42 = 23,13 м.

Для нижньої частини колони

$$Re_y = \frac{4W_y^n \cdot \rho_{y_{cp}}}{\sigma \cdot \mu_{y_{cp}}} = \frac{4 \cdot 0,653 \cdot 1,8}{200 \cdot 1,082 \cdot 10^{-5}} = 2173$$

$$Pr'_y = \frac{\mu_{y_{cp}}}{\rho_{y_{cp}} \cdot D_y} = \frac{1,082 \cdot 10^{-5}}{1,8 \cdot 8,019 \cdot 10^{-6}} = 0,75,$$

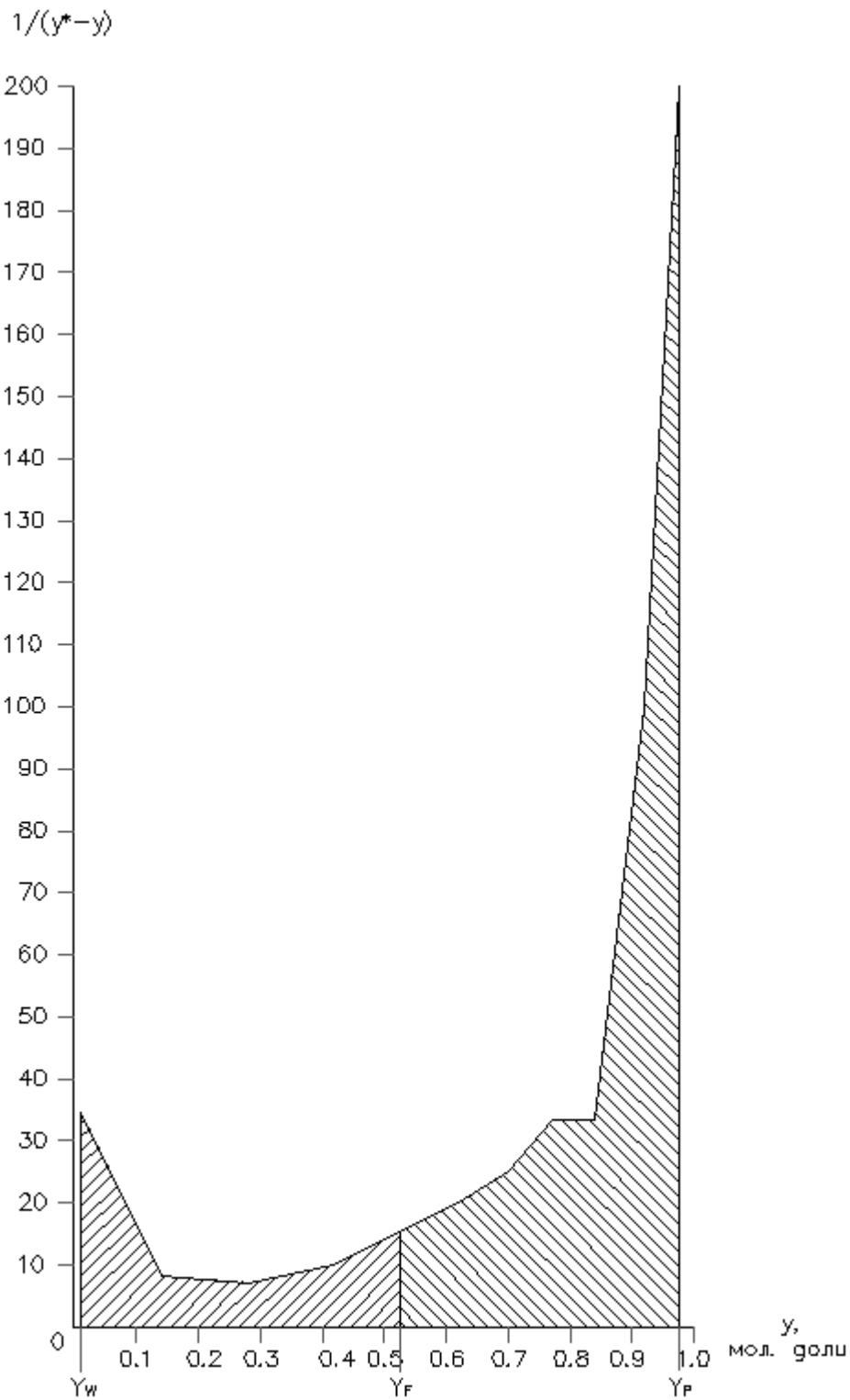


Рис. 4.3 – до визначення числа одиниць переносу

D_y - коефіцієнт дифузії парової фази.

$$D_y = \frac{4,3 \cdot 10^{-7} \cdot T^{3/2}}{P \cdot (g_A^{1/3} + g_B^{1/3})^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}}, \text{ м}^2/\text{с}.$$

Чисельне значення коефіцієнта дифузії парової фази рівне:

$$D_y = 8,019 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}.$$

$$BEП_{н.ч.к.} = 28,6 \cdot 0,0148 \cdot 2173^{0,2} \cdot 0,75^{0,65} = 1,63 \text{ м}.$$

Число одиниць перенесення нижньої частини колони ЧЕПн.ч.к. = 6,37 визначаю з графіку в координатах $\frac{1}{y^* - y}$ як функцію "у" в межах $y_w - y_f$, где $y_w = 0,012$ и $y_f = 0,526$.

Тоді висота нижньої частини колони $H_{н.ч.к.} = 1,63 \cdot 6,37 = 8$ м.

Висота шару насадки, що отримується при розрахунку через ЧЕП і ВЕП буде рівна

$$H_{нас} = H_{в.ч.к.} + H_{н.ч.к.} = 23,13 + 8 = 31,31 \text{ м.}$$

Загальну висоту колони ректифікації визначаємо по рівнянню:

$$H_{кол} = h \cdot n + (n - 1) \cdot h_p + h_b + h_n,$$

де h - висота насадки в одній секції, м;

n - число секцій;

h_p - висота проміжків між секціями насадки, в яких встановлюються розподільники рідини, м;

Діаметр колони (D_k), мм	h_p , м
до 1800	150
при 2000 ÷ 2200	180
при 2400 ÷ 2800	200

h_b і h_n - відповідно висота простору сепарації над насадкою і відстань між днищем колони і насадкою, м.

Значення h_b і h_n вибираємо відповідно до рекомендації.

Діаметр колони (D_k), мм	h_b , мм	h_n , мм
400 ÷ 1000	600	1500
1200 ÷ 2200	1000	2000
2400 и більше	1400	2500

Висота шару насадки однієї секції, яка з умови міцності опорних грат і нижніх шарів насадки, а також з умови рівномірного розподілу рідини по насадці не повинна перевищувати 3 м;

$$n = 31,31 / 3 = 10,44 \text{ приймаємо } 10 \text{ секцій.}$$

Загальна висота колони рівна:

$$H_{кол} = 3 \cdot 10 + (10 - 1) \cdot 0,15 + 1 + 2 = 34,35 \text{ м.}$$

4.7 Гідравлічний опір шару зрошуваної насадки

Гідравлічний опір визначаємо по рівнянню:

$$\Delta P_{нас} = \lambda \cdot \frac{H_{нас}}{d_{экс}} \cdot \frac{W^2}{2} \cdot \rho_{ycp} = \lambda \cdot \frac{H_{нас} \cdot \sigma \cdot W_y^2}{8\varepsilon^3} \cdot \rho_{ycp}, \text{ Н/М}^2,$$

λ – коефіцієнт опору зрошуваної насадки

$$\lambda = \lambda_{сух} \cdot m$$

$\lambda_{сух}$ – коефіцієнт опору сухої насадки;

m – коефіцієнт зрошування.

За розрахункову швидкість W_y приймаю $W_y^H = 0,653 \text{ м/с}$.

$$\text{При } Re_y < 40; \quad \lambda_{сух} = \frac{140}{Re_y}$$

$$\text{при } Re_y > 40; \quad \lambda_{сух} = \frac{16}{Re_y^{0,2}}$$

$$\lambda_{сух} = \frac{140}{2173} = 0,064.$$

$$Re_y = \frac{4W_y \cdot \rho_{ycp}}{\sigma \cdot \mu_{ycp}} = \frac{4 \cdot 0,653 \cdot 1,8}{200 \cdot 1,082 \cdot 10^{-5}} = 2173.$$

Коефіцієнт зрошування насадки " m " визначу по формулі для керамічних кілець для нижньої частини колони

$$m = \frac{1}{(1,13 - 1,43 \cdot A)^3},$$

$$\text{де } A = 3 \cdot \sqrt[3]{\frac{b}{2g} \left(\frac{G_x''}{\rho_x} \right)^2 \cdot \frac{\sigma}{\varepsilon^3}}; \quad b = \frac{1,75}{Re_x^{0,3}}$$

$$Re_x = \frac{4W_x \cdot \rho_{xcp}}{\sigma \cdot \mu_{xcp}}; \quad W_x = \frac{V_x}{F_{кол}}$$

$$W_x = \frac{G_x''}{\rho_{xcp} \cdot 0,785 \cdot D_k^2} = \frac{G_p(R+F)}{\rho_{xcp} \cdot 0,785 \cdot D_k^2} = \frac{5,04}{743,73 \cdot 0,785 \cdot 1,8^2} = 0,003 \text{ м/с}$$

$$Re_x = \frac{4 \cdot 0,003 \cdot 743,73}{200 \cdot 0,369 \cdot 10^{-3}} = 120,93$$

$$b = \frac{1,75}{\text{Re}_x^{0,3}} = \frac{1,75}{120,93^{0,3}} = 0,415.$$

$$A = 3 \cdot \sqrt[3]{\frac{b}{2g} \left(\frac{G_x''}{\rho_{cp,x}} \right)^2 \cdot \frac{\sigma}{\varepsilon^3}} = 3 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,415}{2 \cdot 9,81} \left(\frac{5,04}{743,73} \right)^2 \cdot \frac{200}{0,74^3}} = 0,235$$

$$m = \frac{1}{(1,13 - 1,43 \cdot A)^3} = \frac{1}{(1,13 - 1,43 \cdot 0,235)^3} = 1,998$$

$$\lambda = \lambda_{\text{сyx}} \cdot m = 0,064 \cdot 1,998 = 0,127$$

$$\Delta P_{\text{кол}} = 0,064 \cdot \frac{31,31 \cdot 200 \cdot 0,653^2}{8 \cdot 0,74^3} \cdot 1,8 = 145,31 \text{ Па}$$

4.8 Визначення діаметру штуцерів

Діаметр штуцера визначаємо по рівнянню

$$d = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot W}}$$

Штуцер входу флегми:

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

$$V_{\phi} = \frac{G_{\phi}}{\rho_A} = \frac{G_p \cdot R}{\rho_A} = \frac{3440,41 \cdot 2,941}{3600 \cdot 750,18} = 3,747 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Оскільки швидкості потоку приймаємо орієнтування, то можна прийняти щільність флегми, як щільність бензолу: $\rho_A = 750,18 \text{ кг/м}^3$ при $t_{\text{хр}} = 56,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

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

$$d = \sqrt{\frac{3,747 \times 10^{-3}}{0,785 \cdot 0,5}} = 0,098 \text{ м}.$$

Стандартний розмір труби для виготовлення штуцера $\text{Ø}108 \times 4 \text{ мм}$, [2, с. 17].

Штуцер входу початкової суміші:

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

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

при $t_{XF} = 64,1 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\rho_F = \frac{740,1 \cdot 750,1}{750,1 \cdot 0,43 + (1 - 0,43) \cdot 740,5} = 745,94 \text{ кг/м}^3,$$

$$V_F = \frac{8000}{3600 \cdot 745,94} = 2,979 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Приймаю $W_F = 0,8 \text{ м/с}$, тогдa

$$d = \sqrt{\frac{2,979 \times 10^{-3}}{0,785 \cdot 0,8}} = 0,069 \text{ м}.$$

Стандартний розмір труби для виготовлення штуцера $\text{Ø}90 \times 4 \text{ мм}$, [2, с. 17].

