

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри

підпис, дата

Кваліфікаційна робота бакалавра

зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"
освітня програма "Комп'ютерний інжиніринг
обладнання хімічних виробництв"

Тема роботи: Установка розділення суміші бензол – толуол.
Розробити тарілчасту ректифікаційну колону

Виконав:
студент групи ХМдн-74р
Зінченко Дмитрій Валерійович

підпис

Залікова книжка

№ _____

Кваліфікаційна робота бакалавра
захищена на засіданні ЕК

з оцінкою _____

" ____ " _____ 20__ р.

Підпис голови
(заступника голови) комісії

Керівник:

канд. техн. наук, доцент

Яхненко Сергій Михайлович

підпис, дата

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра хімічної інженерії

Спеціальність 133 "Галузеве машинобудування"
Освітня програма "Комп'ютерний інжиніринг обладнання хімічних виробництв"

Курс 4 Група ХМдн-74р Семестр 8

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студенту Зінченку Дмитрію Валерійовичу

1 Тема роботи: Установка розділення суміші бензол – толуол. Розробити тарілчасту ректифікаційну колону

2 Вихідні дані: Розробити тарілчасту ректифікаційну колону з клапанними тарілками для розділення бінарної суміші. Продуктивність установки 70000 т/рік. Вміст легколеткого компоненту: у початковій суміші – 24,8 % мас.; у дистилляті – 95,3 % мас.; у кубовому залишку – 3,4 % мас. Тиск у колоні атмосферний.

3 Перелік обов'язкового графічного матеріалу (аркуші А1):

- | | |
|--|------------|
| 1. <u>Технологічна схема ректифікаційної установки</u> | – 0,5 арк. |
| 2. <u>Складальне креслення ректифікаційної колони</u> | – 1,0 арк. |
| 3. <u>Складальні креслення тарілки та її секції</u> | – 1,5 арк. |

4 Рекомендована література: 1. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра / укладачі: Р. О. Острога, М. С. Скиданенко, Я. Е. Михайловський, А. В. Іванія. – Суми : СумДУ, 2019. – 32 с.; 2. Плановский А. Н. Процессы и аппараты химической и нефтяной технологии / А. Н. Плановский, П. И. Николаев. – М. : Химия, 1972. – 494 с.

5 Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

Етапи та розділи проектування	ТИЖНІ				
	1	2,3	4,5	6,7	8
1 Вступна частина	x				
2 Технологічна частина		xx			
3 Проектно-конструкторська частина			xx		
4 Розробка креслень				xx	
5 Оформлення записки					x
6 Захист роботи					x

6 Дата видачі завдання

жовтень 2020 р.

Керівник

підпис

доц. Яхненко С.М.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 57 с., 7 рис., 1 табл., 3 додатки, 18 джерел.

Графічні матеріали: технологічна схема ректифікаційної установки, складальне креслення ректифікаційної колони, складальне креслення тарілки та її секції – усього 3 аркуші графічної частини формату А1.

Тема кваліфікаційної роботи «Установка розділення суміші бензол – толуол. Розробити тарілчасту ректифікаційну колону».

У роботі наведено теоретичні основи та особливості процесу розділення бінарних сумішей на окремі компоненти ректифікаційним способом, виконано технологічний розрахунок процесу, визначено основні геометричні розміри апарата та його гідравлічний опір. Також обґрунтовано вибір матеріалу для виготовлення основних деталей та вузлів проектного апарату, розраховано і підібрано допоміжне обладнання. Розрахунками на міцність та герметичність доведена надійність роботи ректифікаційної колони. Окремим підрозділом представлено монтаж розробленого апарату, діагностика та ремонт основних його вузлів. У розділі «Охорона праці» проведено аналіз небезпеки ураження людини в існуючих електричних мережах.

Ключові слова: УСТАНОВКА, БЕНЗОЛ, ТОЛУОЛ, РЕКТИФІКАЦІЯ, ГІДРАВЛІЧНИЙ ОПІР, МОНТАЖ, РЕМОНТ, УРАЖЕННЯ, МЕРЕЖА.

Зміст

	С.
<i>Вступ</i>	5
<i>1 Технологічна частина</i>	7
<i>1.1 Опис технологічної схеми установки</i>	7
<i>1.2 Теоретичні основи процесу ректифікації</i>	7
<i>1.3 Опис об'єкта розроблення та вибір конструктивних матеріалів для виготовлення основних вузлів колони</i>	12
<i>2 Технологічні розрахунки процесу і апарата</i>	16
<i>2.1 Технологічні розрахунки</i>	16
<i>2.2 Конструктивні розрахунки</i>	22
<i>2.3 Гідравлічний опір апарата</i>	27
<i>2.4 Вибір допоміжного обладнання</i>	30
<i>3 Розрахунки апарата на міцність та герметичність</i>	36
<i>3.1 Визначення товщини стінки апарата, кришки</i>	36
<i>3.2 Розрахунок опори апарата</i>	40
<i>3.3 Розрахунок апарата на вітрове навантаження</i>	42
<i>4 Монтаж та ремонт апарата</i>	44
<i>4.1 Монтаж апарата</i>	44
<i>4.2 Ремонт апарата</i>	46
<i>5 Охорона праці</i>	51
<i>Список використаних джерел</i>	56
<i>Додаток А – Рівноважна і робоча лінії на діаграмі x – y для бінарної суміші бензол – толуол</i>	
<i>Додаток Б – Крива рівноваги для бінарної суміші бензол – толуол</i>	
<i>Додаток В – Специфікації до складальних креслеників</i>	

					XI.P.00.00.00 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Зінченко			Тарілчаста	Лім.	Лист	Листів
Перевір.		Яхненко			ректифікаційна колона	4	57	
Реценз.					Пояснювальна записка	СумДУ, ХМдн-74р		
Н. Контр.								
Затверд.		Склабінський						

Вступ

Широкий асортимент одержуваних хімічних продуктів обумовлює складність і різноманітність технологічних процесів, а також типів, конструкції машин і апаратів для їх проведення. Складний технологічний процес складається із окремих стадій – простих процесів, які класифікуються на: гідромеханічні, теплові, масообмінні, хімічні, механічні.

Хімічний і фізичний поділ двокомпонентних сумішей можна здійснити за допомогою масообмінних процесів. Одним із перших масообмінних процесів якому піддаються розділювачі суміші – це ректифікація. За допомогою ректифікації бінарну суміш розділяють на окремі компоненти, які в подальшому використовуються в хімічній, органічній і багатьох інших промисловостях.

Перегонка та ректифікація являють собою енергоємні процеси, що вимагають великих витрат гріючої пари і охолоджуючої води, тому для досягнення високих експлуатаційних показників дуже важливе значення має вибір оптимальних режимів роботи установок, що базується на знанні теоретичних основ процесу.

Бензол – це один із найбільш поширених хімічних продуктів і найпоширеніше ароматичне з'єднання. У фізичній вазі пластмас близько 30 %, в каучуках і резинах – 66 %, в синтетичних волокнах – до 80 % припадає на ароматичні вуглеводні, родоначальником яких є бензол [1].

Основні області застосування бензолу – виробництво етилбензолу, кумолу і циклогексану. На частку цих продуктів припадає близько 70 % світового споживання бензолу. Етилбензол є важливим нафтохімічним продуктом, основний обсяг якого використовується для виробництва стиролу. Циклогексан використовується в якості сировини для отримання капролактаму, розчинника. Капролактаму, у свою чергу, застосовується для виробництва термoplastичних смол (поліамід б), капронових волокон і ниток. Нітробензол є напівпродуктом для отримання аніліну [1].

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						5
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Толуол – це гомолог бензолу із молекулярною формулою $C_6H_5-CH_3$. Це безбарвна рідина з температурою кипіння $110,6^{\circ}C$. Толуол легше вступає в реакції заміщення по бензеновому ядру, ніж незаміщений бензол. Він у великій кількості присутній у кам'яновугільній смолі та продуктах нафтопереробки. Виділяють із продуктів каталітичного риформінгу бензинів послідовною селективною екстракцією та ректифікацією. Його отримують із продуктів сухої перегонки кам'яного вугілля і в процесі дегідроциклізації гептану [2].

Сучасні ректифікаційні колони повинні володіти високою розділюючою здатністю і продуктивністю, характеризуватися достатньою надійністю і гнучкістю в роботі, забезпечувати низькі експлуатаційні витрати, мати невелику масу та бути конструктивно простими і технологічними у виготовленні. Останні вимоги не менш важливі, ніж перші, оскільки вони не тільки визначають капітальні витрати, а й, значною мірою, впливають на експлуатаційні витрати, забезпечують легкість і зручність виготовлення апаратів, їх монтаж і демонтаж, ремонт, контроль, випробовування, а також безпечну експлуатацію [3].

Кваліфікаційна робота являє собою комплексний навчально-дослідний та практичний проект, який виконано у відповідності до методичних вказівок [4] із представленням усіх регламентованих розділів.

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						6
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Технологічна частина

1.1 Опис технологічної схеми установки

Технологічна схема ректифікаційної установки для розділення бінарної суміші бензол – толуол представлена на рис. 1.1.

