

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра хімічної інженерії

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

підпис, дата

Кваліфікаційна робота бакалавра
зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"
Освітня програма " Обладнання нафто газопереробних
виробництв "

Тема роботи: Ректифікаційна установка для розділення суміші бензол – оцтова кислота. Розробити ректифікаційну колону з сітчастими тарілками.

Виконав:

студент групи Хм-81/2хо

Кисляк Владислав Володимирович

підпис

Залікова книжка
№ 18510190

Кваліфікаційна робота бакалавра
захищена на засіданні ЕК

Керівник:
доцент. Михайловський Я.Є.

з оцінкою _____

"__" _____ 20__ р.

підпис, дата

Підпис голови

(заступника голови) комісії

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

Спеціальність 133 "Галузеве машинобудування"

Освітня програма " Обладнання нафто газопереробних виробництв "

Курс 4 Група ХМ-81/2ХО Семестр

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

студенту Кисляку Владиславу Володимировичу

1 Тема роботи: Ректифікаційна установка для розділення суміші бензол – оцтова кислота.
Розробити ректифікаційну колону з сітчастими тарілками.

2 Вихідні дані Продуктивність за вихідною сумішшю 4500 кг/год. Вміст низькокиплячого
компонента (% мол.): у вихідній суміші 25, у дистиляті 94, у кубовому залишку 2,5.

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

1. Технологічна схема установки - 1 арк.

2. Складальне креслення. Колони ректифікаційної - 1 арк.

3. Складальне креслення. Корпусу на устан. ректиф. - 1 арк.

4 Рекомендована література: Методичні вказівки "Процеси та апарати хім. Виробництв (ч.2)
"укладачі" Я.Є. Михайловський, М.П. Юхименко. Лашинський А.А. "Конструирование машин и
аппаратов хим. техн.

5 Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

Етапи та розділи проекування	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 _____

Керівник

доцент. Михайловський Я.Є. _____

підпис

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 51 с., 3 рис., 17 джерел.

Графічні матеріали: складальний креслення апарату, креслення складальної одиниці (тарілки) - всього 2,5 аркуша формату А1

Тема проекту «Ректифікаційна установка для розділення суміші бензол – оцтова кислота. Розробити ректифікаційну колону з сітчастими тарілками».

Наведено теоретичні основи і особливості процесу ректифікації, обґрунтований вибір матеріалу для виготовлення апарату, виконані розрахунки матеріального і теплового балансів процесу, виконані технологічні розрахунки апарату, визначені його розміри, розрахований гідравлічний опір тарілки і апарату в цілому, виконані розрахунки апарату на міцність.

Ключові слова: АПАРАТ, УСТАНОВКА, РЕКТИФІКАЦІЙНА КОЛОНА, РОЗРАХУНОК.

Зміст

Вступ.....	5
1. Опис технологічної схеми установки	6
1.1 Опис технологічної схеми ректифікаційної установки	6
1.2 Теоретичні основи процесу.....	7
1.3 Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструктивних матеріалів	12
2 Технологічні розрахунки процесу і апарата.....	17
2.1 Технологічні розрахунки	17
2.2 Конструктивні розрахунки	22
2.3 Теплові (енергетичні) розрахунки.....	27
2.4 Гідрравлічний опір апарата.....	28
2.5 Вибір допоміжного обладнання	32
3. Розрахунки апарата на міцність та герметичність.....	36
3.1 Визначення товщини стінки апарата, кришки	36
3.2 Вибір і розрахунок опори.....	39
4 Монтаж та ремонт апарата	
4.1 Монтаж апарата.....	41
4.2 Ремонт апарата	43
5 Охорона праці.....	46
Список літератури	50
Додаток А – Побудова рівноважної і робочих ліній на діаграмі х – у	

Додаток Б – Специфікації

					XI.A.00.00.00.ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата			
Розробив		Кисляк В.В.			Літера	Лист	Листів
Перевірив		Михайловський Я.Е.				4	51
Н. Контр.					<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;">Ректифікаційна колона</div> <div style="text-align: center; font-size: 1.1em;">XM-81/2хo</div> </div>		
Затверди							

Вступ

Хімічна промисловість випускає досить, різноманітну за асортиментом продукцію, конкурентоспроможну на світовому ринку. Дані товари отримують на підприємствах, які являють собою складний комплекс.

Широкий асортимент одержуваних хімічних продуктів обумовлює складність і різноманітність технологічних процесів, а також типів, конструкцій машин і апаратів для їх проведення.

Номенклатура хімічного обладнання досить широка: теплообмінники, колони, сушарки, реакційні апарати, сепаратори, ємкісна апаратура, апарати високого тиску та ін. Кожна з цих груп ділиться на типи, а останні - на десятки типорозмірів.

Ректифікація - основний процес, який призначений для поділу сумішей різних по температурі кипіння рідин. Даний процес здійснюється в колоном апараті.

До числа основних колонних апаратів відносяться тарілчасті і насадні колони. Процес безпосередньо відбувається на тарілках в тарілчастих колонах і в слої насадки в насадкових колонах. Масообміні колони являють собою циліндричний корпус з внутрішніми контактними пристроями, що забезпечують інтенсивну взаємодію між надходячими в колону потоками рідини і пару (газу).