Штуцер виходу кубового залишку:

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

$$V_W = \frac{G_W}{\rho_W} = \frac{4559,59}{3600 \cdot 737,4} = 1,718 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

$\rho_B = 737,4 \text{ кг/м}^3$ – щільність оцтової кислоти при $77,5 \text{ }^\circ\text{C}$.

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

$$d = \sqrt{\frac{1,718 \times 10^{-3}}{0,785 \cdot 0,3}} = 0,085 \text{ м}.$$

Стандартний розмір труби для виготовлення штуцера $\text{Ø}95 \times 5 \text{ мм}$, [2, с. 16].

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

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

$$V_{к.ж} = \frac{G_F + G_\phi - G_W}{\rho_B} = \frac{8000 + 3440,41 \cdot 2,947 - 4559,59}{3600 \cdot 737,4} = 5,115 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

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

$$d = \sqrt{\frac{5,115 \times 10^{-3}}{0,785 \cdot 0,3}} = 0,147 \text{ м}.$$

Стандартний розмір труби для виготовлення штуцера $\text{Ø}159 \times 4,5 \text{ мм}$, [2, с.

Штуцер виходу пари з колони:

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

$$V_y = \frac{G_y}{\rho_{y \text{ cp}}} = \frac{G_p \cdot (R+1)}{\rho_{y \text{ cp}}} = \frac{3440,41 \times (2,947+1)}{3600 \cdot 1,8} = 2,096 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Приймаю $W_y = 15 \text{ м/с}$, тоді

$$d = \sqrt{\frac{2,096}{0,785 \cdot 15}} = 0,422 \text{ м}.$$

Стандартний розмір труби для виготовлення штуцера $\text{Ø}426 \times 11 \text{ мм}$, [7, с. 411].

4.9 Теплові розрахунки

4.9.1 Підігрівач початкової суміші

Рівняння теплового балансу для підігрівача:

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

тут теплові втрати прийняті у розмірі 5% від теплоти, що корисно витрачається;

t_{XF} – температура кипіння початкової суміші;

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

Питома теплоємність початкової суміші

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

де C_A, C_B – питомі теплоємності бензолу і бутилового спирту при середній температурі $t_{X_F}^{cp} = \frac{t_{X_F} + t_{нач}}{2} = \frac{64,1 + 25}{2} = 44,5 \text{ }^\circ\text{C}$;

$$C_A = 0,538 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}; C_B = 0,662 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}, [1, \text{с. } 562].$$

$$c_F' = 0,43 \cdot 0,538 + (1 - 0,43) \cdot 0,662 = 0,609 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} = 2551,71 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

$$Q = 1,05 \cdot G_F \cdot c_F' (t_{XF} - t_{нач}) = 1,05 \cdot \frac{8000}{3600} \cdot 2551,71 \cdot (64,1 - 25) = 232801 \text{ Вт.}$$

Витрата грюючої пари :

$$G_{г.п} = \frac{Q}{r} = \frac{232801}{2095 \cdot 10^3} = 0,111 \text{ кг/с,}$$

$$r = 2095 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \text{ при } P = 6,0 \text{ ата [1, с. 550]:}$$

Середня різниця температур

$$158,1 \longrightarrow 158,1$$

$$25 \longrightarrow 64,1$$

Температура насиченої водяної пари при $P = 6,0$ ата складає $158,1^\circ\text{З}$ [1, с. 550]:

Велика різниця температур :

$$\Delta t_{б} = 158,1 - 25 = 133,1 \text{ }^\circ\text{С};$$

менша різниця температур :

$$\Delta t_{м} = 158,1 - 64,1 = 94 \text{ }^\circ\text{С.}$$

Оскільки $\frac{\Delta t_{б}}{\Delta t_{м}} = \frac{133,1}{94} = 1,41 < 2$ тоді середню різницю температур визначаємо

по рівнянню:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{б} + \Delta t_{м}}{2} = \frac{133,1 + 94}{2} = 113,55 \text{ }^\circ\text{С.}$$

Коефіцієнт теплопередачі приймаємо орієнтовно рівним $250 \text{ Вт/}^\circ\text{К}$ [2, с. 47].

Поверхня теплообміну підігрівача початкової суміші :

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{232801}{250 \cdot 113,55} = 11,406 \text{ м}^2.$$

Приймаємо одноходовий кожухотрубчастий теплообмінник із наступними характеристиками [2, с. 51]:

- діаметр кожуха 325 мм;
- труба 20x2 мм;
- кількість труб в теплообміннику 100 шт;
- довжина труб 2,0 м;

- поверхня теплообміну $12,5 \text{ м}^2$.

4.9.2 Дефлегматор (конденсатор)

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

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

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

Питомі теплоти пароутворення бензолу r_A і оцтової кислоти r_B при $t_{Xp} = 56,2^\circ\text{C}$:

$$r_A = 522,78 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}; r_B = 883,08 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}, [1, \text{ с. } 542]:$$

$$r_P = 0,98 \cdot 522,78 + (1 - 0,98) \cdot 883,08 = 530 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

$$Q_D = \frac{3440,41}{3600} \cdot (2,947 + 1) \cdot 530 \cdot 10^3 = 1,999 \cdot 10^6 \text{ Вт}.$$

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

$$G_B = \frac{Q_D}{C_B \cdot (t_k - t_n)} = \frac{1,999 \cdot 10^6}{4190 \cdot (25 - 12)} = 13,98 \text{ кг/с}.$$

Середня різниця температур при протитечійній схемі руху теплоносіїв :

$$56,2 \text{ } \longrightarrow \text{ } 56,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

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

Велика різниця температур :

$$\Delta t_{\bar{o}} = 56,2 - 12 = 44,2 \text{ } ^\circ\text{C};$$

менша різниця температур :

$$\Delta t_{\bar{m}} = 56,2 - 25 = 31,2 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Оскільки $\frac{\Delta t_{\bar{o}}}{\Delta t_{\bar{m}}} = \frac{44,2}{31,2} = 1,42 < 2$, то

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\bar{o}} + \Delta t_{\bar{m}}}{2} = \frac{44,2 + 31,2}{2} = 37,7 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

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

Поверхня теплообміну дефлегматора :

$$F = \frac{Q_D}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{1,999 \cdot 10^6}{500 \cdot 37,7} = 106,048 \text{ м}^2.$$

Приймаємо двоходовий кожухотрубчастий теплообмінник з наступними характеристикам: [2, с. 51]:

- діаметр кожуха 800 мм;
- труба 25x2 мм;
- кількість труб в теплообміннику 465 шт;
- довжина труб 3 м;
- поверхня теплообміну 109 м².

4.9.3 Холодильники дистиллята і кубового залишку

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

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

де c_p' - теплоємність дистилляту при його середній температурі $(t_{Xp} + t_{p \text{ кон}}) / 2$;
 $t_{p \text{ кон}}$ - кінцева температура дистилляту після холодильника, °С (по умові завдання).

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

$$C_A = 0,536 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}; C_B = 0,653 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \text{ при середній температурі}$$

$$t_{cp} = \frac{t_{Xp} + t_{p \text{ кон}}}{2} = \frac{56,2 + 27}{2} = 41,6 \text{ } ^\circ\text{C}; [1, \text{ с. } 562]:$$

$$c_p' = 0,98 \cdot 0,536 + (1 - 0,98) \cdot 0,653 = 0,538 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} = 2254,22 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

$$Q = G_P \cdot c_p' \cdot (t_{Xp} - t_{p \text{ кон}}) = \frac{3440,41}{3600} \cdot 2254,22 (56,2 - 27) = 6,291 \cdot 10^4 \text{ Вт.}$$

Витрата охолоджувальної води при нагріванні її на 15 °С в холодильнику товарного дистилляту :

$$G_B = \frac{Q}{C_B \cdot (t_k - t_n)} = \frac{6,291 \cdot 10^4}{4190 \cdot (27 - 12)} = 1,001 \text{ кг/с.}$$

Середня різниця температур при протитечійній схемі руху теплоносіїв :

$$56,2 \longrightarrow 27 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

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

Велика різниця температур :

$$\Delta t_{\text{б}} = 56,2 - 27 = 29,2 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

менша різниця температур :

$$\Delta t_{\text{м}} = 27 - 12 = 15 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Оскільки $\frac{\Delta t_{\text{б}}}{\Delta t_{\text{м}}} = \frac{29,2}{15} = 1,95 < 2$ те середню різницю температур визначаємо

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{\Delta t_{\text{б}} + \Delta t_{\text{м}}}{2} = \frac{29,2 + 15}{2} = 22,2 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

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

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{\text{ср}}} = \frac{6,291 \cdot 10^4}{400 \cdot 22,25} = 7,096 \text{ м}^2.$$

Приймаємо одноходовий кожухотрубчастий теплообмінник із наступними характеристиками [2, с. 51]:

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

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

$$Q = G_{\text{w}} \cdot c_{\text{w}}' \cdot (t_{\text{Xw}} - t_{\text{w кон}}) = G_{\text{B}} \cdot C_{\text{B}} \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{н}}),$$

де C_{w} - теплоємність кубового залишку при його середній температурі $(t_{\text{Xw}} + t_{\text{w кон}})/2$;

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

$$c_{\text{w}}' = a_{\text{w}} \cdot C_{\text{A}} + (1 - a_{\text{w}}) \cdot C_{\text{B}},$$

$$C_{\text{A}} = 0,544 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}}; C_{\text{B}} = 0,685 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}}, \text{ при середній температурі}$$

$$t_{cp} = \frac{t_{Xw} + t_{W_{кон}}}{2} = \frac{77,5 + 27}{2} = 52,2571,3^{\circ}\text{C}; [1, \text{ с. 562}]:$$

$$c_w' = 0,015 \cdot 0,544 + (1 - 0,015) \cdot 0,685 = 0,683 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}} = 2861,77 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

$$Q = G_w \cdot c_w' \cdot (t_{Xw} - t_{W_{кон}}) = \frac{4559,59}{3600} \cdot 2861,77 \cdot (77,5 - 27) = 1,83 \cdot 10^5 \text{ Вт}.$$

Витрата охолоджувальної води при нагріванні її на 15°C в холодильнику кубового залишку :

$$G_B = \frac{Q}{C_B \cdot (t_k - t_n)} = \frac{1,83 \cdot 10^5}{4190 \cdot (27 - 12)} = 2,912 \text{ кг/с}.$$

Середня різниця температур при протитечійній схемі руху теплоносіїв :

$$77,5^{\circ}\text{C} \longrightarrow 27^{\circ}\text{C}$$

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

Велика різниця температур:

$$\Delta t_{\delta} = 77,5 - 27 = 50,5^{\circ}\text{C};$$

менша різниця температур:

$$\Delta t_{\text{м}} = 27 - 12 = 15^{\circ}\text{C}.$$

Оскільки $\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}} = \frac{50,5}{15} = 3,37 > 2$, то середню різницю температур визначаю

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln(\Delta t_{\delta} / \Delta t_{\text{м}})} = \frac{50,5 - 15}{\ln(50,5 / 15)} = 29,24^{\circ}\text{C}.$$

При орієнтовному значенні $K = 400 \text{ Вт/м}^2$. До [2, с. 47], поверхня теплообміну холодильника кубового залишку складе:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{1,83 \cdot 10^5}{400 \cdot 29,24} = 15,646 \text{ м}^2.$$

Приймаємо двоходовий кожухотрубчастий теплообмінник із наступними характеристиками [2, с. 51]:

- діаметр кожуха 325мм;
- труба 20x2 мм;
- кількість труб в теплообміннику 90 шт;
- довжина труб 3 м;
- поверхня теплообміну 17 м^2 .