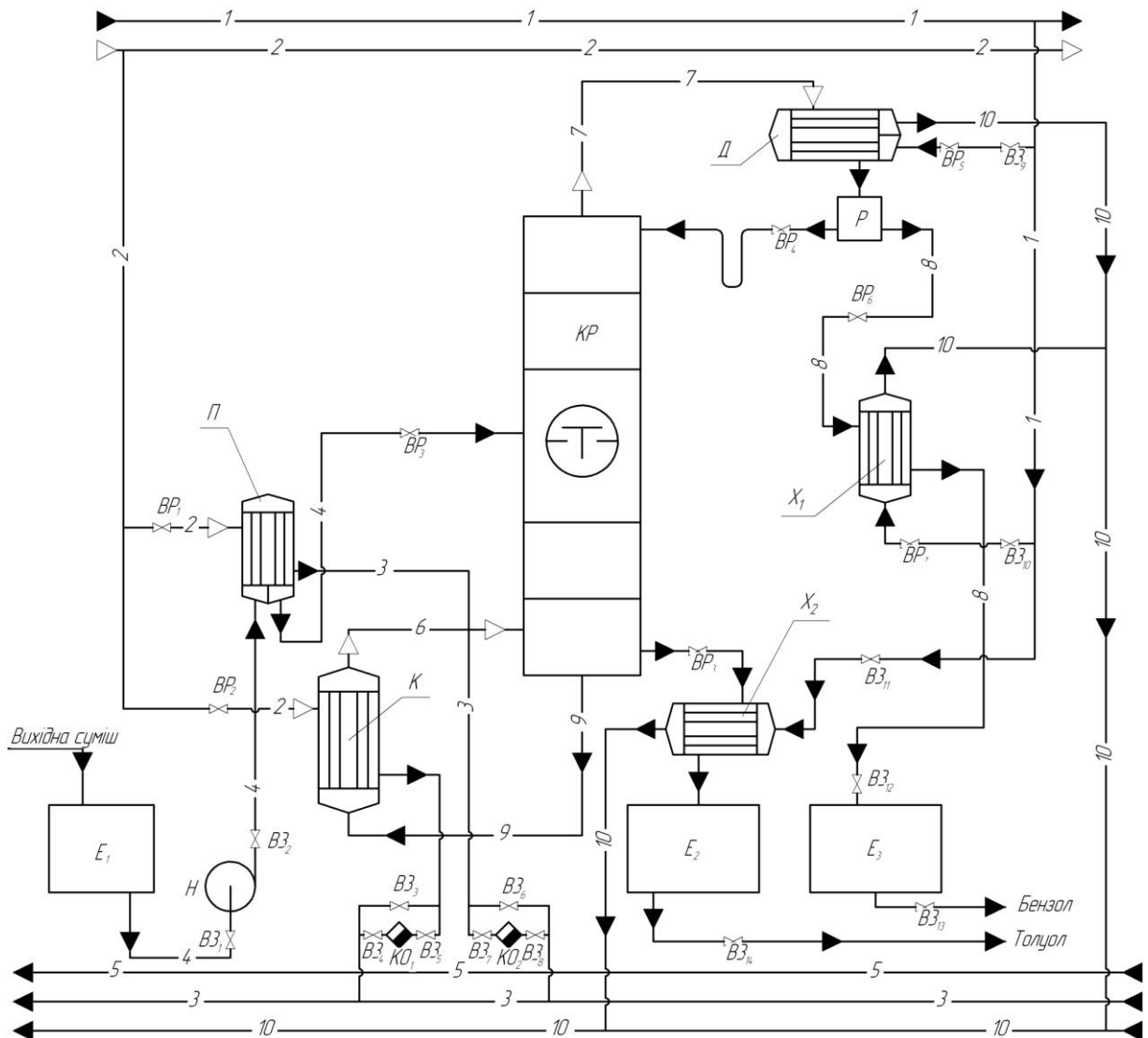


Рисунок 1.1 – Технологічна схема ректифікаційної установки:

E_1, E_2, E_3 – ємність; H – насос; Π – підігрівач; K – кип'ятильник; KP – колона ректифікаційна; X_1, X_2 – холодильник; D – дефлегматор; P – розподільник

Бінарна суміш бензол – толуол із проміжної ємності E_1 за допомогою відцентрового насосу H подається в теплообмінник-підігрівач Π . Тут вона

нагрівається до температури кипіння. Підігріта суміш надходить на поділ у ректифікаційну колону КР (на тарілку живлення), де змішується з флегмою із зміцнюючої частини колони. Стікаючи вниз по колоні, рідина взаємодіє з парою, що підіймається угору, яка утворюється при вскипанні кубової рідини у кожухотрубному кип'ятильнику К.

У результаті протікання вищеприписаного процесу з рідини видаляється легколеткий компонент (далі ЛЛК). Пар, збагачений ЛЛК, піднімається вгору по колоні і надходить в дефлегматор Д. Із дефлегматора сконденсована пара надходить на розподільний стакан Р, де конденсат розділяється на два потоки: перший (флегма) повертається на зрошення колони, а другий (дистилят) надходить в холодильник дистиляту X_1 і далі в проміжну ємність E_3 .

У свою чергу, з кубової частини колони безперервно відводиться кубовий залишок – продукт, збагачений труднолетким компонентом (ТЛК), який охолоджується в холодильнику X_2 і направляється в ємність E_2 . Підігрівач вихідної суміші і кип'ятильник обігріваються насиченою водяною парою.

1.2 Теоретичні основи процесу ректифікації

Теоретичні основи процесу ректифікації, які наведено у цьому підрозділі, виконано на підставі аналізу літературних джерел [3, 5–7].

Процес ректифікації здійснюється на ректифікаційній установці, основним апаратом якої звичайно ж є ректифікаційна колона, в якій пари переганяючої рідини піднімаються знизу, а назустріч парам стікає рідина, що подається у вигляді флегми у верхню частину апарата.

Процес ректифікації може відбуватись при атмосферному тиску, а також при тисках вище і нижче атмосферного.

Ступінь поділу суміші рідин на складові компоненти і чистота одержуваних дистиляту і кубового залишку залежать від того, наскільки

					ХІ.Р.00.00.00 ПЗ	Лист
						8
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

розвинена поверхня контакту фаз, від кількості що подається на зрошення флегми і внутрішніх пристроїв ректифікаційної колони.

Метою розрахунку ректифікаційної колони є визначення температури процесу і кількості відведеної теплоти, вибір швидкості пари, насадки (для насадкових колон) і типу тарілок (для тарілчастих колон), розмірів і гідравлічного опору апарату.

При проектуванні ректифікаційних установок, із яких газ відводиться в атмосферу, необхідно враховувати питання охорони навколишнього середовища – концентрація того чи іншого компонента в паровій фазі на виході з колони не повинна перевищувати гранично-допустимого значення. Якщо це не досягається в одному апараті, то необхідно встановлювати додаткове обладнання [6].

У промисловості застосовують тарілчасті, насадкові, плівково-трубчасті і відцентрові плівкові апарати. Вони розрізняються в основному за конструкцією внутрішнього устрою апарата, призначення якого – забезпечити активну взаємодію рідини і пари.

При розрахунках ректифікаційних колон кількість і склад фаз зручно виражати в молярних величинах. Отже, можна вважати, що при конденсації з пари n моль труднолеткого компонента з рідини випаровується n моль легколеткого компонента, тобто кількість фаз по всій висоті колони буде постійною.

Також приймемо допущення, які мало спотворюють фактичні умови протікання процесу, але значно спрощують розрахунки:

1) склад пари, яка виходить з колони до дефлегматора (y_D), і склад флегми, яка повертається в колону (x_D), однакові, тобто $y_D = x_D$;

2) склад пари, яка піднімається з кип'ятильника в колону (y_W), дорівнює складу рідини в кубі-випарнику (x_W), тобто $y_W = x_W$.

Складемо матеріальний баланс ректифікаційної колони:

– за потоками

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						9
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G_F = G_D + G_W; \quad (1.1)$$

– за легколетким компонентом

$$G_F x_F = G_D x_D + G_W x_W, \quad (1.2)$$

де G_F , G_D , G_W – масові або молярні витрати живлення, дистилляту і кубового залишку;

x_F , x_D , x_W – склад легколеткого компонента в живленні, дистилляті та кубовому залишку відповідно.

Для колони безперервної дії з урахуванням втрат теплоти в навколишнє середовище маємо:

прихід тепла:

– з гріючою парою в кубі випарника Q_K ;

– з вихідною сумішшю

$$Q_F = G_F \cdot I_F; \quad (1.3)$$

витрата тепла:

– з водою від сконденсованих у дефлегматорі парів Q_δ ;

– з дистиллятом

$$Q_D = G_D \cdot I_D; \quad (1.4)$$

– з кубовим залишком

$$Q_W = G_W \cdot I_W; \quad (1.5)$$

– втрати в навколишнє середовище $Q_{втр}$,

де I_D , I_F , I_W – відповідно ентальпії дистилляту, вихідної суміші та кубового залишку.

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						10
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Рівняння теплового балансу запишеться у вигляді:

$$Q_K + Q_F = Q_D + Q_D + Q_W + Q_{\text{втр}} \quad (1.6)$$

Підставляючи замість Q відповідні значення, вирішимо рівняння теплового балансу відносно Q_K :

$$Q_K = G_D(R+1) \cdot r_D + G_D I_D + G_W I_W - G_F I_F + Q_{\text{втр}} \quad (1.7)$$

Визначення висоти тарілчастої колони проводиться за рівнянням:

$$H = H_T + h_1 + h_2, \quad (1.8)$$

де $H_T = (n - 1) \cdot h$ – висота тарільчастої частини колони, м;

h_1 – висота сепараційної частини колони, м;

h_2 – відстань від нижньої тарілки до днища, м;

n – кількість тарілок;

h – відстань між сусідніми тарілками, м.

Для наближених розрахунків застосовують теоретично менш обґрунтований, але більш простий метод визначення числа тарілок за допомогою, так званого, середнього к. к. д. тарілок:

$$n = n_T / \eta \quad (1.9)$$

де n_T – число теоретичних тарілок; за літературними даними, знаходиться в межах $n_T = 0,3-0,8$ [7].

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						11
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Опис об'єкта розроблення та вибір конструктивних матеріалів для виготовлення основних вузлів колони

Схема тарілчастої ректифікаційної колони представлена на рис. 1.2.

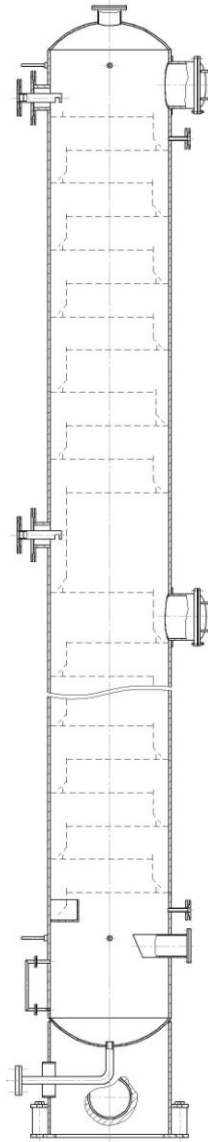


Рисунок 1.2 – Схема проектованої ректифікаційної колони

Ректифікаційна колона являє собою вертикальний циліндр (суцільнозварний або із декількох царг, з'єднаних між собою наглухо або роз'ємними фланцями), по висоті якого розташовані спеціальні контактні

					ХІ.Р.00.00.00 ПЗ	Лист
						12
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

пристрої – тарілки, що дозволяють створити тісний контакт між парою, що піднімається вгору по колоні, і рідиною, що стікає вниз.

У середню частину колони, у вигляді парорідинної суміші, подається сировина, яку необхідно розділити на дві частини – висококиплячу і низькокиплячу.

Пара і рідина, що надходять на тарілку, не перебувають в стані рівноваги, однак, вступаючи в контакт, прагнуть до цього стану.

Клапанна тарілка відноситься до тарілок зі спеціальними перетічними пристроями. За схемою руху рідини і пари клапанна тарілка відноситься до перехресноточних тарілок. У цих тарілках рідина подається в спеціальні приймальні кармани, проходить по полотна тарілки без провалу і через зливні пристрої надходить в приймальний карман нижчерозташованої тарілки.

Клапанна тарілка являє собою полотно з отворами, при цьому кожен отвір прикрито зверху рухомою пластиною під дією власної маси і тиску шару рідини. Дана тарілка зі змінним прохідним перетином для пари, яка змінюється зі зміною навантаження колони за парою.

Коли подачі пари немає пластина повністю перекидає перетин отвору. При подачі пари клапан починає підніматися. Причому тим вище, чим більше витрата пари. Висоту підйому клапана обмежують кронштейни. Є кронштейни, які розташовані знизу і зверху. Клапани, у свою чергу, розрізняються за формою: круглі і прямокутні.

Основна перевага клапанної тарілки – це приблизно постійна швидкість, із якою пара входить в шар рідини (це відбувається за рахунок того, що при збільшенні витрати пари клапан піднімається і збільшується перетин входу пари на тарілку).

Конструктивні особливості клапанних тарілок дозволяють зберігати високу інтенсивність масопередачі в допустимому інтервалі зміни навантажень колони при приблизно стабільному опорі. Площа вільного

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						13
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

перетину клапанних тарілок становить 15 % від загальної площі перетину колони.

Рідкий потік з вищерозташованої тарілки надходить в зону більш високої температури, і тому з нього випаровується деяка кількість низькокиплячого компонента, в результаті чого концентрація останнього в рідині зменшується. З іншого боку, паровий потік, що надходить з нижчерозташованої тарілки, потрапляє в зону нижчої температури і частина висококиплячого продукту з цього потоку конденсується, переходячи в рідину. Концентрація висококиплячого компонента в парі таким чином знижується, а низькокиплячого – підвищується.

Частина ректифікаційної колони, яка розташована вище штуцера введення сировини, називається концентраційною, а нижче – відгінною [6].

Проектована ректифікаційна колона конструктивно складається з кришки і днища, патрубків для введення і виведення парових і рідинних потоків. Як правило, знизу до корпусу апарата приварюють спеціальну опору, яка дозволяє надійно кріпити колону до фундаменту.

Основними вимогами, яким повинні відповідати хімічні апарати, є механічна надійність, довговічність, конструктивну досконалість, простота виготовлення, зручність транспортування, монтажу та експлуатації [8–10]. Тому до конструкційних матеріалів проекрованої апаратури висувають наступні вимоги [8]:

- 1) висока корозійна стійкість матеріалів в агресивних середовищах при робочих параметрах процесу;
- 2) висока механічна міцність при заданих робочих тисках, температурі і додаткових навантаженнях, що виникають при гідравлічних випробуваннях та експлуатації апаратів;
- 3) гарна зварюваність матеріалів із забезпеченням високих механічних властивостей зварних з'єднань;
- 4) низька вартість і доступність матеріалів.

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						14
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Здійснимо підбір конструкційного матеріалу для корпусу апарата. Підбір будемо здійснювати, беручи до уваги робочу температуру, агресивність середовища та значення робочого тиску.

Для деталей колони, які контактують із рідиною вибираємо матеріал – сталь 16ГС, для інших – сталь Ст 3. Матеріал опори – ВСтЗсп. Для виготовлення неметалевих прокладок для ущільнення роз'ємів з'єднань апарата використовуємо пароніт – листовий прокладковий матеріал, що виготовляється пресуванням азбокаучукової маси, яка складається із азбесту, каучуку і порошкових інгредієнтів [9].

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						15
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

2 Технологічні розрахунки процесу і апарата

2.1 Технологічні розрахунки

Матеріальний баланс ректифікаційної колони складається з потоків [3]:

$$G_f = G_D + G_W; \quad (2.1)$$

за легколетким компонентом:

$$G_f \cdot \overline{x_f} = G_D \cdot \overline{x_D} + G_W \cdot \overline{x_W}; \quad (2.2)$$

Спільне розв'язання рівнянь (2.1) і (2.2) дозволяє отримати залежність для визначення масових витрат дистилляту і кубового залишку:

$$G_D = G_f \cdot \frac{\overline{x_f} - \overline{x_W}}{\overline{x_D} - \overline{x_W}}; \quad (2.3)$$

$$G_W = G_f \cdot \frac{\overline{x_D} - \overline{x_f}}{\overline{x_D} - \overline{x_W}}; \quad (2.4)$$

$$G_D = 8000 \cdot \frac{0,248 - 0,034}{0,953 - 0,034} = 1863 \text{ кг/год.};$$

$$G_W = 8000 \cdot \frac{0,953 - 0,248}{0,953 - 0,034} = 6137 \text{ кг/год.}$$

Криву рівноваги (див. Додаток Б) будуюмо в координатах $y - x$.

Визначаємо мінімальне флегмовое число за рівнянням [3]:

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						16
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{\min} = \frac{x_D - y_f^*}{y_f^* - x_f}; \quad (2.5)$$

де y_f^* – склад пари, яка перебуває у рівновазі з вихідною сумішшю; визначається з кривою рівноваги (див. Додаток Б).

$$R_{\min} = \frac{0,96 - 0,5}{0,5 - 0,28} = 2,1.$$

Визначаємо оптимальне флегмовое число при $\beta = 1,6$ [6]:

$$R_{\min} = \beta \cdot R_{\min}; \quad (2.6)$$

$$R_{\min} = 1,6 \cdot 2,1 = 3,36.$$

Далі розрахуємо масові витрати стікаючої по колоні флегми і піднімаючихся парів [3]:

$$G_R = R \cdot G_D; \quad (2.7)$$

$$G_V = (R + 1) \cdot G_D; \quad (2.8)$$

$$G_R = 3,36 \cdot 1863 = 6260 \text{ кг/год.};$$

$$G_V = (3,36 + 1) \cdot 1863 = 8123 \text{ кг/год.}$$

Робочі лінії процесу визначаються рівняннями [3]:

– для верхньої частини колони:

					ХІ.Р.00.00.00 ПЗ	Лист
						17
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$y = \frac{R}{R+1} \cdot x + \frac{x_D}{R+1}; \quad (2.9)$$

– для нижньої частини колони:

$$y = \frac{F+R}{R+1} \cdot x - \frac{F-1}{R+1} \cdot x_W, \quad (2.10)$$

де F – число живлення, яке визначається за формулою:

$$F = \frac{G_f}{G_d} \cdot \frac{M_d}{M_f}; \quad (2.11)$$

$$F = \frac{8000}{1863} \cdot \frac{78,67}{88,18} = 3,8.$$

Далі визначаємо координати точки, у якій перетинаються робочі лінії
(див. додаток А):

$$y'_f = \frac{3,36}{3,36+1} \cdot 0,28 + \frac{0,96}{3,36+1} = 0,44;$$

$$y''_f = \frac{3,8+3,36}{3,36+1} \cdot 0,28 - \frac{3,8-1}{3,36+1} \cdot 0,04 = 0,44.$$

Отримані рівні значення свідчать про правильність виконаних розрахунків.

Середні молярні концентрації рідини визначаються за середньоарифметичними залежностями [3]:

– у верхній частині колони:

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						18
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$x'_{сер} = \frac{(x_f + x_D)}{2}; \quad (2.12)$$

– у нижній частині колони:

$$x''_{сер} = \frac{(x_f + x_W)}{2}; \quad (2.13)$$

$$x'_{сер} = \frac{(0,28 + 0,96)}{2} = 0,62;$$

$$x''_{сер} = \frac{(0,28 + 0,04)}{2} = 0,16.$$

Середні молярні концентрації парової фази визначаються за рівняннями робочих ліній [3]:

– у верхній частині колони:

$$y'_{сер} = \frac{R}{R+1} \cdot x'_{сер} + \frac{x_D}{R+1}; \quad (2.14)$$

– у нижній частині колони:

$$y''_{сер} = \frac{F+R}{R+1} \cdot x''_{сер} - \frac{F-1}{R+1} \cdot x_W; \quad (2.15)$$

$$y'_{сер} = \frac{3,36}{3,36+1} \cdot 0,62 + \frac{0,96}{3,36+1} = 0,70;$$

$$y''_{сер} = \frac{3,8+3,36}{3,36+1} \cdot 0,16 - \frac{3,8-1}{3,36+1} \cdot 0,04 = 0,24.$$

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						19
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Середня молярна маса парів розраховується за формулами [3]:

– у верхній частині колони:

$$M'_{сер} = y'_{сер} \cdot M_{лк} + (1 - y'_{сер}) \cdot M_{млк}; \quad (2.16)$$

– у нижній частині колони:

$$M''_{сер} = y''_{сер} \cdot M_{лк} + (1 - y''_{сер}) \cdot M_{млк}; \quad (2.17)$$

$$M'_{сер} = 0,70 \cdot 78,1 + (1 - 0,70) \cdot 92,1 = 82,3 \text{ кг/кмоль};$$

$$M''_{сер} = 0,24 \cdot 78,1 + (1 - 0,24) \cdot 92,1 = 88,7 \text{ кг/кмоль}.$$

Середні густини парів визначаються за рівнянням Клайперона:

– у верхній частині колони [3]:

$$\rho'_y = \frac{M'_{сер} \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + t'_y)}; \quad (2.18)$$

– у нижній частині колони:

$$\rho''_y = \frac{M''_{сер} \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + t''_y)}; \quad (2.19)$$

де t'_y – середня температура пари у верхній частині колони в залежності від концентрації $y'_{сер}$;

t''_y – середня температура пара в нижній частині колони в залежності від концентрації $y''_{сер}$.

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						20
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\rho'_y = \frac{82,3 \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + 90)} = 2,76 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho''_y = \frac{88,7 \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + 105)} = 2,86 \text{ кг/м}^3.$$

Середні густини рідини знаходяться за правилом адитивності:

– у верхній частині колони:

$$\rho'_x = x'_{сер} \cdot \rho'_{ллк} + (1 - x'_{сер}) \cdot \rho'_{тлк}; \quad (2.20)$$

– у нижній частині колони:

$$\rho''_x = x''_{сер} \cdot \rho''_{ллк} + (1 - x''_{сер}) \cdot \rho''_{тлк}; \quad (2.21)$$

де $\rho'_{ллк}$, $\rho''_{ллк}$, $\rho'_{тлк}$, $\rho''_{тлк}$ – густини рідини легколеткого і труднолеткого компонентів при температурах t'_x , t''_x .

$$\rho'_x = 0,62 \cdot 805 + (1 - 0,62) \cdot 800 = 803 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho''_x = 0,16 \cdot 790 + (1 - 0,16) \cdot 785 = 786 \text{ кг/м}^3.$$

Середні в'язкості рідини обчислюються за формулами:

– у верхній частині колони:

$$\lg \mu'_x = x'_{сер} \cdot \lg \mu'_{ллк} + (1 - x'_{сер}) \cdot \lg \mu'_{тлк}; \quad (2.22)$$

– у нижній частині колони:

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						21
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\lg \mu_x'' = x_{\text{сер}}'' \cdot \lg \mu_{\text{лк}}'' + (1 - x_{\text{сер}}'') \cdot \lg \mu_{\text{тлк}}'', \quad (2.23)$$

де $\mu_{\text{лк}}'$, $\mu_{\text{лк}}''$, $\mu_{\text{тлк}}'$, $\mu_{\text{тлк}}''$ – в'язкості рідких легколеткого і труднолеткого компонентів при температурах t_x' і t_x'' .