4.9.4 Кип'ятильник

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

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

Теплові втрати приймаю 3% від теплоти, що корисно витрачається; питомі теплоємності узяті відповідно при $t_{Xp} = 56,2^\circ\text{C}$, $t_{XF} = 64,1^\circ\text{C}$, $t_{Xw} = 77,5^\circ\text{C}$.

$$C_P = a_P \cdot C_A + (1 - a_P) \cdot C_B = 0,98 \cdot 0,547 + (1 - 0,98) \cdot 0,697 = 0,55 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} = 2304,5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$C_F = a_F \cdot C_A + (1 - a_F) \cdot C_B = 0,43 \cdot 0,553 + (1 - 0,43) \cdot 0,721 = 0,649 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} = 2719,31 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$C_W = a_W \cdot C_A + (1 - a_W) \cdot C_B = 0,015 \cdot 0,564 + (1 - 0,015) \cdot 0,720 = 0,718 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} = 3008,42 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$Q_K = 1,03 \cdot (1,999 \cdot 10^6 + \frac{3440,41}{3600} \cdot 2304,5 \cdot 56,2 + \frac{4559,59}{3600} \cdot 3008,42 \cdot 77,5 - \frac{8000}{3600} \cdot 2719,31 \cdot 64,1) = 2,092 \cdot 10^6 \text{ Вт}$$

Витрата гріючої пари при $P = 6,0$ ата:

$$G_{z.n} = \frac{Q_K}{r} = \frac{2,092 \cdot 10^6}{2095 \cdot 10^3} = 0,999 \text{ кг/с}$$

Середня різниця температур дорівнює різниці між температурою насиченої пари при $P = 6$ ата і температурою кипіння кубового залишку :

$$\Delta t_{cp} = 158,1 - 77,5 = 80,6^\circ\text{C}$$

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

$$F = \frac{Q_K}{K \cdot \Delta t_{cp}} = 2, \frac{2,092 \cdot 10^6}{2000 \cdot 80,6} = 12,978 \text{ м}^2$$

Приймаємо одноходовий кожухотрубчастий теплообмінник із наступними характеристиками [2, с. 51]:

- діаметр кожуха 325 мм;
- труба 25x2 мм;
- кількість труб в теплообміннику 56 шт;
- довжина труб 3,0 м;
- поверхня теплообміну 13 м².

5 РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ КИП'ЯТИЛЬНИКА

5.1 Початкові дані:

Наружний діаметр кожуха D , мм	325
Довжина теплообмінних труб l , мм	3000
Зовнішній діаметр теплообмінної труби d_0 , мм	20
Товщина стінки труби S_0 , мм	2
Число ходів по трубах	1
Розрахунковий тиск в трубному просторі, МПа	1,6
Розрахунковий тиск в міжтрубному просторі, МПа	1,6
Розрахункова температура труб, °С	100
Розрахункова температура кожуха, °С	160
Матеріал кожуха	СтЗсп
Матеріал розподільної камери	СтЗсп
Матеріал теплообмінних труб	Сталь 10
Матеріал трубної решітки	Сталь 16ГС
Матеріал перегородок	СтЗсп5
Матеріал прокладок розподільної камери	пароніт
Група теплообмінника	1

5.2 Визначення розрахункових параметрів

5.2.1 Розрахункова температура

Розрахункову температуру розподільної камери $t_{\text{кам}}$, °С, визначаємо за формулою:

$$t_{\text{кам}} = 2 \cdot t_m - t_k \quad (5.1)$$

$$t_{\text{кам}} = 2 \cdot 100 - 160 = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Розрахункову температуру ізолюваних фланців визначаємо за формулою:

$$t_{\phi} = t_{\text{кам}} , \quad (5.2)$$

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

$$t_{\phi} = t_{\text{кам}} = 40 \text{ }^{\circ}\text{C} .$$

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

$$t_{\phi} = t_{\kappa} = 160 \text{ }^{\circ}\text{C} .$$

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

$$t_{\sigma} = 0,97 \cdot t_{\text{кам}} \quad (5.3)$$

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

$$t_{\sigma} = 0,97 \cdot t_{\text{кам}}$$

$$t_{\sigma} = 0,97 \cdot 40 = 39 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Розрахункова температура болтів фланцевих з'єднань штуцерів міжтрубного простору:

$$t_{\sigma} = 0,97 \cdot t_{\kappa}$$

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

5.2.2 Допустимі напружини

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

Таблиця 5.1 – Допустимі напружини деталей теплообмінника

Елементи апарата	Матеріал	Допустимі напружини, МПа		Відношення допустимих напружин, $[\sigma]_{20}/[\sigma]$
		при температурі 20 °С $[\sigma]_{20}$	при розрахунковій температурі $[\sigma]$	
Кожух	Ст3сп	154	144,4	1,066
Розподільна камера	Ст3сп	154	149	1,0336
Теплообмінні труби	Сталь 10	130	125	1,040
Трубна решітка	Сталь 16ГС	196	169,8	1,154
Перегородки	Ст3сп	154	149	1,0336
Фланці розподільної камери	Ст3сп	154	149	1,0336
Фланці кожуха	Сталь 16ГС	196	169,8	1,154
Болти кріплення фланців штуцерів міжтрубного простору	Сталь 35	130	122,4	1,062
Болти і гайки кріплення апаратних фланців і штуцерів трубного простору	Сталь 35	130	126	1,032
Примітка. Допустимі напружини при температурі 20°С і розрахунковій температурі визначені методом лінійної інтерполяції за [14].				

5.2.3 Коефіцієнти міцності зварних швів

Трубний простір теплообмінника по розрахунковому тиску, температурі і характеру робочого середовища відноситься до 1 групи апаратів [6], для якої довжина контрольованих швів складає 100% від їх спільної довжини. Для стикових швів з двостороннім суцільним проваром, виконаних автоматичною зваркою, коефіцієнт міцності зварних швів трубного простору приймаємо рівним

$$\varphi_p = 1$$

5.2.4 Робочий, розрахунковий і пробний тиск

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

Розрахунковий тиск визначаємо за формулою

$$P = \max \{ |P_m|; |P_k|; |P_m - P_k| \}, \quad (5.4)$$

де P_0 - розрахунковий тиск в трубному просторі, МПа;

P_k - розрахунковий тиск в міжтрубному просторі, МПа.

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

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

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

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

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

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 $[\sigma]_{20} / [\sigma] = 1,0$, пробний тиск складає

$$P_{пр м} = 1,25 P_m \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,25 \cdot 1,6 \cdot \frac{130}{126} = 2,1 \text{ МПа};$$

Гідростатичний тиск при випробуванні трубного простору теплообмінника

$$P_{г м} = \rho_{г} \cdot g \cdot H_c \cdot 10^{-6} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 3,67 \cdot 10^{-6} = 0,036 \text{ МПа}; \quad (5.6)$$

де H_c - висота стовпа води в трубному просторі, $H_c=3,67\text{м}$;

Гідростатичний тиск при випробуванні

$$P_{г м} = 0,036 \text{ МПа} \leq 0,05 P_{пр м} = 0,05 \cdot 2,1 = 0,1 \text{ МПа}; \quad (5.7)$$

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

$$P_{\text{вм}} = P_{\text{прт}} = 2,1 \text{ МПа}$$

Умова

$$P_{\text{вм}} = 2,1 \text{ МПа} \leq 1,35 \cdot P_m \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,35 \cdot 1,6 \cdot \frac{130}{126} = 2,23 \text{ МПа} \quad (5.8)$$

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

Для міжтрубного простору при відношенні допустимих напружин $[\sigma]_{20}/[\sigma] = 1,0336$ пробний тиск складає

$$P_{\text{прк}} = 1,25 P_k \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,25 \cdot 1,6 \cdot 1,0336 = 2,1 \text{ МПа};$$

Гідростатичний тиск при випробуванні міжтрубного простору

$$P_{\text{гвк}} = \rho_v \cdot g \cdot H_k \cdot 10^{-6} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 3 \cdot 10^{-6} = 0,03 \text{ МПа} \leq \\ \leq 0,05 P_{\text{прк}} = 0,05 \cdot 2,1 = 0,1 \text{ МПа}$$

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

$$P_{\text{ук}} = P_{\text{прк}} = 2,1 \text{ МПа};$$

Умова

$$P_{\text{вк}} = 2,1 \text{ МПа} \leq 1,35 P_k \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,35 \cdot 1,6 \cdot 1,0336 = 2,23 \text{ МПа}$$

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

5.2.5 Додатки до розрахункової товщини конструктивних елементів

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

$$C_p = C_1 + C_2 + C_3, \quad (5.9)$$

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

C_2 – додаток для компенсації мінусового допуску, мм;

Додаток для компенсації корозії і ерозії C_1 визначається за формулою

$$C_1 = \Pi \cdot \tau + C_3, \quad (5.10)$$

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

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

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

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

Добавка C_2 приймається по стандартах на прокат залежно від товщини листа за таблицею 6 [13], $C_2=0,8$ мм.

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

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

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:

$$C_2 = 0,15 \cdot S_1 \quad (5.11)$$

$$C_2 = 0,15 \cdot 8 = 1,2 \text{ мм}$$

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

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

Сума добавок до розрахункової товщини еліптичного дноща

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

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

5.3 Розрахунок товщини стінки кожуха

5.3.1 Розрахунок циліндричної обичайки кожуха

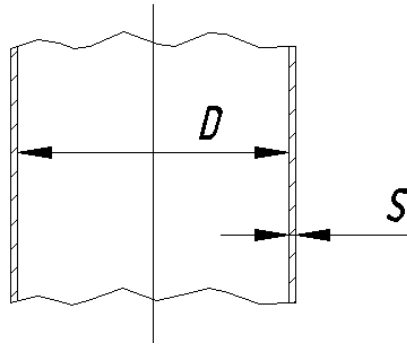


Рис. 5.1 - циліндрична обичайка

Розрахункова товщина стінки апарата визначається за формулою

$$S_p = \frac{P_k \cdot D}{2 \cdot [\sigma]_k \cdot \varphi_p - P_k}, \quad (5.12)$$

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

D – внутрішній діаметр обичайки (кожуха), $D=309$ мм;

$[\sigma]_k$ - допустима напружина для матеріалу обичайки кожуха при розрахунковій температурі, $[\sigma]_k = 144,4$ МПа;

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

$$S_p = \frac{1,6 \cdot 309}{2 \cdot 144,4 \cdot 1 - 1,6} = 1,7 \text{ мм}$$

Виконавча товщина стінки обичайки кожуха визначається за формулою

$$S \geq S_p + C, \quad (5.13)$$

$$S \geq 1,7 + 2,2 = 3,9 \text{ мм}$$

Виконавча товщина стінки обичайки кожуха теплообмінника приймається $S=8$ мм.

Визначення допустимого надлишкового тиску

Для набутого значення S розраховуємо допустимий внутрішній надлишковий тиск за формулою

$$[P] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p \cdot (S - C)}{D + (S - C)}, \quad (5.14)$$

$$[P] = \frac{2 \cdot 144,4 \cdot 1,0 \cdot (8 - 2,2)}{309 + (8 - 2,2)} = 5,3 \text{ МПа}$$

При цьому повинна виконуватися умова

$$P_k \leq [P], \quad (5.15)$$

1,6 МПа < 5,3 МПа, умова виконується.

Перевірка умов застосування розрахункових формул

Розрахункові формули застосовуються при відношенні товщини стінки до діаметру

$$\frac{S - C}{D} \leq 0,1, \quad (5.16)$$

$$\frac{8 - 2,2}{309} = 0,02 < 0,1,$$

умова виконується, отже, формули застосовуються.