2.2 Конструктивні розрахунки

Граничну і робочу швидкості парів у верхній і нижній частинах колони знаходимо за формулами [12]:

$$\omega' = 0,8 \cdot \omega_{\text{пр}}, \quad (2.24)$$

де $\omega_{\text{пр}}$ – швидкість газу, що відповідає точці захлинання.

$$\omega_{\text{пр}} = c \cdot \sqrt{\frac{\rho_p - \rho_n}{\rho_n}}; \quad (2.25)$$

де c – коефіцієнт, який обирається в залежності від конструкції тарілок і відстані між ними.

При відстані між тарілками $H=0,4$ м – $c=0,05$ [3].

Гранична швидкість парів:

– для верхньої частини колони

$$\omega_{\text{пр}}' = 0,05 \cdot \sqrt{\frac{800 - 2,7}{2,7}} = 0,86 \text{ м/с};$$

– для нижньої частини колони

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						22
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\omega''_{np} = 0,05 \cdot \sqrt{\frac{785 - 2,78}{2,78}} = 0,84 \text{ м/с.}$$

Робоча швидкість парів:

– для верхньої частини колони

$$\omega' = 0,8 \cdot 0,86 = 0,69 \text{ м/с;}$$

– для нижньої частини колони

$$\omega'' = 0,8 \cdot 0,84 = 0,67 \text{ м/с.}$$

Відношення масових витрат рідкої і парової фаз дорівнює [3]:

– у верхній частині колони:

$$\left(\frac{L}{G}\right)' = \frac{G_R}{G_V} = \frac{R}{R+1}; \quad (2.26)$$

– у нижній частині колони:

$$\left(\frac{L}{G}\right)'' = \frac{G_R + G_f}{G_V} = \frac{R + F}{R + 1}; \quad (2.27)$$

$$\left(\frac{L}{G}\right)' = \frac{3,36}{3,36+1} = 0,77;$$

$$\left(\frac{L}{G}\right)'' = \frac{3,36+3,8}{3,36+1} = 1,64.$$

Об'ємна витрата парів дорівнює:

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		23

– у верхній частині колони

$$V' = \frac{G_V}{\rho_y'}; \quad (2.28)$$

– у нижній частині колони

$$V'' = \frac{G_V}{\rho_y''}; \quad (2.29)$$

$$V' = \frac{8123}{3600 \cdot 2,7} = 0,84 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$V'' = \frac{8123}{3600 \cdot 2,78} = 0,81 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Діаметр колони розраховується за формулою [3]:

$$D = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot \omega}}; \quad (2.30)$$

– для верхньої частини колони:

$$D' = \sqrt{\frac{0,84}{0,785 \cdot 0,69}} = 1,25 \text{ м};$$

– для нижньої частини колони:

$$D'' = \sqrt{\frac{0,81}{0,785 \cdot 0,67}} = 1,24 \text{ м}.$$

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						24
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Найближчий більший діаметр колони зі стандартного ряду 1,3 м, але це значення взято у дужки, оскільки не є бажаним для прийняття. У такому випадку приймаємо наступне більше значення зі стандарту, а саме 1,4 м.

Дійсні робочі швидкості пари у колоні:

$$w_g = 0,69 \cdot \left(\frac{1,25}{1,4} \right)^2 = 0,55 \text{ м/с};$$

$$w_n = 0,67 \cdot \left(\frac{1,24}{1,4} \right)^2 = 0,53 \text{ м/с}.$$

У результаті побудови, так званих сходинок, між робочою і рівноважною лініями – число теоретичних тарілок становить:

– в концентраційній частині колони $N'_m = 9$ шт.;

– у відгінній частині колони $N''_m = 7$ шт.

Число практичних тарілок визначається за рівнянням:

$$N_{np} = N_m / \eta, \quad (2.31)$$

де η – коефіцієнт корисної дії (к.к.д.) тарілки.

За даними [6] к.к.д. клапанних тарілок знаходиться у межах 0,48–0,5.

Для подальших розрахунків задаємося усередненим значенням к.к.д.

$$\eta = 0,49.$$

У такому разі, число практичних тарілок становить:

– у верхній частині колони

$$N_{np} = 9 / 0,49 \approx 19 \text{ шт.};$$

– у нижній частині колони

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						25
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_{np}=7/0,49\approx 15 \text{ шт.}$$

Висота тарілчастої частини ректифікаційної колони складе:

$$H_m=(15+19-1)\cdot 0,4=13,2 \text{ м.}$$

Діаметр патрубків визначається за формулою [12]:

$$D = \sqrt{\frac{G}{\rho \cdot 3600 \cdot 0,785 \cdot \omega}}; \quad (2.32)$$

де ω – швидкість пара або рідини, м/с.

Швидкість пари приймається в межах 10–15 м/с, швидкість рідини 0,5–2 м/с [12].

Діаметри патрубків для входу і виходу парів:

$$d_v = \sqrt{\frac{8123}{3600 \cdot 2,85 \cdot 0,785 \cdot 12}} = 0,290 \text{ м.}$$

Приймаємо діаметри патрубків $d_v=300$ мм.

Діаметр патрубка для входу флегми:

$$d_R = \sqrt{\frac{6260}{3600 \cdot 800 \cdot 0,785 \cdot 0,5}} = 0,074 \text{ м.}$$

Приймаємо діаметр патрубка $d_R=80$ мм.

Діаметр патрубка для входу вихідної суміші:

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		26

$$d_f = \sqrt{\frac{8000}{3600 \cdot 785 \cdot 0,785 \cdot 0,5}} = 0,085 \text{ м.}$$

Приймаємо діаметр патрубку $d_f=100$ мм.

Діаметр патрубка для виходу кубового залишку:

$$d_w = \sqrt{\frac{6137}{3600 \cdot 880 \cdot 0,785 \cdot 0,5}} = 0,071 \text{ м.}$$

Приймаємо діаметр патрубка $d_w=80$ мм.

2.3 Гідравлічний опір апарата

Відгонна частина колони є більш навантаженою по рідині. Таким чином, гідравлічний розрахунок виконуємо для клапанної тарілки, яка розташована у нижній частині колони. Основні характеристики клапанної тарілки, у залежності від діаметра колони і кроку між клапанами, наведено у табл. 2.1 [13].

Гідравлічний опір клапанної тарілки:

$$h > 0,98 \cdot \frac{\Delta P}{g \cdot \rho_p}. \quad (2.33)$$

Таблиця 2.1 – Характеристика клапанних тарілок

Діаметр колони, мм	Вільний перетин колони, м ²	Шаг між рядами клапанів, мм		Робочий перетин тарілки, м ²	Периметр зливу, м	Перетин переливу, м ²
		50				
		Відносний вільний перетин тарілки, %	Кількість клапанів			
1400	1,54	11,42	140	1,10	1,12	0,22

У рівнянні (2.37): ΔP_C – перепад тиску на сухий тарілці, Па; ΔP_σ – перепад тиску, необхідний для подолання сил поверхневого натягу рідини, Па; ΔP_p – перепад тиску, необхідний для подолання опору стовпа рідини на тарілці, Па.

Перепад тиску на сухий тарілці:

$$\Delta P_C = \xi \cdot \frac{w_0^2}{2} \cdot \rho_n, \quad (2.34)$$

де ξ – коефіцієнт місцевого опору, який для клапанних тарілок дорівнює 2,5...3,5. Приймаємо $\xi = 3,0$;

ρ_n – густина парів в робочих умовах колони, кг/м³;

w_0 – швидкість пара в отворах під клапанами, м/с.

$$w_0 = \frac{V_{сек}}{f_o \cdot N_o}, \quad (2.35)$$

де $V_{сек}$ – секундна витрата парів, м³/с;

$N_o = 140$ – число отворів на тарілці;

f_o – перетин одного отвору під клапаном, м².

$$f_o = \frac{\pi \cdot d_o^2}{4}, \quad (2.36)$$

де $d_o = 0,038$ м – діаметр отвору під клапаном [13].

$$f_o = \frac{3,14 \cdot 0,038^2}{4} = 1,13 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2;$$

$$w_0 = \frac{0,72}{1,13 \cdot 10^{-3} \cdot 140} = 4,55 \text{ м/с};$$

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						28
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta P_c = 3,0 \cdot \frac{4,55^2}{2} \cdot 2,78 = 86 \text{ Па.}$$

Перепад тиску, необхідний для визначення сил поверхневого натягу рідини:

$$\Delta P_\sigma = \frac{4 \cdot \sigma}{d_E}, \quad (2.37)$$

де σ – поверхневий натяг рідини, Н/м;

d_E – еквівалентний діаметр щілини під клапаном.

Для клапанних тарілок $d_E = 0,012$ м [13].

$$\Delta P_\sigma = \frac{4 \cdot 18,5 \cdot 10^{-3}}{0,012} = 6,2 \text{ Па.}$$

Перепад тиску, необхідний для подолання опору стовпа рідини:

$$\Delta P_p = 9,81 \cdot K \cdot h_{зл} + 28 \cdot \sqrt[3]{K \cdot \left(\frac{Q}{L_D}\right)^2}, \quad (2.38)$$

де $K = 0,5$ – безрозмірний коефіцієнт для клапанних тарілок;

$h_{зл} = 0,04$ м – висота зливної перегородки [13];

$L_D = 0,65$ м – довжина лінії зливання;

Q – об'єм рідини, що стікає з нижньої зміцнюючої тарілки колони, м³/год.

$$Q = \frac{G_R \cdot M_d}{\rho_d}; \quad (2.39)$$

$$Q = \frac{6260 \cdot 78,67}{800} = 616 \text{ м}^3/\text{год.};$$

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						29
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta P_p = 9,81 \cdot 0,5 \cdot 0,04 + 28 \cdot \sqrt[3]{0,5 \cdot \left(\frac{616}{0,65}\right)^2} = 2144.$$

Таким чином, підставляючи розраховані значення, визначаємо сумарний гідравлічний опір клапанної тарілки:

$$\Delta P = 86 + 6,2 + 2144 = 2236,2 \text{ Па.}$$

Далі, за рівнянням (2.37), визначаємо мінімальну відстань між тарілками, при якій забезпечується нормальна робота тарілок:

$$h > 0,98 \cdot \frac{2236,2}{9,81 \cdot 800} = 0,28 ;$$

$$h_T = 0,4 \text{ м} > 0,28 \text{ м} - \text{умову виконано.}$$

Отже, відстань між тарілками вибрано правильно.