5.4 Розрахунок розподільної камери

5.4.1 Розрахунок товщини циліндричної обичайки камери

Розрахункова товщина стінки камери визначається за формулою (5.12)

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

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

D – внутрішній діаметр обичайки (кожуха), $D=309$ мм;

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

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

$$S_p = \frac{1,6 \cdot 309}{2 \cdot 149 \cdot 1 - 1,6} = 1,7 \text{ мм}$$

Виконавча товщина стінки обичайки кожуха визначається за формулою (5.13)

$$S \geq 1,7 + 2,2 = 3,9 \text{ мм}$$

Виконавча товщина стінки обичайки кожуха теплообмінника приймається $S=8$ мм.

Визначення допустимого надлишкового тиску

Для набутого значення S розраховуємо допустимий внутрішній надлишковий тиск за формулою (5.14)

$$[P] = \frac{2 \cdot 149 \cdot 1,0 \cdot (8 - 2,2)}{309 + (8 - 2,2)} = 5,5 \text{ МПа}$$

При цьому повинна виконуватися умова (5.15)

$$1,6 \text{ МПа} < 5,5 \text{ МПа}, \text{ умова виконується.}$$

Перевірка умов застосування розрахункових формул

Розрахункові формули застосовуються при відношенні товщини стінки до діаметру за формулою (5.16)

$$\frac{8 - 2,2}{309} = 0,02 < 0,1,$$

умова виконується, отже, формули застосовуються.

5.4.2 Розрахунок товщини стінки днища камери

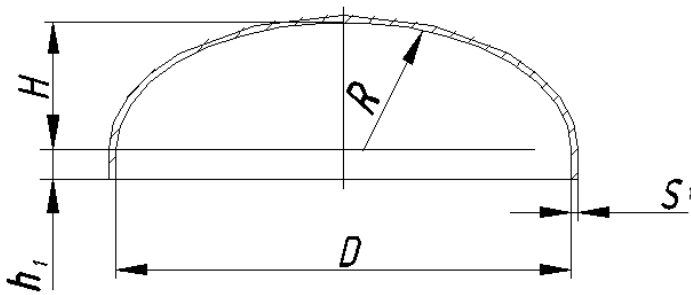


Рис. 5.2 - еліптичне днище

Розрахункова товщина стінки днища камери визначається за формулою

$$S_{1p} = \frac{P_T \cdot R}{2 \cdot [\sigma]_T \cdot \varphi_p - 0,5 \cdot P_T} \quad (5.17)$$

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, $\varphi_p=1$,

$[\sigma]_T$ - допустима напружина для матеріалу днища при розрахунковій температурі, $[\sigma]_m = 149$ МПа;

$$S_{1p} = \frac{1,6 \cdot 309}{2 \cdot 149 \cdot 1 - 0,5 \cdot 1,6} = 1,7 \text{ мм}$$

Виконавча товщина стінки днища визначається за формулою (5.13)

$$S_1 \geq 1,7 + 1,5 = 3,2 \text{ мм}$$

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

Визначення допустимого тиску

Для отриманого значення S_1 розраховуємо допустимий внутрішній надлишковий тиск за формулою

$$[P] = \frac{2 \cdot [\sigma]_{p.k} \cdot \varphi_p \cdot (S_1 - C)}{R + 0,5 \cdot (S_1 - C)}, \quad (5.18)$$

$$[P] = \frac{2 \cdot 149 \cdot 1 \cdot (4 - 1,5)}{309 + 0,5 \cdot (4 - 1,5)} = 2,4 \text{ МПа}$$

При цьому повинна виконуватися умова (5.15)

$$1,6 \text{ МПа} < 2,4 \text{ МПа}, \text{ умова виконується.}$$

Перевірка умов застосування розрахункових формул

Розрахункові формули для еліптичних днищ застосовуються при виконанні умов

$$0,002 \leq \frac{S_1 - C}{D} \leq 0,1, \quad (5.19)$$

$$0,2 \leq \frac{H}{D} \leq 0,5, \quad (5.20)$$

де H – висота опуклої частини днища, $H=77$ мм, [14].

$$0,002 \leq \frac{4 - 1,5}{309} = 0,008 \leq 0,1,$$

$$0,2 \leq \frac{77}{309} = 0,25 \leq 0,5, \quad \text{умови виконуються, отже, формули}$$

застосовуються.

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

Прийнята товщина трубних решіток повинна забезпечувати можливість кріплення труб в решітках. Для решіток, в яких кріплення теплообмінних труб

проводиться розвальцьовуванням або зваркою з подальшим розвальцьовуванням, прийнята товщина решітки повинна забезпечувати міцність і гарантований тиск герметизації вальцювального з'єднання, а також невикривлення решітки при розвальцьовуванні труб. Мінімальна товщина трубних решіток прийнята з цих міркувань:

$$S_p = 24 \text{ мм}$$

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

$$S_p \geq S_{pp} + C_p, \quad (5.21)$$

S_{pp} – розрахункова товщина трубної решітки,

C_p – сума добавок до розрахункової товщини решітки, мм.

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

$$S_{pp} = 0,5 D_e \sqrt{P/[\sigma]_p} \quad (5.22)$$

$$S_{pp} = 0,5 \cdot 32 \sqrt{1,6/169,8} = 1,55 \text{ мм}$$

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

$$S_p \geq S_{pp} + C_p \quad 24 \geq 1,55 + 1,8 = 3,35 \text{ мм} - \text{ умова виконується}$$

5.6 Розрахунок лінзового компенсатора

5.6.1 Умови застосування розрахункових формул

Розрахункові формули застосовні, якщо виконуються умови:

$$\frac{S_l}{d_n} \leq 0,035; \quad 1,08 \leq \frac{D_l}{d_n} \leq 3,00; \quad \frac{2r}{D_l - d_n} \leq 0,4 \quad (5.23)$$

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

$d_n = 325 \text{ мм}$ – зовнішній діаметр западини хвилі компенсатора;

$D_l = 475 \text{ мм}$ – зовнішній діаметр гребеня хвилі компенсатора;

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

$$\frac{S_n}{d_n} = \frac{4}{325} = 0,012 < 0,035$$

$$1,08 < \frac{D_n}{d_n} = \frac{475}{325} = 1,46 < 3,00$$

$$\frac{2 \cdot r}{D_n - d_n} = \frac{2 \cdot 14}{475 - 325} = 0,187 < 0,4$$

5.6.2 Визначення допоміжних величин

Розрахунковий діаметр западини хвилі компенсатора визначають за формулою

$$d_1 = d_n - S_n \quad (5.24)$$

$$d_1 = 325 - 4 = 321 \text{ мм}$$

Розрахунковий діаметр гребеня хвилі компенсатора визначають за формулою

$$d_2 = D_n - S_n \quad (5.25)$$

$$d_2 = 475 - 4 = 471 \text{ мм}$$

Середній радіус тороїдального переходу хвилі компенсатора розраховують за формулою

$$r_s = 0,5 (2 r + S_n) \quad (5.26)$$

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

Допоміжну величину впливу переходу розраховують за формулою

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

$$\rho_n = 2 - 100 \cdot \frac{16}{321 + 471} = -0,02 \text{ мм}$$

Розрахункову ширину пластинчастої зони хвилі компенсатора розраховують за формулою

$$b_n = 0,5 (d_2 - d_1 + \rho_n \cdot r_s) \quad (5.28)$$

$$b_n = 0,5 \cdot (471 - 321 + (-0,02) \cdot 16) = 74,8 \text{ мм}$$

Радіус закруглення пластинчастої зони хвилі компенсатора визначають за формулою

$$R_o = 0,25 (d_2 + d_1 - 2 b_n) \quad (5.29)$$

$$R_o = 0,25 \cdot (471 + 321 - 2 \cdot 74,8) = 160,6 \text{ мм}$$

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

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

$$d_{cp} = 0,5 \cdot (471 + 321) = 396 \text{ мм}$$

Характеристики хвилі визначають за формулами:

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

$$\xi = \frac{471}{321} - 1 = 0,47$$

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

$$\eta = \frac{471 - 321}{2 \cdot 16} - 2 = 2,69$$

$$\alpha = S_n / d_1 \quad (5.33)$$

$$\alpha = \frac{4}{321} = 0,012$$

$$\lambda = b_n / R_o \quad (5.34)$$

$$\lambda = \frac{74,8}{160,6} = 0,47$$

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

$$\gamma = 1 + 1,25 \cdot \frac{471}{321} - \frac{3,2 \cdot 16}{471 - 321} = 2,59$$

5.6.3 Розрахунок компенсатора на міцність

Виконавчу товщину стінки компенсатора S_n , мм, розраховують за формулою

$$S_n \geq S_{np} + C_n \quad (5.36)$$

де S_{np} – розрахункова товщина стінки компенсатора, мм;

C_n – сума добавок до розрахункової товщини стінки компенсатора, мм.

Суму добавок до розрахункової товщини стінки компенсатора при $S_n = 4,0$ мм приймають рівною не більше 0,8 мм.

Розрахункову товщину стінки компенсатора визначають за формулою

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

де

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

$$S_3 = 0,25 \cdot (471 - 321 - 2,59 \cdot 16) \cdot \sqrt{\frac{1,6}{144,4}} = 2,8 \text{ мм}$$

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

$$S_4 = \frac{1,6 \cdot 396}{2 \cdot 151 \cdot 1} \cdot \frac{80}{471 - 321 + 2 \cdot 5 + 2,3 \cdot 16} = 0,8 \text{ мм}$$

Позначення в формулах (5.36)-(5.38):

де $[\sigma]_l$ – допустима напружина для матеріалу лінзи при розрахунковій температурі, МПа;

L – виконавча довжина компенсатора, мм;

l_k – приєднувальна довжина циліндричної частини компенсатора, мм;

φ – коефіцієнт міцності подовжнього зварного шва компенсатора.

$$S_{lp} = 0,83 \cdot \sqrt{0,5 + \sqrt{0,25 + (2,79/0,8)^4}} = 2,95 \text{ мм}$$

Виконавчу товщину стінки компенсатора розраховують за формулою

$$S_l \geq S_{lp} + C_l \quad (5.40)$$

$$S_l = 2,95 + 0,8 = 3,75 \text{ мм}$$

Приймаємо:

$$S_l = 4 \text{ мм}$$

Допустимий тиск $[P]_l$, МПа, визначають за формулою

$$[P]_l = \frac{[P]_1}{\sqrt{1 + \left(\frac{[P]_1}{[P]_2}\right)^2}} \quad (5.41)$$

де

$$[P]_1 = 16 \left(\frac{S_l - C_l}{d_2 - d_1 - \gamma \cdot r_s} \right)^2 \cdot [\sigma]_l \quad (5.42)$$

$$[P]_1 = 16 \cdot \left(\frac{4 - 0,8}{471 - 321 - 2,59 \cdot 16} \right)^2 \cdot 144,4 = 2,0 \text{ МПа}$$

$$[P]_2 = \frac{2 [\sigma]_l \cdot \varphi \cdot (S_l - C_l) \cdot d_2 - d_1 + 2 l_k + 2,3 r_s}{d_{cp} L} \quad (5.43)$$

$$[P]_2 = \frac{2 \cdot 144,4 \cdot 1 \cdot (4 - 0,8) \cdot 471 - 321 + 2 \cdot 5 + 2,3 \cdot 16}{396 \cdot 80} = 5,7 \text{ МПа}$$

$$[P]_l = \frac{2,0}{\sqrt{1 + \left(\frac{2,0}{5,7}\right)^2}} = 1,88 \text{ МПа}$$

При цьому повинна виконуватися умова

$$P_k \leq [P],$$

1,6 МПа < 1,88 МПа, умова виконується.

5.6.4 Розрахунок числа лінз компенсатора

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

$$\Delta = l \cdot |\alpha_k \cdot (t_k - t_0) - \alpha_m \cdot (t_m - t_0)| \quad (5.44)$$

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

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

l - довжина труб, мм $l = 3000$ мм

$$\alpha_k = 12 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$$

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

$$\Delta = 3000 \cdot \left| \left[12 \cdot 10^{-6} \cdot (160 - 20) - 11,6 \cdot 10^{-6} \cdot (100 - 20) \right] \right| = 2,2 \text{ мм}$$

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

Необхідне число лінз в компенсаторі розраховуємо за формулою

$$n_n = \frac{\Delta}{\Delta_n} = \frac{2,2}{3} = 0,73$$

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

Жорсткість компенсатора визначаємо за додатком, $C_a = 12200$ Н.

6 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КИП'ЯТИЛЬНИКА

6.1 Виготовлення основних елементів апарата

6.1 Підготовчі роботи

6.1.1 Розмітка

Розмітку застосовують для визначення контуру деталі, місць і розмірів внутрішніх вирізів, розташування центрів отворів, розмірів фасок, місць згинання та меж механічної обробки. Розмітка також необхідна для зазначення базових площин деталей.

Робочі місця розмітки забезпечують вивіреними розмічальними плитами стелажми й столами, що дозволяють укладати розмічаємий матеріал без прогинів. Для розмітки застосовують необхідний креслярський інструмент, гнучкі або тверді шаблони. Тому що сліди розмітки повинні зберігатися в процесі виготовлення деталі, для закріплення їх використовують рисувалки й керни, якими у вигляді безперервних або пунктирних ліній фіксують розмітку. При цьому ушкоджується поверхня металу. Разом з тим розмітка сталей аустенітного класу марки 12X18H10T повинна виключати ушкодження робочої поверхні.

Для цих сталей керновка допускається тільки по лінії різання. На лист з корозійностійкої сталі розмітку й інші позначення наносять електрографом, хімічним методом або незмивними фарбами, причому на ту сторону листів, що не стикається з робітничим середовищем.

Розмітку деталей виконують із урахуванням необхідних припусків для зварювання контрольного (для контролю механічних властивостей) звареного з'єднання. Необхідна точність досягається застосуванням універсальних інвентарних шаблонів, розміткою ряду отворів від початкової точки з наростаючими числами, використанням шаблонів, виготовлених з урахуванням припусків на наступну механічну обробку (різання, строжку).

Розмітку виконують як на плоскій поверхні, так і по поверхні корпусів. При цьому наносять осьові лінії, що є осями симетрії, а також базисну лінію, розташовану поблизу кромки листа й співпадаючу з однією з ліній розмітки. Від цих ліній відкладають розміри, зазначені на кресленні.

При розмітці деталей з листа на кожну деталь наносять маркування, завірену клеймом відділу технічного контролю й відповідному маркуванню заводу - постачальника металу.

У середній частині кожної, розміченої на листі, заготовки для днищ і обичайок, поперек прокату, поза зоною наступної обробки, відповідно до ОСТ108.030.39-80 виконують маркування із вказівкою:

заводу - постачальника листа;

марки стали;

номера плавки;

номера листа;

порядкового номера днища або обичайки;

діаметра днища й товщини листа;

номера креслення.

Маркування заготовок для днищ і обичайок, що працюють під тиском, виготовлених по ОСТ26-291-79, повинна включати:

марку стали;

номер партії плавки;

номер листа (на листах при полистових випробуваннях).

На всіх обичайках повинна бути маркування із вказівкою їхнього порядкового номера й позначення виробу. Маркування розташовують у куті розкросного листа на відстані 700 мм від кромки.

У маркування для днищ включають номер днища, його розмір (діаметр, товщину). Маркування й клеймо розташовують на зовнішній опуклій поверхні днища.

Розмітку корпусів роблять після його приварки й термічної обробки. Розмітку починають із розбивки чотирьох основних осьових ліній, які наносять керном (або іншим способом) на довжині не менш 200 мм від торця. Осьові лінії нумерують. Отвори розмічають по робочих кресленнях:

У поздовжньому напрямку - від середини циліндричної частини, у поперечному - по дугових розмірах від головних осей. При відхиленні зовнішнього діаметра від номінального дугові розміри перераховуються по фактичному розміру.

6.1.2 Різання металу й обробка кромок

Допускається різання листів, труб і інших напівфабрикатів на механічних ножицях, газовим або електродуговим різанням. Газове різання частіше застосовують при вирізці заготовок для днищ.

Поздовжнє й поперечне різання листового матеріалу роблять на гильотинних ножицях прес - ножицях або дискових ножицях.

Крім того, різання металу виконують зубчастими, дисковими пилками, на відрізних верстатах.

Для різання труб застосовують трубовідрізні верстати з обертанням розрізаємої труби, і нерухомим різальним інструментом, а також верстати з нерухомою розрізаємою трубою, і з обертової резевою головкою.

Газокисневе різання складається із двох безупинно протікаючих процесів: підігріву металу в місці різа зварювальним полум'ям температурою до 1300-1500⁰С і спалюванням металу в спрямованому струмені кисню. Тому що сталь 12Х18Н10Т чутлива до місцевого нагрівання, то технологія газового або електродугового зварювання повинна виключати можливість утворення тріщин або погіршення якості металу на кромках і в зоні термічного впливу.

Для придання кромкам обрису, заданного кресленням, а також видалення шару металу, ушкодженого при різанні на ножицях або газовому різанні, кромки обробляються на спеціальних кромкостругальних верстатах.

Іноді кромки обробляють вручну або із застосуванням пневмозубила.

Кільцеві кромки піддають обробці на кромкообточних верстатах, на яких обичайка закріплюється нерухомо, а різальний інструмент при круговому обертанні має подачу уздовж її осі. Обробку крайок штампованих днищ роблять на токарно - карусельних верстатах. Штамповану заготівку днища встановлюють по центрі планшайби й закріплюють. Для обробки застосовують різці зі спрямованими пластинами із твердого сплаву. Іноді кромки скошують вогневим різанням, після якого їх ретельно зачищають. Підготовлені під зварювання кромки контролюють на відповідність кута скосу й величини притуплення заданим у кресленні, а також їхню сталість по довжині. Для контролю

застосовують спеціальні шаблони. Оброблені кромки ретельно оглядають для виявлення можливих розшарувань або інших внутрішніх дефектів металу.

6.2 Виготовлення корпусу апарата й днищ

6.2.1 Виготовлення обичайок

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

Обичайки можуть бути виготовлені вальцюванням карт, зварених у плоскому стані з декількох листів. Зварні шви в обичайках, зварених з карт, повинні бути розташовані паралельно утворюючої. Ширина листів між швами не менш 800 мм, а ширина замикаючої вставки не менш 400 мм. Поперечні зварні шви в сусідніх листах повинні бути зміщені відповідно до вказівок.

Вальцювання обичайок з листа роблять у холодному стані. З метою обмеження залишкових напружень у металі після холодного загинання обичайку варто піддати термічній обробці, або виготовляти обичайку гарячим способом (нагрівання листа до ~ 1000 °С; закінчення гнуття не нижче 700 °С).

Загинання обичайок з листів роблять на тривалкових або чотиривалкових листозагинальних вальцях, а також на загинальних пресах. У цих машинах гібка листа здійснюється обертовими валками. У тривалкових машинах загинальним є середній валік, а в чотиривалкових - бічні валки. Лист, що підлягає вальцюванню, уводять у валки й згинають його переміщенням вниз середнього валка (тривалкова машина) або підйомом нагору бічних валків (чотиривалкова машина). Загинання роблять за кілька пропусків. Після кожного пропуску кривизну листа збільшують до одержання замкнутої циліндричної обичайки. Вальцювання напівобичайок роблять до одержання відповідного заданого радіуса, і до заданої кривизни.

Тривалкова машина не дозволяє зігнути кромки листа при вальцюванні. На довжині трохи менше половини відстані між бічними валками, кромки залишаються плоскими. Тому для одержання правильної циліндричної форми

обичайок кромки попередньо підгинають. Операцію підзагинання кромок звичайно виконують на гідравлічному пресі. Можлива підзагинання кромок на тривалковій листозгинальній машині вдавненням кінця листа в загинальну матрицю.

При вальцюванні обичайок на чотиривалковій машині додаткового устаткування для подгибки кромок не потрібно.

6.2.2. Виготовлення днищ

До обичайки приварюються два еліптичних днища. Відношення висоти випуклої частини днища, обмірюване від внутрішньої поверхні, до внутрішнього діаметра приймають рівним 0,25.

Розміри й форма днищ повинні відповідати ГОСТ 6533-78.

Днища виготовляють штампуванням з одного листа. Допускається виготовлення днищ штампуванням заготовки, звареної із двох і більше листів. Зварені листи розташовують по хорді на відстані від центра не більше 440мм. В окремих випадках застосовують днища, виготовлені з попередньо відштампованих пелюстків і сферичного диска, з розташуванням зварних швів тільки по меридіональному й круговому перерізах.

Кругові шви розташовують на відстані не менш 550мм від центра днища. Мінімальна відстань між меридіональними швами приймають не менш 100мм. Днища зі штампованих елементів зварюють стиковими швами із двостороннім проваром.

Днища штампують у гарячому стані з одного нагрівання. Температурний інтервал штампування 850-950⁰С. Штампування здійснюється протяганням. Штамп складається із циліндричного пуансона з еліпсоїдною торцевою поверхнею, виконаної за формою днища. Матриця являє собою протяжне кільце, встановленого на столі преса на підставних стійках. Під час штампування пуансон, рухаючись униз, протягує нагріту заготовку через матрицю. При цьому заготовка облягає пуансон і, охолоджуючись, затискає його. Відштамповане днище знімають із пуансона при зворотному ході за допомогою зривників. Днище

падає на підкладну плиту, встановлену на столі преса, і разом з нею витягається з робочого простору .

При однаковому технологічному процесі існує кілька способів виготовлення днищ штампуванням. Ці способи в основному відрізняються застосовуваним устаткуванням і оснащенням.

6.2.3. Установка штуцерів

Отвори для встановлення штуцерів на обичайці й днищах слід розміщати від кромки ближнього зварного шва від 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 .

Відстань від кромки отвору до початку закруглення відбортованого коміра або приварного штуцера в днище, обмірюване по хорді, повинне бути не менш товщини стінки днища.

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

У зварених швах днищ, установка штуцерів і люків може бути зроблена тільки після 100 % - ного контролю зварених з'єднань просвічуванням або ультразвуковою дефектоскопією.

При установці штуцерів і люків зі зміцнювальними кільцями повинне бути забезпечене повне прилягання кілець до поверхні елемента; зазор в окремих місцях не повинен бути більше 3 мм. Зміцнювальні кільця можуть бути виготовлені звареними з декількох частин (не більше чотирьох); при цьому всі зварні шви повинні бути проварені на повну товщину кільця. Якщо зміцнювальне кільце частково перекривають зварене з'єднання корпуса або днища апарата,

перекриваємі ділянки зварених швів зачищають врівень із зовнішньою поверхнею корпусу або днища, і перевіряють ультразвуковою дефектоскопією або просвічуванням по всій довжині. У кожному зміцнювальному кільці або кожній частині кільця виконують контрольний отвір з різьбленням М10, що при експлуатації залишається відкритим.

6.3 Конструкція й розташування зварених з'єднань

При виготовленні, ремонті й монтажі елементів устаткування в основному застосовують зварені з'єднання - стикові й кутові з повним проваром перетину шва. Зварювання обичайок і труб, приварення днищ, люків виконують стиковими швами.

Кутові зварені з'єднання з конструктивним зазором - можуть бути допущені при зварюванні штуцерів і труб із внутрішнім діаметром не більше 100 мм до апарата.

Поздовжні й поперечні шви в обичайці, трубах, а також приварення днищ, штуцерів, люків і т.д., повинні бути розташовані так, щоб можна було проводити візуальний огляд швів, контроль якості, (просвічуванням, ультразвуковою дефектоскопією або іншим ефективним методом не руйнуючого контролю) і усунути дефекти.

Число зварних з'єднань, виконуваних при виготовленні, монтажі й ремонті повинне бути мінімальним. Не рекомендується розташовувати зварені з'єднання в місцях концентрації напруг і на ділянках, підданих дії згинаючого навантаження.