Повний гідравлічний опір ректифікаційної колони:

$$\Delta P_a = N \cdot \Delta P ; \quad (2.40)$$

$$\Delta P = 34 \cdot 2236,2 = 76031 \text{ Па.}$$

2.4 Вибір допоміжного обладнання

Розрахунок і вибір насосу для подачі бінарної суміші у колону [12]. Для всмоктуючого і напірного трубопроводів приймаємо однакову швидкість руху рідини, яка дорівнює $w = 2 \text{ м/с}$.

Діаметр трубопроводу визначаємо за рівнянням:

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						30
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot w}}, \quad (2.41)$$

де V – об'ємна витрата зрошення, що подається в колону:

$$V = \frac{8000}{3600 \cdot 800} = 2,78 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с};$$

$$d = \sqrt{\frac{2,78 \cdot 10^{-3}}{0,785 \cdot 2}} = 0,042 \text{ м}.$$

Приймаємо стандартизований діаметр трубопроводу $48 \times 2,5$ мм.

Визначаємо критерій Рейнольдса для рідини у трубопроводі:

$$\text{Re} = \frac{w \cdot d \cdot \rho_p}{\mu}; \quad (2.42)$$

$$\text{Re} = \frac{2 \cdot 0,043 \cdot 800}{3,1 \cdot 10^{-4}} = 221935,$$

тобто режим руху турбулентний.

Абсолютну шорсткість трубопроводу приймаємо $\Delta = 2 \cdot 10^{-4}$ м.

$$e = \frac{\Delta}{d} = \frac{2 \cdot 10^{-4}}{0,043} = 4,65 \cdot 10^{-3};$$

$$\frac{1}{e} = 215; \quad 560 \cdot \frac{1}{e} = 120400; \quad 10 \cdot \frac{1}{e} = 2150; \quad \text{Re} > 560 \cdot \frac{1}{e}.$$

Для зони, що є автономною по відношенню до Re :

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						31
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\lambda = 0,11 \cdot e^{0,25}; \quad (2.43)$$

$$\lambda = 0,11 \cdot (4,65 \cdot 10^{-3})^{0,25} = 0,029.$$

Визначаємо суму коефіцієнтів місцевих опорів окремо для всмоктуючої та напірної ліній.

Для всмоктуючої лінії:

1) вхід у трубу (приймаємо з гострими краями) $\xi_1 = 0,5$;

2) 2 коліна з кутом 90° $\xi_2 = 2 \cdot 1,1 = 2,2$.

$$\Sigma \xi = \xi_1 + \xi_2;$$

$$\Sigma \xi = 0,5 + 2,2 = 2,7.$$

Для напірної лінії:

1) вентиль прямоточний $\xi_1 = 0,65$;

2) 3 коліна з кутом 90° $\xi_2 = 3 \cdot 1,1 = 3,3$;

3) 1 кожухотрубний теплообмінник $\xi_3 = 3,05$;

4) вихід з труби $\xi_4 = 1$.

$$\Sigma \xi = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3 + \xi_4;$$

$$\Sigma \xi = 0,65 + 3,3 + 3,05 + 1 = 8.$$

Втрату напору у всмоктуючій лінії знаходимо за рівнянням:

$$h_{П.ВС.} = \left(\lambda \cdot \frac{l}{d_E} + \Sigma \xi \right) \cdot \frac{w^2}{2 \cdot g}, \quad (2.44)$$

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		32

де l, d_E – відповідно довжина і еквівалентний діаметр трубопроводу.

$$h_{П.ВС.} = \left(0,029 \cdot \frac{3}{0,043} + 2,7 \right) \cdot \frac{2^2}{2 \cdot 9,81} = 0,96 \text{ м.}$$

Втрата напору в напірній лінії:

$$h_{П.НАП.} = \left(0,029 \cdot \frac{6}{0,043} + 8 \right) \cdot \frac{2^2}{2 \cdot 9,81} = 2,46 \text{ м.}$$

Загальні втрати напору:

$$h_{П} = h_{П.ВС.} + h_{П.НАП.}; \quad (2.45)$$

$$h_{П} = 0,96 + 2,46 = 3,42 \text{ м.}$$

Знаходимо напір насосу за рівнянням:

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho_p \cdot g} + H_{Г} + h_{П}, \quad (2.46)$$

де $(P_2 - P_1)$ – різниця тисків у апараті та в ємності, із якої подається рідина. У нашому випадку, враховуючи, що тиск у колоні атмосферний, ця різниця дорівнює 0 МПа;

$H_{Г}$ – геометрична висота, на яку транспортується суміш.

$$H = 5 + 3,42 = 8,42 \text{ м.}$$

					ХІ.Р.00.00.00 ПЗ	Лист
						33
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Корисну потужність насосу визначаємо за рівнянням:

$$N_{II} = \rho_p \cdot g \cdot V \cdot H ; \quad (2.47)$$

$$N_{II} = 800 \cdot 9,81 \cdot 2,78 \cdot 10^{-3} \cdot 8,42 = 184 \text{ Вт.}$$

Потужність, яку повинен розвивати електродвигун насосу на вихідному валу при встановленому режимі роботи:

$$N = \frac{N_{II}}{\eta_{пер} \cdot \eta_n}, \quad (2.48)$$

де $\eta_n = 0,6$ – коефіцієнти корисної дії насосу;

$\eta_{пер} = 1$ – коефіцієнти корисної дії передачі від електродвигуна до насосу.

$$N = \frac{184}{1 \cdot 0,6} = 307 \text{ Вт.}$$

Вибираємо відцентровий насос марки НМШ 8-25-15,3/25-5 із такими параметрами: об'ємна подача насосу 15,3 м³/год.; напір насосу 25 м; потужність, яку потребує насосом 7,5 кВт; частота обертів 1450 об/хв.

Розрахунок і вибір ємності для зберігання бінарної суміші [7].
Ємність для зберігання вихідної суміші розраховуємо, виходячи з 6–8 годинного резерву робочого часу, а також з урахуванням коефіцієнту заповнення $\psi = 0,8–0,85$. Приймаємо $\psi = 0,82$.

Розрахунковий об'єм ємності:

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						34
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{EP} = \frac{G \cdot \tau}{\psi \cdot \rho}; \quad (2.49)$$

$$V_{EP} = \frac{8000 \cdot 7}{0,85 \cdot 800} = 82,4 \text{ м}^3.$$

Для зберігання вихідної суміші встановлюємо дві окремі ємності.

Задаємося стандартизованим діаметром ємності $D=3,6\text{м}$, тоді її висота буде становити:

$$H = \frac{V_{EP} / 2}{0,785 \cdot D^2}; \quad (2.50)$$

$$H = \frac{82,4 / 2}{0,785 \cdot 3,6^2} = 4,0 \approx 5 \text{ м}.$$

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						35
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3 Розрахунки апарата на міцність та герметичність

3.1 Визначення товщини стінки апарата, кришки

Для подальших розрахунків приймаємо робочу температуру стінки $t=100^{\circ}\text{C}$ та робочий тиск в апараті $P = 0,1 \text{ МПа}$.

Розрахункова схема обичайки корпусу, навантаженого внутрішнім тиском, наведена на рис. 3.1.

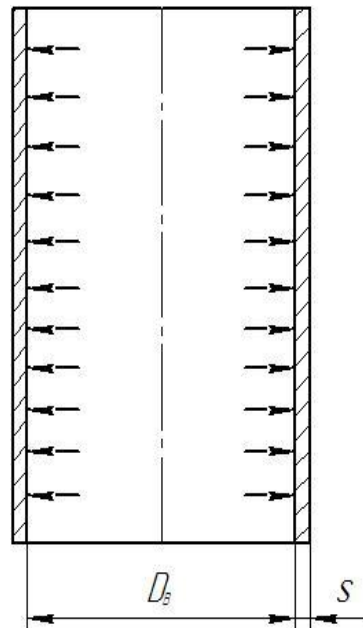


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема обичайки корпусу

Розрахунковий тиск для апаратів з робочим надлишковим тиском $P > 0,07 \text{ МПа}$ відповідно до рекомендацій наведених у [14] складе:

$$P_p = 1,1 \cdot p = 1,1 \cdot 0,1 = 0,11 \text{ МПа.} \quad (3.1)$$

Приймаємо стандартне значення $0,25 \text{ МПа}$ [14].

Пробний тиск при гідравлічному випробуванні [14]:

$$P_{np} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,5 P_p [\sigma]_{20} / [\sigma] \\ P_p + 0,3 \end{array} \right\}, \quad (3.2)$$

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		36

де $[\sigma]_{20}, [\sigma]$ – допустиме напруження для матеріалу корпусу при розрахунковій температурі і температурі 20°C , згідно [13]:

$$[\sigma]_{20} = 160 \text{ МПа}, [\sigma] = 152 \text{ МПа};$$

$$P_{np} = \max \left\{ \frac{1,5 \cdot 0,25 \cdot 140 / 132}{0,25 + 0,3} \right\} = \max \left\{ \begin{matrix} 0,43 \\ 0,55 \end{matrix} \right\} = 0,55 \text{ МПа}.$$

Розрахункове значення для модуля поздовжньої пружності для матеріалу корпусу, згідно [14]:

$$E_{20} = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}; E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}.$$

Коефіцієнт проточності зварного шва, згідно [14], складе: $\varphi = 0,9$.

Товщина стінки циліндричної обичайки, навантаженої внутрішнім надлишковим тиском:

$$S_k = \frac{P_{np} \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p - P_{np}}; \quad (3.3)$$

$$S_k = \frac{0,55 \cdot 1,4}{2 \cdot 152 \cdot 0,9 - 0,55} = 0,0028 \text{ м}.$$

Виконавча товщина стінки:

$$S \geq S_k + C, \quad (3.4)$$

де C – компенсаційна прибавка, яка складається зі складових:

$$C = C_1 + C_2 + C_3, \quad (3.5)$$

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						37
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

C_1 – прибавка на корозію і ерозію, при проникності $\Pi = 0,4$ мм/рік та терміні служби колони $\tau=10$ років складе:

$$C_1 = \Pi \cdot \tau = 0,4 \cdot 10 = 4 \text{ мм};$$

C_2 – прибавка на мінусове значення граничного відхилення по товщині листа, мм;

C_3 – технологічна прибавка, яка враховується в залежності від прийнятої технології виготовлення і не включає в себе округлення розрахункової товщини елемента до номінальної товщини за стандартом, мм.