Конструкція й розташування зварених з'єднань не повинне обмежувати можливості їхнього якісного виконання й проведення контролю всіма передбаченими методами в процесі виготовлення, монтажу й експлуатації об'єкта .

Поздовжні зварені з'єднання елементів не повинні бути продовженням один іншого в з'єднують елементах, осі зазначених з'єднань зміщають на 100мм .

Зварені з'єднання не повинні перекриватися опорами . При примиканні опори до звареного з'єднання відстань від неї до звареного шва повинне бути таким , щоб можна було виконувати необхідний контроль у процесі експлуатації .

Приварку внутрішніх корпусних елементів і пристроїв допускається з перетинанням основних стикових швів, якщо розрахункова величина кутового шва не більше 50 % номінальної товщини стінки корпуса й не більше 10мм .

6. 4 Збирання й зварювання корпуса

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

6. 5 Кріплення труб в трубних решітках

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

Труби закріплюють в трубних решітках зварюванням з наступним розвальцюванням

6.2 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.

6.6 Випробування після виготовлення

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

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

Тиск при випробуванні повинний контролюватися двома манометрами.

Тиск треба підвищувати 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.

7 РЕМОНТ КИП'ЯТИЛЬНИКА

7.1 Класифікація ремонтів і об'єми ремонтних робіт за видами ремонтів.

Система технічного обслуговування і ремонту устаткування, окрім міжремонтного технічного обслуговування передбачає два види ремонтів – поточний і капітальний. Крім того, для деяких видів складного устаткування допускається проведення додаткового капітального ремонту зменшеного об'єму.

Технічне обслуговування – це комплекс робіт для підтримки працездатності устаткування між ремонтами. У об'єм технічного обслуговування входить експлуатаційний відхід (обтирання, чищення, зовнішній огляд, виявлення всіх несправностей, які потім фіксуються в змінному журналі і усуваються силами експлуатаційного і обслуговуючого персоналу) і дрібний ремонт устаткування (усунення дрібних дефектів, вказаних в змінному журналі). Об'єм технічного обслуговування устаткування визначається в технічній документації заводу-виготівника.

Поточний ремонт – це ремонт, що виконується з метою забезпечення або відновлення працездатності устаткування і полягає в заміні і відновленні його окремих складових частин. Поточний ремонт включає часткове розбирання апарату і заміну простих зношених елементів на місці експлуатації без використання стаціонарного устаткування (наприклад: верстатів).

Поточний ремонт проводиться на підставі річного і місячного графіків ППР устаткування цеху.

У об'єм робіт при поточному ремонті випарного апарату входять операції по технічному обслуговуванню, заміна прокладок, заміна кріплення, зовнішній огляд трубопроводів, що підводять, з підтяжкою фланцевих з'єднань в місцях пропуску.

Капітальний ремонт зменшеного об'єму – ремонт, що виконується для забезпечення або відновлення справності, а також повного або близького до повного відновлення ресурсу устаткування, при цьому здійснюється заміна або відновлення будь-яких його частин, включаючи базові.

У об'єм капітального ремонту зменшеного об'єму входять наступні роботи:

1. Відключення апарату від комунікацій, що діють, з установкою заглушок.
2. Всі роботи поточного ремонту.
3. Розбирання і збірка апарату для внутрішнього огляду.
4. Чищення і огляд поверхні трубних грат, трубного пучка.
5. Ремонт корпусу
6. Заміна прокладок.
7. Ревізія замочної арматури, опресовування при необхідності ремонт.
8. Ремонт трубопроводів, що підводять.
9. Гідровипробування на щільність і міцність корпусу апарату.
10. Фарбування (при необхідності).

Капітальний ремонт – це ремонт, здійснюваний з метою відновлення справності, і повного (або близького до повного) відновлення ресурсу устаткування із заміною або відновленням будь-яких його частин (включаючи базові) і їх регулюванням.

У об'єм капітального ремонту входять наступні роботи:

1. Всі роботи поточного і капітального ремонту зменшеного об'єму.
2. Заміна повна або часткова труб трубного пучка.
3. Перевірка товщини стінок корпусу і його ремонт.
4. Перевірка зварних швів апарату.
5. Заміна зношених і прокородированих трубопроводів обв'язування пари і розчину аміачної селітри.
6. Ремонт фундаменту (при необхідності).
7. Гідровипробування на щільність і міцність корпусу апарату і трубного пучка.
8. Фарбування(при необхідності)..

Повний перелік робіт, необхідних для виконання під час капітального ремонту випарного апарату, відбивається у відомості дефектів.

7.3 Підготовка апарату до ремонту і прийом його в ремонт.

Виведення устаткування в ремонт здійснюється по письмовому розпорядженню начальника цеху, в якому указується особа, відповідальна за виведення устаткування в ремонт і підготовку до ремонту . На підставі письмового розпорядження начальника цеху, заст. начальника цеху в журналі розпоряджень по цеху висловлює і підписує порядок виведення устаткування в ремонт.

Об'єм робіт з підготовки до ремонту апарату визначається вимогами інструкції "Про порядок здачі і прийому устаткування (комунікацій) в ремонт і з ремонту".

Після виконання заходів щодо підготовки до ремонту апарату оформляється "Акт здачі устаткування в ремонт" (форма №4А-МИ), який підписується особою, відповідальною за підготовку до ремонту (майстром зміни) і заступником начальника цеху.

Після того, як механік цеху особисто переконається у виконанні всього об'єму робіт з підготовки до ремонту випарного апарату відповідно до вимог п.2.6. інструкції, він підписує акт форми №4А-МИ про прийом в ремонт апарату.

При передачі апарату в ремонт стороннім організаціям за три місяці до виконання робіт виконавцям передаються наступні документи:

1. Відомість дефектів – у трьох екземплярах
2. Смети- у трьох екземплярах.
3. Креслення і схеми на апарат.
4. Технічні умови на ремонт апарату.

Всі роботи ті, що проводяться сторонніми організаціями повинні виконуватися згідно типової інструкції " Про порядок безпечного проведення ремонтних робіт на підприємствах Міністерства по виробництву мінеральних добрив (ТІ-МУ-87)".

До початку ремонтних робіт: цех зобов'язаний скласти план підготовчих робіт, придбати необхідне устаткування і матеріали по заздалегідь складених заявках,

підрядчик складає і затверджує проект виробництва робіт. Ремонтний персонал підрядчика має право виконувати роботи тільки на тих робочих місцях які визначені нарядом- допуском.

Акт на здачу устаткування в ремонт форми №4А-МІ оформляється в двох екземплярах, один з яких передається механіком цеху виконавцеві робіт від підрядної організації під розпис.

7.4 Правила дефектації і методи та виявлення дефектів.

При підготовці устаткування до ремонту і в процесі його розбирання проводиться тріступінчата дефектація: попередня, поузлова, подетальна.

Попередня дефектація здійснюється за два-три місяці перед зупинкою устаткування на ремонт. Вона передбачає виявлення найбільш вірогідних дефектів і несправностей. При цьому використовуються записи в ремонтних журналах, зроблені в процесі експлуатації, технічного обслуговування і попередніх ремонтів. Попередня відомість дефектів служить організаційним документом для підготовки до ремонту.

Поузлова дефектація проводиться при розбиранні устаткування. При поузловій дефектації виявляються відхилення вузлів від заданого взаємного положення згідно креслень заводу виготівника.

При подетальній дефектації визначається можливість повторного використання деталей і характер необхідного ремонту.

Дефектація вузлів і деталей проводиться тільки після їх очищення і промивки.

При дефектації застосовуються наступні види контролю: зовнішній огляд – виявлення видимих пошкоджень (вимір товщини стінок корпусу і днища апарату) – визначення величини зносу, корозії, контроль взаємного розташування поверхонь, визначення вигину, викривлення, відхилення від осей.

Визначення дефектів, невидимих оку (виявлення мікротріщин, розшарування металу, стан структури металу, якості зварних швів), проводиться методами неруйнуючої дефектоскопії (рентгенографія, ультразвукова, кольорова, магнітна). Методи контролю і дефекти, що виявляються ними, вказані в таблиці 7.1.

Всі виявлені дефекти заносяться у відомість дефектів і усуваються в процесі ремонту.

Таблиця 7.1.

<i>Метод контролю</i>	Вид дефекту
Візуально-оптичний	Вм'ятини, гофри, хвилястість, випучини і ін. деформації корпусу і внутрішніх елементів. Корозія поверхні, тріщини.
Ультразвуковий (ГОСТ 14782-76)	Тріщини в металі шва і околшовної зоні, в основному металі,

	розшарування металу.
Капілярний: люмінесцентний або кольоровий (ГОСТ 23349-78)	Тріщини зварного шва, біля зони шва і основного металу, що виходять на поверхню, корозійне розтріскування, пори.
Радіографічний (ГОСТ 7517-72)	Внутрішні дефекти зварних швів і основного металу, зони ураження корозією.
Електроіндуктивний (метод вихрових струмів)	Відкриті і закриті поверхневі і підповерхневі дефекти, малорозкриті тріщини.
Магнітопорошковий	Поверхневі і підповерхневі тріщини, волосовина, неметалічні включення, флокени, надриви і ін.
Гаммаграфічний	Внутрішні приховані дефекти.
Гідравлічні випробування	Локальні крапки в зварних швах, свищі, крізні пори, тріщини і ін.

7.5. Дефекти корпусу.

Для корпусних елементів найбільш характерні:

- 1) механічні пошкодження у вигляді тріщин, вм'ятин, забоїн ;
- 2) знос ущільнюючих поверхонь;
- 3) корозійний знос у вигляді загального і місцевого стоншування стінок;
- 4) відшаровування і здуття поверхневого шару металу;
- 5) воднева корозія;
- б) дефекти зварних швів.

7.6. Дефекти штуцерів.

Штуцера апарату вибраковуюються, як правило, при обнаруженні:

- тріщин всіх видів і напрямів;
- корозійного і ерозійного зносу;
- розшарувань металу.

7.7. Дефекти фланців.

Найбільш характерними для фланців є дефекти:

- вм'ятини, ризики і тріщини;
- суцільна, точкова або виразкова корозія.

Дефекти поверхонь ущільнювачів для фланців не повинні перевищувати допустимих значень, приведених в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2.

№ п/п	Опис дефекту	Розмір, мм		
		ширина, мм	глибина, мм	довжина, мм
1.	Сліди точкової і зосередженої корозії	-	0,15	-
2.	Вм'ятини	2,0	1,0	2,0
3.	Ризики подовжні	0,5	0,1	110
4.	Ризики поперечні некрізні з боку більшого діаметру поверхні ущільнювача	0,3	0,3	0,4 ширина поверхні ущільнювача

7.8. Дефекти труб і трубних решіток.

До найбільш вірогідних і основних дефектів трубного пучка гріючої камери належать пропуски в місцях кріплення (вальцювання) теплообмінних труб в трубних решітках і розгерметизація труб в разі корозійної і ерозійної дії технологічних середовищ.

Основними дефектами трубних грат є:

- 1) корозійне руйнування поверхонь унаслідок контакту з робочим середовищем;
- 2) наявність забоїв на поверхнях ущільнень;
- 3) поява тріщин в місцях вальцювання теплообмінних труб.

7.9. Ремонт корпусу

Роботи по ремонту корпусу і його елементів проводяться за наслідками вимірів товщини стінок, обстеження і контролю зварних швів, механічних, корозійних і інших пошкоджень.

Ремонт полягає у видаленні дефектних ділянок, накладенні нових швів, установці латок або наплавленні металу.

Ремонт корпусних деталей апарату проводиться шляхом заміни дефектних ділянок.

Для корпусних елементів найбільш характерні:

- 1) механічні пошкодження у вигляді тріщин, вм'ятин, забоїв, обрив внутрішніх і зовнішніх устроїв;
- 2) знос ущільнюючих поверхонь;
- 3) корозійний знос у вигляді загального і місцевого стоншування стінок;
- 4) відшаровування і здуття поверхневого шару металу;
- 5) дефекти зварних швів.