Прибавки C_2 і C_3 враховуються лише в тому випадку, коли їх сума перевищує 5 % від розрахункової товщини обичайки.

Таким чином:

$$C = 4 + 0 + 0 = 4 \text{ мм};$$

$$S = 0,0028 + 0,004 = 0,0068 \text{ м.}$$

Приймаємо $S=8$ мм.

Допустимий внутрішній надлишковий тиск:

$$[p] = \frac{2[\sigma]\varphi_p(s-c)}{D+(s-c)}; \quad (3.6)$$

$$[p] = \frac{2 \cdot 152 \cdot 0,9 \cdot (0,008 - 0,004)}{1,4 + (0,008 - 0,004)} = 0,78 \text{ МПа.}$$

Умова міцності має вигляд [14]:

$$P < [P]: 0,55 \text{ МПа} < 0,78 \text{ МПа} - \text{умова міцності виконується.}$$

					ХІ.Р.00.00.00 ПЗ	Лист
						38
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахункова схема еліптичного днища представлена на рис. 3.2.

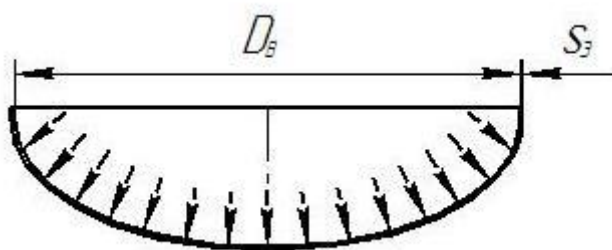


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема еліптичного днища апарата

Номінальна товщина стінки днища (кришки), навантажених внутрішнім надлишковим тиском:

$$S_{\delta} = \frac{P_p R}{2[\sigma] \cdot \phi - 0,5 P_p}, \quad (3.7)$$

де R – радіус кривизни в вершині днища.

Для еліптичних днищ $R = D$.

$$S_{\delta} = \frac{0,55 \cdot 1,4}{2 \cdot 152 \cdot 0,9 - 0,5 \cdot 0,55} = 0,0028 \text{ м.}$$

Загальне значення прибавки до товщини стінки днища (кришки) складе:

$$C = 4 + 0 + 0 = 4 \text{ мм.}$$

$$S_{\delta} = 0,0028 + 0,004 = 0,0068 \text{ м.}$$

Також приймаємо $S_{\delta} = 8 \text{ мм.}$

3.2 Розрахунок опори апарата

Визначимо навантаження порожнього апарату на опору по формулі:

$$Q_{an} = M_{an} \cdot g, \quad (3.9)$$

де M_{an} – маса порожнього апарату:

$$M_{an} = M_{\kappa} + M_{\text{дн}} + M_{\text{кр}} + M_m + M_{\text{фл}}, \quad (3.10)$$

де M_{κ} , $M_{\text{дн}}$, $M_{\text{кр}}$, M_m , $M_{\text{фл}}$ – відповідно маси корпусу, днища, кришки, тарілок, фланців і арматури

$$M_{\kappa} = H \cdot \pi \cdot D \cdot s \cdot \rho, \quad (3.11)$$

де ρ – щільність матеріалу корпусу $\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$;

$$M_{\kappa} = 17,05 \cdot 3,14 \cdot 1,4 \cdot 0,008 \cdot 7800 = 4677 \text{ кг.}$$

$$M_{\text{дн}} = M_{\text{кр}} = F \cdot s \cdot \rho, \quad (3.12)$$

де F – площа внутрішньої поверхні еліптичного днища $F = 1,62 \text{ м}^2$;

$$M_{\text{дн}} = M_{\text{кр}} = 1,62 \cdot 0,008 \cdot 7800 = 101 \text{ кг.}$$

Маса тарілок:

$$M_m = N \cdot m_m, \quad (3.13)$$

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						40
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

де $m_m=81$ кг – маса однієї клапанної тарілки.

$$M_m = 34 \cdot 81 = 2754 \text{ кг.}$$

Масу фланців і арматури приймемо рівною $M_{фл}=1000$ кг.

Маса порожнього апарату:

$$M_{ан} = 4677 + 2 \cdot 101 + 2754 + 1000 = 8633 \text{ кг;}$$

$$Q_{ан} = 8633 \cdot 9,81 = 84690 \text{ Н}$$

Навантаження апарату на опору при гідравлічних випробуваннях:

$$Q_{ан}^g = (M_{ан} + M_g) \cdot g, \quad (3.14)$$

де M_g – маса залитої в апарат води.

$$M_g = V \cdot \rho_g, \quad (3.15)$$

де V – об'єм апарату

$$V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H;$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 1,4^2}{4} \cdot 17,05 = 26,2 \text{ м}^3;$$

$$M_g = 26,2 \cdot 1000 = 26200 \text{ кг;}$$

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						41
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{an}^6 = (84690 + 26200) \cdot 9,81 = 1,09 \cdot 10^6 \text{ Н.}$$

За [14] вибираємо циліндричну опору: 1400-30-15-350.

3.3 Розрахунок апарата на вітрове навантаження

Ректифікаційну колону розраховують як консольну балку, навантажену рівномірно розподіленим вітровим навантаженням, що діє на корпус колони, і зосередженими силами, які є рівнодійними сил вітрового натиску на окремі елементи конструкції (сходи, площадки, теплообмінники тощо).

Момент від розподіленого навантаження обчислюється як рівнодійна, прикладена до середини апарату:

$$M = \beta \cdot c \cdot q \cdot D \cdot H, \quad (3.16)$$

де β – коефіцієнт збільшення швидкісного напору вітру за рахунок динамічного впливу, викликаного поривами вітру;

c – аеродинамічний коефіцієнт обтікання (для циліндричних апаратів $c = 0,6$);

q – значення вітрового напору на висоті, що відповідає середині розрахункового ділянки, Н/м^2 [14];

D – зовнішній діаметр колони, м;

H – висота розрахункової ділянки (у нашому випадку висота апарату), м.

Коефіцієнт збільшення швидкісного напору вітру визначається за формулою:

$$\beta = 1 + \zeta \cdot m, \quad (3.17)$$

де ζ – коефіцієнт динамічності, який знаходять за графіком залежно від періоду власних коливань апарату [14];

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						42
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

t – коефіцієнт пульсації швидкісного напору вітру; приймають за графіком залежно від висоти колони H [14].

$$\beta = 1 + 1,4 \cdot 0,8 = 2,12;$$

$$P = 2,12 \cdot 0,6 \cdot 3,21 \cdot 1,416 \cdot 18,450 = 106,7 \text{ МПа}.$$

Умова міцності на навітряній стороні апарату:

$$P \leq [\sigma] \cdot \varphi;$$

$$106,7 \leq 152 \cdot 1 = 152 \text{ МПа} \text{ – умову виконано.}$$

					ХІ.Р.00.00.00 ПЗ	Лист
						43
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

4 Монтаж та ремонт апарата

4.1 Монтаж апарата

Стадії монтажу колонної апаратури передує стадія збирання блоків, а потім уже приварюється опорна частина. Стиковку окремих частин колоди роблять за заводськими контрольними позначеннями (рисками). Відхилення розмірів стикуючих між собою ділянок повинні знаходитися у межах допустимих норм.

У зварюваних стиках ретельно контролюють зазори, які повинні бути в межах 2–4 мм незалежно від товщини листів обичайок. Кромки зварювальних частин ретельно очищають металевими щітками. Прихватку, як і повне зварювання, виконують електродами, передбаченими проектом. Стики, виконані з двошарової сталі, прихоплюють на основному шарі. Технологія зварювання (спосіб і режим зварювання, порядок накладення швів і термооброблення) наводиться в проектній документації заводу-виготовлювача. Ділянка території, де проводиться зварювання, повинна бути захищена від атмосферних опадів та вітру для запобігання забруднення шва. Бажано зварювання виконувати на роликовому стенді, на рамі якого встановлюють один або два зварювальних автомати. Для зварювання внутрішнього шва один автомат розміщують всередині апарату. Після завершення зварювання остаточно перевіряють всі розміри зібраного апарату, які повинні бути в межах допусків. Корпуси відповідальних колонних апаратів повинні відповідати таким вимогам: відхилення довжини не повинно перевищувати 0,3 % від проектного; кривизна циліндра на ділянці 1 м повинна бути не більше 2 мм, а для апаратів вище 10 м – не більше 3 мм.

Масобмінна тарілка являє собою контактний пристрій у середині колони, поверхня контакту фаз в яких утворюється в процесі руху взаємодіючих потоків по поверхні тарілки. Спосіб монтажу ректифікаційних тарілок залежить від їх конструкції і технологічного призначення. Їх можна збирати

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						44
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

при вертикальному (робочому) і горизонтальному положенні колони. Другий спосіб дозволяє скоротити загальну тривалість монтажних робіт, але пов'язаний із застосуванням пристосувань великої вантажопідйомності для підймання повністю зібраного апарату (рис. 4.1).

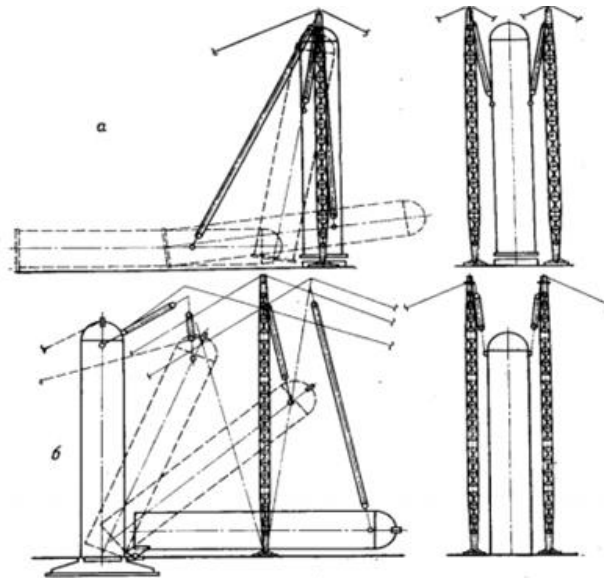


Рисунок 4.1 – Способи підйому колонного апарату: а – способом ковзання опорної частини; б – поворотом навколо шарніра

При горизонтальному положенні апарату тарілки встановлюють строго вертикально; їх положення перевіряють по схилу, що накладають на декількох точках, і по заздалегідь нанесеним на внутрішніх стінках апарату мітках, для чого апарат доводиться повертати навколо осі на 90° . Значно легше забезпечити суворе горизонтальне положення тарілок в уже встановленому, вивіреному і закріпленому на фундаменті корпусі апарату; в цьому випадку достатньої точності добиваються або за допомогою рівня, або заливаючи на поверхню тарілки воду.