Способи відновлення корпусу, що рекомендуються:

- 1) оброблення пошкоджень до непошкодженого металу з подальшою заваркою;
- 2) видалення пошкодженої царги з подальшою вваркою нової царги.

При зменшенні товщини стінки корпусу апарату, в результаті суцільної корозії, більш мінімальної товщини стінки, корпус апарату відбраковується і ремонту не підлягає.

При зменшенні товщини стінки корпусу апарату, в результаті місцевої корозії, більш мінімальної товщини стінки і при займаній площі більше 1м² допускається замінити частину корпусу. При меншій площі корозії рекомендується встановлювати латку з попереднім видаленням дефектної ділянки.

Зварку тріщин, корозійних і ерозійних дефектів прозвести з урахуванням наступних вимог:

- 1) для запобігання розповсюдженню тріщин їх кінці засверлити свердлом 06-12 мм;
- 2) зачистити дефектне місце металевою щіткою і шліфмашинкою на відстані не менше 50 мм на сторону;
- 3) вибрати дефект до повного видалення і підготувати кромки (кут 50-60°) під зварку;
- 4) заварити підготовлене оброблення на 3-5 мм вище за поверхню стінки корпусу;
- 5) зачистити урівень з поверхнею корпусу виправлене місто шліфмашинкою.

Установку на корпусі і його елементах латок, штуцерів, фланців і, відповідно, оброблення кромки під зварку, і наплавлення проводити згідно проекту ПКО. Зварювальні роботи виконуються по програмах розробленим Головним зварювачем і затверджених Головним механіком.

Якість підготовки дефектних місць під зварку, а також якість виконаної зварки (наплавлення) перевірити одним з методів, неруйнуючого контролю або їх комбінацією (див. таблиці, 7.1.).

За даними паспорта випарного апарату завод-виготівник піддав термообробці всі деталі і елементи корпусу грючої камери, що необхідно враховувати при виробництві ремонтних робіт. У разі заміни обичайок

корпусу, кришок і інших елементів термообробка їх обов'язкова. Це повинно бути передбачено проектом ПКО на ремонт апарату.

7.9. Ремонт фланців.

Ризки, забоїни і інші невеликі дефекти, глибина яких не перевищує 0,1 мм, вивести з поверхні елементів ущільнення фланців притиранням, шабренням або пришліфовуванням по місцю.

Глибші ризки, вм'ятини, забоїни і тому подібне пошкодження усунути проточкою за допомогою спеціальних переносних або стаціонарних пристосувань, або на верстаті.

Глибокі ризики, тріщини, раковини і забоїни по всій поверхні ущільнення фланця ремонтуються наплавленням з подальшою проточкою на верстаті, або фланець замінюється на новий з того ж матеріалу.

7.10. Ремонт штуцерів.

Усунення дрібних дефектів провести механічним обробленням місць і їх заваркою або наплавленням.

Видалення старого (дефектного) штуцера переважно проводити механічним способом.

Допускається місцеве наплавлення кромки отвору або наплавлення на зовнішній поверхні штуцера, якщо після видалення дефектного штуцера отвір в корпусі (кришці, днищі) вийшов овальної форми або більшого діаметру, чим потрібний. При цьому:

- 1) товщина наплавленого шару, як на корпусі, так і на штуцері повинна бути не більше 10 мм, а після механічної обробки – 8мм;
- 2) ширина наплавленого металу по створюючій штуцера повинна бути більше товщини стінки на 15-20 мм;
- 3) наплавлену поверхню слід обробити і проконтролювати неруйнуючими методами на відсутність тріщин.

7.11. Ремонт труб і трубних грат.

Що входить до числа ремонтних операцій чищення внутрішніх поверхонь теплообмінних трубок гріючої камери може бути проведена одним з трьох способів. Рекомендуються наступні методи очищення:

- а) хімічний;
- б) механічний (для нерозчинних відкладень)
- в) спеціальний.

Хімічне очищення проводиться 5 - 15% розчином соляної кислоти з добавкою інгібіторів.

Механічне очищення здійснюється за допомогою свердел, щіток (йоржів), бурів з подачею води або повітря для видалення продуктів очищення труб.

Очищення труб за допомогою води і повітря (гідропневматична) здійснюється повітряним пістолетом. Повітря під тиском 0,7 - 0,8 МПа і вода під тиском 0,5 - 0,6 МПа подаються шлангами. Гідропневматичне очищення труб в 8-10 разів скорочує час в порівнянні з механічною.

Гидромеханічний метод очищення труб.

Вода насосами високого тиску подається в порожнисту штангу, на кінці якої встановлено сопло. Струмінь води під великим тиском ріже і обриває відкладення від стінок поверхонь, що очищаються.

Ультразвуковий метод очищення.

Ультразвукові перетворювачі через голівки з вібраторами, що встановлюються в рідині (воді) усередині труб, що очищаються, дозволяють повністю видалити тверді відкладення, що руйнуються під тиском ультразвукових коливань і вимиваються звукопередаючим середовищем.

У трубних ґратах кінці теплообмінних труб кріпляться розвальцьовуванням. Ремонт вузла полягає в усуненні розгерметизації вальцювального з'єднання, релаксації напруги тих, що виникли в наслідку корозії, дії циклических і термоциклічних навантажень.

Порушення герметичності може бути викликане порушенням цілісності труб або ослабленням вальцювального з'єднання. У першому випадку текти усунути установкою конічних пробок з обох боків дефектної

трубки, а в другому - розвальцьовуванням з застосуванням інструменту з ручним, пневмо- або електроприводом.

При виході з ладу більше 10% теплообмінних труб всі вони замінюються повністю.

Дефектні трубки видаляються за допомогою спеціального устаткування або уручну з використанням облямівування.

У трубних гратах всі отвори зачищаються від задирок, окалини, бруду і тому подібне. Перед установкою трубок отвору в гратах продуваються повітрям і досуха протираються.

Нові трубки, що вставляються, відрізаються по довжині трубного пучка з надбавкою 8-10 мм довжини на сторону. Кінці трубок зачищаються до металевого блиску на довжину, рівну товщині грат із збільшенням 10 мм на сторону.

Зазор між зовнішнім діаметром трубки і отвором в гратах не повинен перевищувати 1,5% діаметру трубки.

Якість проведеного розвальцьовування оцінюється по висновкам виміру внутрішнього діаметру трубок а також при проведенні гідровипробувань апарату по відсутності течії в місцях розвальцьовування.

Корозійні дефекти, тріщини на торцевих поверхнях трубних грат, забоїни, вм'ятини, ризики на поверхні ущільнення усуваються відповідним обробленням дефектних місць з подальшою заваркою або наплавленням і механічною обробкою (зачисткою, шліфовкою, шабренням).

Трубні решітки вибраковуються:

-при перевищенні допустимого розміру діаметрів отворів під теплообмінні трубки

-при виявленні крізних тріщин, подовжніх рисок, свищів, пір, раковин в стінках отворів

Заміна грат проводиться в умовах РМЗ, де після видалення теплообмінних трубок, дефектні трубні грати замінюються на нові. Потім вмонтовуються теплообмінні трубки, проводиться їх розвальцьовування, контрольні виміри і гідровипробування.

7.12. Збирання кип'ятильника

Збирання апарату проводиться відповідно до вимог складального креслення а також з прикладеної до паспорта інструкції по монтажу і експлуатації.

Порядок збірки полягає в наступному:

- 1) встановивши прокладки, провести монтаж кришок;
- 2) обтягнути кріплення на фланцевому з'єднанні кришок з корпусом кип'ятильника;
- 3) приєднати технологічні трубопроводи до всіх штуцерів апарату, встановивши прокладки, і затягнувши кріплення фланцевих з'єднань.

3. У разі виникнення необхідності опресовування трубного пучка, кришки не встановлювати до закінчення гідровипробувань.

7.13. Випробування кип'ятильника.

Після закінчення ремонтних робіт виконати випробування апарату в два етапи:

- 1) випробування по міжтрубному простору при знятій кришці;
- 2) випробування по трубному простору при повністю зібраному випарному апараті.

Воду для випробувань трубного пучка застосовувати демінералізовану. Температура води для випробувань апарата має бути не нижче 5°C і не вище 40°C.

Як воздушник при заповненні водою міжтрубного простору використовується вварна бобишка з різьбовою пробкою в штуцері виходу пари, а при заповненні трубчатого простору - така ж бобмшка з пробкою в штуцері входу продукту. Ці ж бобишки можуть бути використані для установи контрольних манометрів при випробуванні.

Апарат визнається таким, що витримав гідравлічні випробування якщо:

- в процесі випробування не виявлено падіння тиску по манометру, течі, крапель, потіння на протязі п'яти хвилин.
- не виявлені залишкові деформації після випробувань;

Результати випробувань апарату, контролю зварних з'єднань, виконаних при капітальному ремонті, фіксуються в паспорті і ремонтному журналі.

7.14. Прийом апарату з ремонту в експлуатацію.

Прийом апарату з ремонту в експлуатацію проводиться після виконання всіх робіт, передбачених відомістю дефектів і проведення всіх видів випробувань з позитивними результатами.

Прийом апарату з ремонту в експлуатацію проводиться на підставі вимог розділу 7 інструкцій "Про порядок здачі і прийому устаткування (комунікацій) в ремонт і з ремонту" з складанням акту формою №4А-МИ.

Після прийому устаткування з ремонту керівник ремонтного підрозділу зобов'язаний зробити запис про проведений ремонт в паспорті і ремонтному журналі на дане устаткування.

8 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

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

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

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

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

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

4 Хімічні опіки при попаданні агресивних речовин на шкіру.

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

6 Обмороження при зіткненні із зрідженими газами.

7 Поразка електричним струмом при несправності електроустаткування.

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

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

10 Шкідливі викиди в робочу зону та водоймища.

8.1. Газонебезпечні роботи

У процесі підготовки встаткування до газонебезпечних робіт повинен бути виконаний весь комплекс підготовчих робіт, передбачених у відповідних інструкціях і наряді-допуску. При цьому повинні бути вжиті заходи по зниженню ступеня небезпеки газонебезпечної роботи шляхом скидання тиску, видалення шкідливих і вибухонебезпечних продуктів, а також по запобіганню можливих джерел іскрообразування

Допускаються до виконання газонебезпечних робіт особи не молодше 18 років, що пройшли медичний огляд, навчені у ВГСО безпечним методам і прийомам роботи, застосуванню засобів захисту органів дихання, правилам і прийомам надання першої медичної допомоги потерпілим і минулою перевіркою знань у встановленому порядку, і минулий інструктаж на місці роботи. Електроприводи механізмів, що рухаються, повинні бути знеструмлені від джерел живлення видимим розривом і обокремлені від взаємодіючих механізмів. На пускових пристроях електроприводів і в електророзподільних пристроях вивішуються заборонні плакати "Не включати - працюють люди!", які знімаються по закінченні робіт з розпорядження відповідального за проведення робіт

Місце проведення газонебезпечної роботи повинне бути позначене й обгороджено, а при необхідності виставлені пости з метою недопущення проникнення сторонніх осіб у небезпечній зоні й на небезпечному об'єкті.

Роблять аналіз повітряного середовища на зміст кисню, а також шкідливих, вибухонебезпечних і вибухопожежезабезпечених речовин із записом результатів у наряді-допуску.

Проводять перевірку наявності й справності засобів індивідуального захисту, інструментів, пристосувань і інших засобів забезпечення безпеки осіб які ремонтують даний об'єкт. Проводиться інструктаж бригади й перевіряється їхнє вміння користуватися засобами захисту, знання безпечних прийомів роботи й надання першої медичної допомоги.

Газонебезпечні роботи з установки заглушок на трубопроводах діаметром до 200 мм включно, що перекачують рідкі органічні речовини, кислоти, аміак, аміачну воду, парогазові фази повинні починатися в присутності відповідального

за проведення робіт, представника ВГСО або члена ДГСД. Установка заглушок діаметром більше 200 мм вироблятися при постійній присутності відповідального за проведення робіт.

Роботи виконувані у вибухонебезпечних приміщеннях, повинні виконуватися із застосуванням інструментів і пристосувань не іскор, що створюють, і в спецодязі й спецвзутті. Для висвітлення застосовують переносні світильники напругою не вище 12У іл акумуляторні лампи, що мають відповідний рівень вибухозахищеності, що відповідає групі й категорії вибухонебезпечного середовища. Напередодні проведення газонебезпечних робіт відповідальний за її проведення зобов'язаний повідомити у ВГСО про час початку ведення газонебезпечних робіт.

Перед початком, і в процесі проведення газонебезпечних робіт необхідно провести аналіз стану повітряного середовища на місці проведення робіт. Виконувати газонебезпечні роботи треба бригадою в складі не менш двох чоловік (працюючий і що спостерігає). Члени бригади повинні бути забезпечені відповідними засобами індивідуального захисту, спецодягом, спецвзуттям, інструментами, пристосуваннями й допоміжними матеріалами.

Відповідальний за проведення робіт опитує кожного члена бригади про самопочуття.

Входити в газонебезпечне місце можна тільки з дозволу відповідального за проведення робіт, у відповідних засобах захисту, одягнених за межами небезпечної зони.

Застосування засобів індивідуального захисту повинні відповідати вимогам стандартів і технологічних умов.

Для проведення роботи усередині ємності повинна призначатися бригада в складі не менш двох чоловік (працюючий і що спостерігає). Газонебезпечні роботи усередині ємності проводяться при постійній присутності газорятіика. Працівники перед спуском у ємність повинні надягти рятувальних пояс із сигнально-рятувальною мотузкою. Перед вдяганням пояса треба переконатися, що пояс випробуваний.

При проведенні робіт усередині ємності наблюдаючий повинен перебувати в люка (лазу) ємності, маючи при собі ізолюючий протигаз у положенні "Напоготові".

8.2. Електро- газозварювальні роботи

При електро-газозварювальні роботах зварникові й допоміжним робітником необхідно захисні окуляри, що захищати органи зору від дії електродуги.

Для видалення шкідливих газів і шкідливих речовин, що утворюються при роботі зварника його постійне робоче місце обладнається витяжною вентиляцією.

Місця проведення зварювальних робіт можуть бути:

- Постійними (майстерні, спеціально відведені площадки),
- Тимчасовими - коли вогневі роботи проводяться при ремонті або монтажі встаткування, комунікацій, конструкцій.

Зварювальні роботи на тимчасових робочих місцях проводяться тільки після оформлення "дозвіл на проведення вогневих робіт".

Робочі місця для зварювання, різання, наплавлення захищаються щитами або ширмами з негорючих матеріалів.

На кожне робоче місце для електро-газозварювальні робіт повинне бути відведене не менш 4м^2 , крім площадки, займаної зварювальні встаткуванням і проходами. Ширина проходу не менш 1м.

Вимоги безпеки перед початком робіт:

- Одержати розпорядження на виконання газозварювальні робіт від безпосереднього керівника.

- Брезентова куртка повинна бути застібнута на всі гудзики, клапани кишень випущені назовні, куртка одягнута на випуск на штани. Штани повинні бути надягнуті поверх черевиків і надійно закривати їх. Взуття повинна бути обов'язково зашнурована. Рукава куртки повинні перебувати поверх рукавиць і щільно прикривати їх.

- Перевірити справність інструмента, застосовуваного в роботі, запобіжних пристосувань (захисних стекол і ін.), при виявленні несправностей повідомити керівникові.

- Перевірити наявність і справність газозварювальні встаткування.

Правила безпеки при виконанні робіт:

При проведення вогневих робіт, робоче місце відгородити, вивісити попереджуючі знаки безпеки.

Електрогазозварювальні встаткування на увесь час експлуатації повинне бути заземлене.

Балони повинні бути надійно закріплені, або лежати на підставках.

Двері, що з'єднують приміщення, де виконуються вогневі роботи, із суміжними приміщеннями повинні бути закриті.

Перевірити робоче місце. Технологічне встаткування, трубопроводи, на яких будуть проводитися вогневі роботи, повинні бути наведені в пожеже-вибухобезпечний стан (промиті, продутий пором або інертний газ, відібрані аналізи повітря на відсутність горючих газів і шкідливих речовин в апаратах, трубопроводах; об'єкт повинен бути охолоджений до температури не вище 30⁰С. Усередині ємності електрозварювач повинен працювати у відповідних засобах захисту: у діелектричних рукавичках, калошах, зі шланговому протигазі й захисному шоломі, а також у підлокітниках і наколошниках, роботу робити коштуючи на діелектричному . У запобігання влучення розплавлених часток металу на сусідні поверхи, близько розташоване встаткування всі вентиляційні й технологічні люки,(шибери, затвори), прорізи в перекриттях, у стінах і перегородках приміщень повинні закриті негорючими матеріалами.

Правила безпеки по закінченню робіт:

По закінченні електро-газозварювальні робіт необхідно:

1. Погасити полум'я пальника (різака), заклавши спочатку вентиль ацетилену, потім кисню.

2. Закрити вентиль на кисневому балоні, скинути тиск кисню з редуктора поворотом регульовального гвинта проти вартовий стрілки.

3. Закрити вентиль на ацетиленовому балоні, скинути надлишковий тиск ацетилену з редуктора й рукавів.

4. Відокремити рукава від редукторів, згорнути їх у бухти.

5. Упорядкувати робоче місце, переконатися у відсутності тліючих матеріалів.

6. По закінченні роботи посада безпосередньому керівникові про всі несправності на робочому місці.

6. Вимити особа й руки або прийняти душ в обладнаній душовій побутового приміщення.

8.3. Проведення такелажних робіт

До роботи з піднімальними механізмами допускаються особи, що мають посвідчення на право керування піднімальними механізмами. До виконання такелажних робіт допускаються робітники, що досягли 18 - літнього віку, що мають посвідчення на право виконання робіт. Такелажники повинні виконувати навантаження у вивантаження, у спецодязі й у рукавицях. При підйомі або опусканні вантажу небезпечна зона повинна бути обгороджена.

Перед початком роботи стропальник повинен перевірити справність вантажозахватних пристроїв і наявності на них клейм або бирок з позначенням вантажопідйомності, і строком випробування, а також справність тари й наявність на ній напису про призначення й вантажопідйомність.

Стропальник повинен підняти вантаж механізмом на висоту 20 див., що б вантаж зафіксувався в стропах, а потім продовжувати його переміщення.

Стропальник повинен знати порядок обміну сигналами при роботі піднімальних механізмів і кранів і чітко подавати їхньому машиністові.

На місці виробництв такелажних робіт забороняється перебувати стороннім особам.

Стропальникові забороняється стропувати вантаж, що перевищує піднімальну силу піднімальних механізмів і вантажозахватних пристроїв (стропів, тягових канатів і ін.).

Всі блоки й гаки повинні бути в повній справності й на гаку зазначена дата наступного випробування.

Забороняється підтаскувати вантажів, що перебувають на землі.

Гак крана, установлюється точно над вантажем, що підлягає підйому, а в стропа, канати або ланцюги накладаються рівномірно, без вузлів і петель. На гострих краях вантажу, у місцях зіткнення стропа повинні бути встановлені прокладки.

При підніманні й переносі вантажу вручну вага вантажу не повинен перевищувати 50 кг на людину.

Забороняється підйом і переміщення кранами людей.

8.4. Правила безпеки при роботі на висоті

Робота на висоті - роботи виконувані на висоті 1,3м від поверхні ґрунту, перекриття або робітника настилу над яким виробляються роботи з монтажних пристосувань або безпосередньо з елементів конструкцій устаткування. Лісу по всій висоті повинні бути прикріплені до міцних частин будинків і споруджень.

Навантаження на настили лісів і риштовання не повинна перевищувати припустимій-припусти-дозволеній вазі.

Забороняється скупчення людей на настилах .

Настили лісів, повинні бути обгороджені поруччям висотою не менш 1 м мати один проміжний елемент. Настил повинен мати відбортовку висотою не менш 15 див.

Працюючі на висоті повинні бути постачені ящиками або сумками для перенесення й зберігання інструментів, і інших дрібних деталей. Забороняється, провадження робіт на двох або більше ярусах по одній вертикалі без захисних козирків.

Для роботи на висоті можуть застосовуватися приставні сходи. Приставні сходи повинні бути випробуваними, міцного й зручними для пересування. Нижні кінці приставних сходів повинні мати гумові башмаки або упори у вигляді загострених наконечників. Робота зі сходів виконується із застосуванням запобіжного пояса.

Загальна довжина (висота) приставних сходів повинна бути не більше 5 м і забезпечувати робітникові можливість робити роботу коштуючи на щаблі, що перебуває на відстані не менш 1 м від верхнього кінця сходів.

Драбини повинні мати пристрої, що виключають можливість їхнього мимовільного розсовування.

ВИСНОВКИ

В даній дипломній роботі розглянуто кип'ятильник установки ректифікації суміші ацетон – етиловий спирт продуктивністю 8 т/год.:

- 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 апарата 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.

ЛІТЕРАТУРА

1 Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1987. – 576с.

2 Методические указания к выполнению курсовой работы на тему "Расчет ректификационной установки непрерывного действия" для студентов дневной и заочной форм обучения специальностей 7.091601; 7.091602; 7.091604; 7.091612; 7.090220/ Составители: Ильиных А.А., Носач В.А., Резанцев И.Р. – Северодонецк: СТИ ВНУ им. Владимира Даля, 2005. – 90с.

3 Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологи. – М.: Химия. 1991. – 496с.

4 Справочник химика, т. 5. – М.: Химия, 1968. – 975 с.

5 Отраслевой стандарт (Ост 26-01-1488-83).

6 Борисов Г.С., Брыков В.П., Дытнерский Ю.И. и др. Под ред. Дытнерского Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии, 2-е изд., перераб. И дополн. – М.: Химия, 1991. – 496 с.

7 Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. Процессы и аппараты химической технологии, 4-е изд. – М.: Химия, 1967. – 848 с.

8 Чернышев А.К., Коптелов В.Г., Листов В.В., Заичко Н.Д. Основные теплофизические свойства газов и жидкостей. Номографический справочник. – Кемеровское изд-во, 1971. – 225 с.

9 Дытнерский Ю.И. и др. Колонные аппараты. Каталог/ Под ред. Дытнерского Ю.И., 2-е изд-во. – М.: ЦИНИНЕФТЕХИММАШ, 1978. – С. 220.

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

11 Аппараты теплообменные кожухотрубчатые общего назначения. Аппараты теплообменные кожухотрубчатые с неподвижными трубными решетками и кожухотрубчатые с температурным компенсатором на кожухе. Каталог. М.: АООТ "ВНИИнефтемаш". 2001.–.70 с.

12 Машины и аппараты химических производств: Учебник для вузов по специальности "Машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов"/ И.И. Поникаров и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 368 с.

13 Аппараты теплообменные кожухотрубчатые общего назначения. Аппараты теплообменные кожухотрубчатые с плавающей головкой, кожухотрубчатые с U-образными трубами и трубные пучки к ним. Каталог. М.: АООТ “ВНИИнефтемаш”. 2001.–.89 с.

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

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

16 ТУ 3612-023-00220302-01. Аппараты теплообменные кожухотрубчатые с плавающей головкой, кожухотрубчатые с U-образными трубами и трубные пучки к ним. Технические условия. М.: АООТ “ВНИИнефтемаш”. 2001.–.112 с.

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

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

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

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

21 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. 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.