Збирання тарілок починають з приварки до внутрішньої стінки корпусу колони опорних (несучих) елементів і нероз'ємних деталей (кишень, зливів, дисків, глухих сегментів). Зварку роблять в суворій відповідності з технічними умовами, із огляду на те, що при роботі колони важко визначити окремі

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						45
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

дефекти зварювання. Після складання всіх елементів кожна тарілка перевіряється на барботаж. Барботаж – процес проходження газу через шар рідини, створюється велика поверхня контакту фаз, що інтенсифікує процеси, які проходять в колоні. Для цієї мети закриваються всі люки, розташовані нижче контрольованої тарілки, тарілка заливається водою. Тарілку заливають водою так, щоб надмірна кількість води зливалася через зливні пристрої. Злив по всьому периметру повинен бути однаковим, тому передбачається можливість його регулювання. Товщина шару води на всіх ділянках тарілки повинна бути також однаковою. Після заповнення гідрозатворів в зливних кишнях перевіряється тарілка, компресором нагнітають повітря. Рівномірність барботажа контролюється візуально.

4.2 Ремонт апарата

Перед початком ремонту працівники технологічного цеху (оператори) виконують підготовчі роботи. Потім до роботи приступає ремонтний персонал виконавця ремонтних робіт (слюсарі-ремонтники). Як правило, при ремонті колонних апаратів з внутрішніми пристроями тарільчатого типу передбачається наступний склад робіт: приймання колони в ремонт за актом представником ремонтної організації (майстром ремонтно-механічної бригади). При виконанні ремонту колони рекомендується наступний порядок проведення робіт. Перед тим як безпосередньо приступати до ремонту необхідно отримати інструктаж з охорони праці, техніки безпеки, газобезпеки, пожежної безпеки і оформити наряд допуск на проведення газонебезпечних робіт всередині колони.

Керівник ремонтного підрозділу (майстер РМЦ, виконроб) повинен ознайомитися з результатами підготовчих робіт до ремонту колони або в цілому установки, зазначених в наряді допуску, з умовами, характером та обсягом робіт на місці їх виконання. Отримати дозвіл особи, відповідальної за

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						46
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

організацію безпечного проведення газонебезпечних робіт в цеху (начальника або заст. начальника цеху) і приступити до виконання ремонтних робіт.

Розтин люків-лазів роблять, починаючи із верхнього, і далі послідовно зверху вниз. Забороняється одночасно відкривати верхній і нижній люки-лази щоб уникнути підсосу повітря в колону і займання пароповітряної суміші (або пірофорних з'єднань).

Працівниками технологічного цеху проводиться відбір проб повітря з усіх люків колони. Результати аналізів на вміст вибухонебезпечних і вибухопожежонебезпечних речовин і на вміст кисню записуються в наряді допуску. Для проведення подальших робіт необхідно отримати акти від співробітників ГСС, які підтверджують, що зміст вибухо і пожежонебезпечних речовин в повітрі колони нижче ГДК, а вміст кисню не нижче 18 % об'ємних. Для демонтажу та монтажу внутрішніх пристроїв монтують блок з оснащенням, електролебідку. Якщо існує ймовірність значної забрудненості повітряного середовища усередині апарату під час чищення встановлюють на нижній люк колони вентилятор для подачі в колону чистого повітря.

Перед початком ремонту перевіряють температуру повітряного середовища всередині колони, яка не повинна перевищувати 30°C. Під час чищення колони і розбирання тарілок працюють в колоні по двоє людей в кожному люку: один всередині колони в шланговому протигазі з рятувальним поясом і сигнально рятувальної мотузкою; другий спостерігаючий дублер: зовні поруч з люком зі шланговим протигазом.

Маска повинна бути в положенні «напоготові». При роботі в колонах великого діаметра (3 і більше метрів) допускається доступ всередину 4-х, 6-ти і більше осіб, дотримуючись при цьому заходів безпеки.

Очищення стінок міжтарілочного простору, опорних конструкцій тарілок, зливних кишень і стінок кубової частини колони роблять за допомогою металевих скребоків і щіток, а також за допомогою механізованих

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						47
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

приспосовувань і інструментів. Відкладення і бруд видаляють з колони дерев'яними лопатами через люк-лаз і спускають їх вниз в цеберко зі спеціальними жолобами або відрами з використанням блоку.

Тарілки розбирають в кожному люку послідовно, починаючи з верхньої. Повне розбирання всіх тарілок роблять по секціях (сегментах), спуск секцій тарілок проводиться за допомогою встановленої у верхній частині колони поворотною кран-укосини потрібної вантажопідйомності.

Чистку тарілок проводять на зовнішньому майданчику в захисних окулярах за допомогою металевих скребків і щіток.

Одночасно проводять продування секцій паром і відбраковування дефектних деталей тарілок шляхом легкого обстукування молотком вагою від 0,5 до 1 кг.

Після чищення проводять заміну частини ковпачків. Деталі ковпачків виготовляють заново і збираються. Найбільш відповідальною операцією є приварка шпильки до корпусу ковпачка, так якщо ці деталі не будуть на одній осі правильне встановлення ковпачка являється неможливим. Співвісність деталей забезпечується спеціальною оправкою, яка дозволяє також змінювати висоту шпильки шляхом її часткового розгинання при затягуванні гайки.

Відбраковані деталі тарілок опускають на позначку 0.00 за допомогою електролебідки. При наявності на технологічному майданчику самохідних кранів з необхідними технічними характеристиками деталі тарілок опускаються на майданчик з їх допомогою. При ремонті корпусу колони куруються ОТУ 2 - 92, відповідно до яких розробляється технологія усунення дефектів корпусу і його покриття. Ремонт опорних конструкцій тарілок, зливних кишень вогневими методами з використанням ручного дугового електрозварювання (РДЕЗ) і газозварювання проводять після оформлення дозволу на проведення вогневих робіт всередині апарату, дозволу на проведення газонебезпечних робіт і наряду - допуску на проведення робіт підвищеної

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						48
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

небезпеки на кожен робочу зону, при позитивних аналізах повітряного середовища всередині колони. За результатами внутрішнього і зовнішнього огляду при наявності розпорядження інспектора відділу технічного нагляду або відповідного органу РТН проводять підвар дефектних ділянок зварних швів корпусу колони. Найбільш зношені ділянки корпусу колони вирізають, а на їх місце ставлять нову ділянку, заздалегідь звальцьовану по радіусу колони. Тип зварювання - встик. Вирізання великих ділянок корпусу може привести до ослаблення перетину і порушення стійкості. Тому до вирізання дефектного ділянки його зміцнюють стійками, що встановлюються всередині або зовні. Число й перетин стійок, розміри опорних лап розраховують, виходячи з умови рівності їх опорів опору вирізаного перетину. За допомогою таких стійок можна замінити весь пошкоджений пояс колони декількома частинами.

Проводять заміну штуцерів і різьбових з'єднань за окремим вогневому дозволу, дозволу на проведення газонебезпечних робіт і нарядом - допуском, при позитивних аналізах повітряного середовища всередині колони. Ремонт тарілок зазвичай полягає в заміні зношених деталей і кріпильних виробів. Відремонтовані і замінені деталі тарілок піднімають на майданчики за допомогою електролебідки, подають їх в колону вручну мотузками через люки-лази. Монтаж секцій тарілок всередині колони можна проводити за допомогою блоків і поліспаств. При наявності на майданчику самохідних кранів з відповідними технічними характеристиками подачу тарілок на майданчики можна здійснювати з їх допомогою.

Збірку тарілок проводять аналогічно розбиранню, в зворотному порядку, знизу-вгору. При складанні тарілок контролюють горизонтальність установки тарілок за шаблоном або за допомогою лінійки і рівня. Відхилення від горизонтальності має бути в допустимих межах, визначених індивідуально для кожного типу тарілок в "Інструкції з технічного нагляду, ревізії і відбракування" (ІТН-93). Перевірку правильності установки клапанів, жолобів і інших деталей тарілок здійснюють наливом води на тарілку і подачею повітря

					ХІ.Р.00.00.00 ПЗ	Лист
						49
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

в низ колони, при цьому рівномірність барботажа свідчить про правильність встановлення тарілки. Після закінчення встановлення тарілок і ремонту колони якість проведених ремонтних робіт перевіряє представник адміністрації цеху, відповідальний за проведення ремонту (старший механік цеху, заст. начальника цеху з ремонту). Після цього з колони прибирають сторонні предмети, матеріали, інструменти, пристосування і закривають люки-лази. Люки-лази закривають знизу-вгору, починаючи з нижнього, з заміною зношених прокладок і різьбових з'єднань.

Проводять гідравлічне випробування колони пробним тиском зі здачею за актом представнику відділу технічного нагляду підприємства або інспектору відповідного органу РТН. Гідравлічне випробування проводиться відповідно до "Методичних вказівок по гідравлічному випробуванню посудин, що працюють під тиском" по інструкції, розробленій з урахуванням вимог технічного проекту і інструкції по монтажу і експлуатації апарату підприємства-виробника. Якщо апарат працює під тиском шкідливих речовин 1, 2, 3, 4-го класів небезпеки за ГОСТ 12.1.007, то проводять пневматичне випробування апарату на герметичність повітрям або інертним газом під тиском, що дорівнює робочому.

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						50
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

5 Охорона праці

Аналіз небезпеки ураження людини в існуючих електричних мережах [17, 18].

Випадки ураження людини струмом можливі лише при замиканні електричного кола через тіло людини або, інакше кажучи, при дотику людини не менш ніж до двох точок ланцюга, між якими існує деяка напруга. Небезпека такого дотику оцінюється величиною струму, що проходить через тіло людини, або ж напругою дотику, залежить від ряду факторів [17]:

- схеми включення людини в ланцюг;*
- напруги мережі;*
- схеми самої мережі;*
- режиму її нейтралі;*
- ступеня ізоляції струмоведучих частин від землі;*
- від величини ємності струмоведучих частин щодо землі і т. п.*

Схеми включення людини в ланцюг можуть бути різними. Однак найбільш характерними є дві схеми включення: між двома проводами і між одним проводом і землею (див. рис. 5.1) [17].

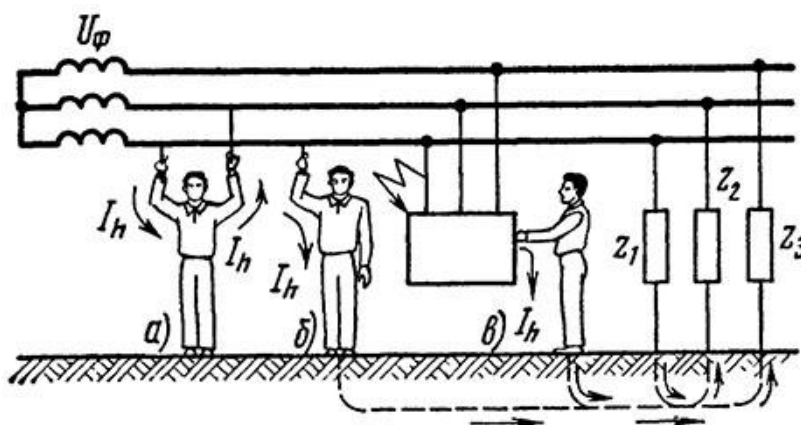


Рисунок 5.1 – Випадки включення людини в ланцюг струму:

а – двофазне включення; б, в – однофазні включення

Зрозуміло, у другому випадку передбачається наявність електричного зв'язку між мережею та землею. Стосовно до мереж змінного струму першу схему, зазвичай, називають двофазним включенням, а другу – однофазним [17].

Двофазне включення, тобто дотик людини одночасно до двох фаз, як правило, більш небезпечно, оскільки до тіла людини прикладається найбільша в даній мережі напруга – лінійна, і тому через людини піде більший струм.

Неважко уявити, що двофазне включення є однаково небезпечним в мережі як з ізолюваною, так і з заземленою нейтраллю [18].

При двофазному включенні небезпека ураження не зменшиться і в тому випадку, якщо людина надійно ізолювана від землі, тобто якщо вона має на ногах гумові калоші чи боти або стоїть на ізолюючій (дерев'яній) підлозі, або на діелектричному килимку [18].

Однофазне включення відбувається значно частіше, але є менш небезпечним, аніж двофазне включення, оскільки напруга, під якою опиняється людина, не перевищує фазну, тобто менша лінійної у 1,73 рази. Відповідно менше виявляється струм, що проходить через людину. Крім того, на величину цього струму впливають також режим нейтралі джерела струму, опір ізоляції і ємність проводів відносно землі, опір підлоги, на якій стоїть людина, опір його взуття і деякі інші фактори [18].

У трифазній трьохпроводній мережі з ізолюваною нейтраллю струм, що проходить через людину, при дотику до однієї із фаз мережі в період її нормальної роботи (див. рис. 5.2, а) визначається наступним виразом [17]:

$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h + \frac{Z}{3}}$$

де Z – комплекс повного опору однієї фази відносно землі (Ом).

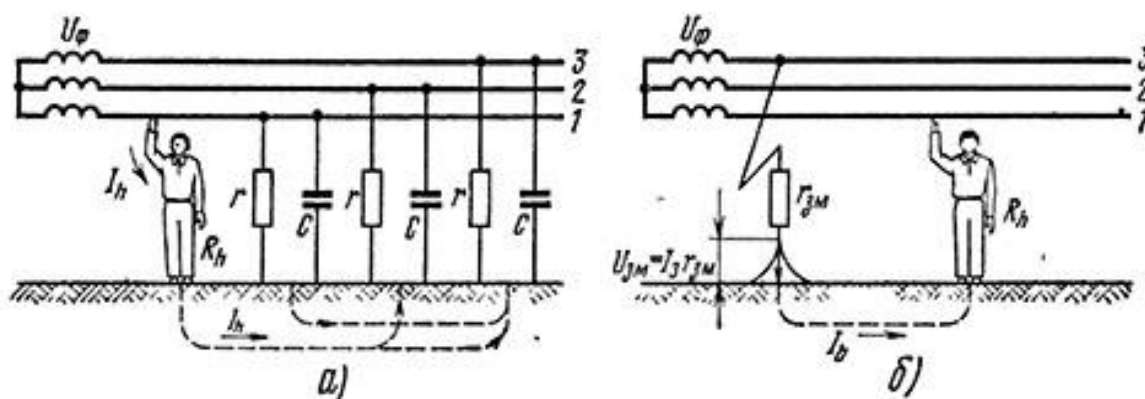


Рисунок 5.2 – Дотик людини до проводу трифазної трьох провідної мережі з ізольованою нейтраллю:

а – при нормальному режимі; б – при аварійному режимі

Вибір схеми мережі, а отже, і режиму нейтралі джерела струму виконують виходячи з технологічних вимог і умов безпеки. При напрузі до 1000 В широкого поширення набули обидві схеми трифазних мереж: трьохпроводна з ізольованою нейтраллю і чотирьохпроводна із заземленою нейтраллю [18].

За технологічними вимогами перевага часто віддається чотирьохпроводній мережі, вона використовує дві робочих напруги – лінійну і фазну. Так, від мережі 380 В можна жити як силове навантаження – трифазну, включаючи її між фазними проводами на лінійну напругу 380 В, так і освітлювальну, включаючи її між фазним і нульовим проводами, тобто на фазну напругу 220 В. При цьому стає значно дешевша електроустановка за рахунок застосування меншого числа трансформаторів, меншого перетину проводів і т. п. [18].

За умовами безпеки вибирають одну із двох мереж, виходячи з положення: за умовами дотику до фазного проводу в період нормального режиму роботи мережі більш безпечною є мережа з ізольованою нейтраллю, а в аварійний період – мережа із заземленою нейтраллю. Тому

мережі з ізольованою нейтраллю доцільно застосовувати, коли є можливість підтримувати високий рівень ізоляції мережі і коли ємність мережі відносно землі незначна. Це можуть бути мало розгалужені мережі, які не піддаються впливу агресивного середовища і знаходяться під постійним наглядом кваліфікованого персоналу. Прикладом можуть служити мережі невеликих підприємств, пересувні установки тощо [18].

Мережі з заземленою нейтраллю застосовують там, де неможливо забезпечити гарну ізоляцію електроустановок (через високу вологість, агресивне середовище та ін.) або не можна швидко відшукати і усунути пошкодження ізоляції, коли ємнісні струми мережі внаслідок значної її розгалуженості досягають великих значень, небезпечних для життя людини. До таких мереж відносяться мережі великих промислових підприємств, міські розподільні та ін. [18].

Існуюча думка про більш високий ступінь надійності мереж з ізольованою нейтраллю недостатньо обґрунтована. Статистичні дані вказують, що за умовами надійності роботи обидві мережі практично однакові. При напрузі вище 1000 В аж до 35 кВ мережі з технологічних причин мають ізольовану нейтраль, а вище 35 кВ – заземлену [18].

Під напругою кроку розуміється напруга між двома точками ланцюга струму, що знаходяться одна від одної на відстані кроку, на яких одночасно стоїть людина. Величина кроку зазвичай приймається рівною 0,8 м [18].

Для деяких тварин (коні, корови) величина напруги кроку більше, ніж для людей, і шлях струму захоплює грудну клітку. Із цих причин вони більш схильні до ураження кроковою напругою. Крокова напруга виникає навколо місця переходу струму від пошкодженої електроустановки в землю. Найбільша величина буде близько місця переходу, а найменша – на відстані більше 20 м, тобто за межами, що обмежують поле розтікання струму в ґрунті [18].

На відстані 1 м від заземлювача падіння напруги становить 68 % повної напруги, на відстані 10 м – 92 %, на відстані 20 м потенціали точок настільки малі, що практично можуть бути рівні нулю. Такі точки поверхні ґрунту вважаються такими, що поза зоною розтікання струму і називаються «землею». небезпека напруги кроку збільшується, якщо людина, що піддалася його впливу, падає. І тоді напруга кроку зростає, оскільки шлях струму проходить вже не через ноги, а через все тіло [18].

Випадки ураження людей через вплив напруги кроку відносно рідкісні. Вони можуть відбутися, наприклад, поблизу упавшого на землю проводу (в такі моменти до відключення лінії не можна допускати людей і тварин на близьку відстань до місця падіння проводу). Найбільш небезпечні напруги кроку при ударі блискавки. Опинившись у зоні крокової напруги, виходити з неї слід невеликими кроками в сторону, протилежну місцю передбачуваного замикання на землю, і зокрема лежачого на землі проводу [18].

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						55
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел

1. Бензол: технологии производства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://newchemistry.ru/letter.php?n_id=663
2. Вікіпедія. Толуен [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://uk.wikipedia.org/wiki/Толуен>
3. Плановский А. Н. Процессы и аппараты химической и нефтяной технологии / А. Н. Плановский, П. И. Николаев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1972. – 494 с.
4. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра / укладачі: Р. О. Острога, М. С. Скиданенко, Я. Е. Михайловський, А. В. Іванія. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 32 с.
5. Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии / И.Л. Иоффе. – Л. : Химия, 1991. – 352 с.
6. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин. – М. : Химия, 1973. – 752 с.
7. Павлов К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : Учебное пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. – 10-е изд., перераб. и доп. – Л. : Химия, 1987. – 576 с.
8. Лащинский А. А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры / А. А. Лащинский, А. Р. Толчинский. – Л. : Машиностроение, 1970. – 752 с.
9. Лащинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов : Справочник / А. А. Лащинский. – Л. : Машиностроение, 1981. – 382 с.
10. Марочник сталей и сплавов / В. Г. Сорокин, А. В. Волосникова, С. А. Вяткин [и др.]. – Под общ. ред. Сорокина В. Г. – М. : Машиностроение, 1989. – 640 с.
11. Врагов А. П. Матеріали до розрахунків процесів та обладнання хімічних і газонафтопереробних виробництв: Навчальний посібник / А. П.

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		56

Врагов, Я. Е. Михайловський, С. І. Якушко. – За ред. А. П. Врагова. – Суми : Вид-во СумДУ, 2008. – 170 с.

12. Основные процессы и аппараты химической технологии : Пособие по проектированию / Под ред. Дытнерского Ю. И. – М. : Химия, 1983. – 272 с.

13. Машины и аппараты химических производств. Примеры и задачи / Под общ. ред. В. Н. Соколова. – Л. : Машиностроение, 1982. – 384 с.

14. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи : Учеб. пособие для студентов вузов / М. Ф. Михалев, Н. П. Третьяков, А. И. Мильченко [и др.]. – Под общ. ред. Михалева М. Ф. – Л. : Машиностроение, 1984. – 301 с.

15. Гайдамак К. М. Монтаж оборудования предприятий химической и нефтехимической промышленности / К. М. Гайдамак, Б. А. Тыркин. – М. : Высшая школа, 1974. – 286 с.

16. Фармазов С. А. Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов / С. А. Фармазов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1980. – 312 с.

17. Аналіз небезпеки ураження струмом у різних електричних мережах. Електробезпека [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://ohrana-bgd.narod.ru/mashin/mashin_064.html

18. Аналіз небезпеки ураження струмом у різних електричних мережах [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.ess-ltd.ru/elektrobezopasnost/analiz-opasnosti-porazheniya-tokom/>

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						57
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		