Основними вимогами, що пред'являються до колонних апаратів являються: забезпечення заданої чистоти продуктів масообміну, висока питома продуктивність, малі питомі металловитрати і енергоємність надійність в роботі при досить широкому діапазоні зміни навантаження, можливість серійного виробництва на машинобудівних заводах, простота обслуговування.

					XI 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		5

1 Технологічна частина

1.1 Опис технологічної схеми установки

Ректифікаційна установка являє собою комплекс машин і апаратів, використовуваних для розділення двох і більше компонентних речовин на окремі компоненти або їх групи (фракції).

Схема безперервно діючої ректифікаційної установки зображена на рис.1.

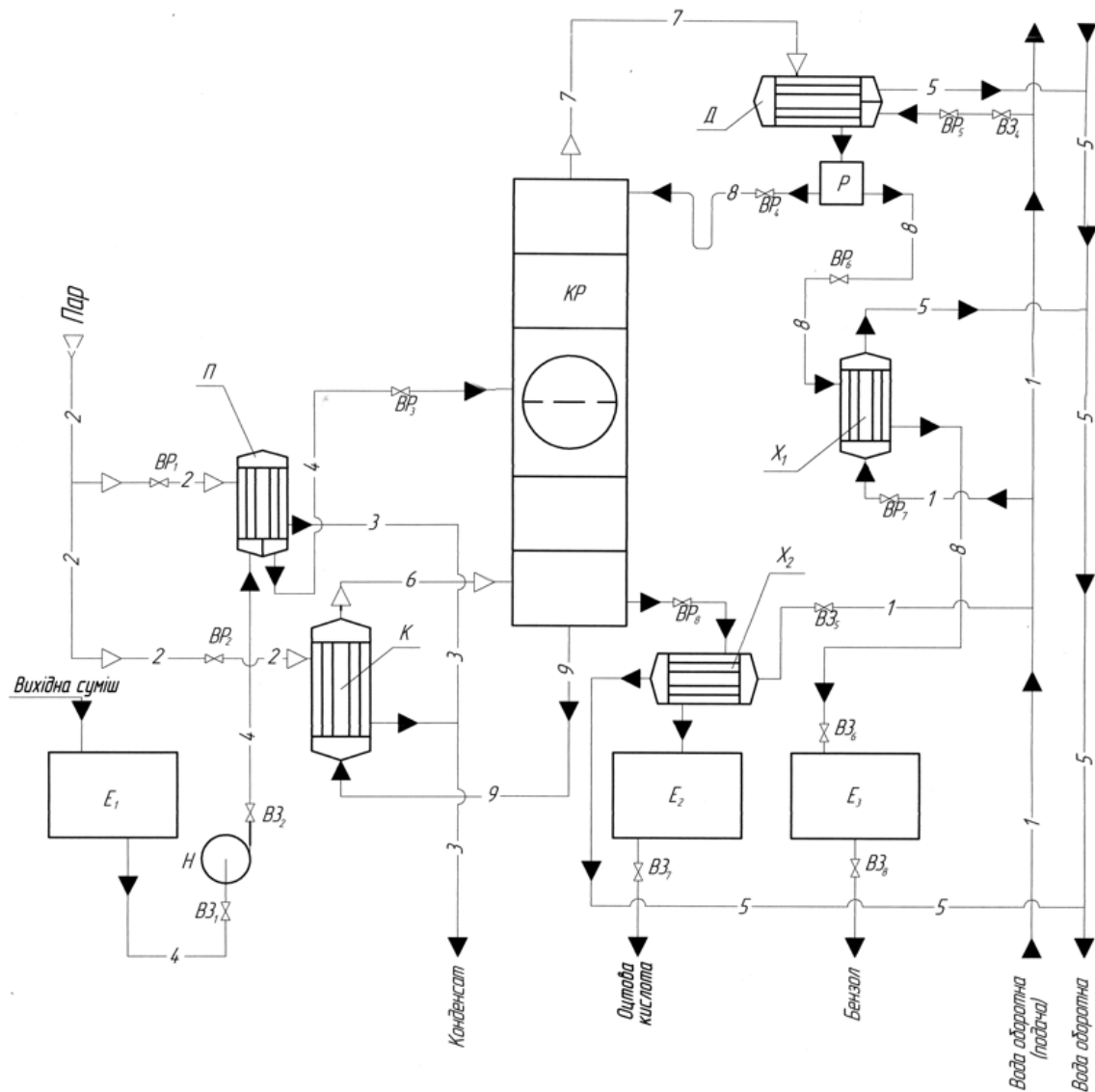


Рис 1 – Технологічна схема ректифікаційної установки

Вихідна суміш з проміжної ємності E1 відцентровим насосом Н подається в підігрівач П, де підігрівається до температури кипіння

					XI 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		6

насиченою водяною парою. Нагріта суміш надходить на поділ в колону ректифікації КР на тарілку живлення. Стікаючи вниз по колоні, рідина взаємодіє з піднімаючою вгору парою, що утворюється при кипінні кубової рідини у кип'ятильнику К. У результаті, з рідини видаляється легколеткий компонент (ЛЛК). Пар, збагачений ЛЛК, піднімається вгору по колоні і надходить в дефлегматор Д. З дефлегматора сконденсована пара надходить в розподільний стакан Р, де конденсат розділяється на два потоки: перший (флегма) повертається на зрошення колони, другий (дистилят) надходить в холодильник дистиляту Х1 і далі в проміжну ємність Е3. Із кубової частини колони безперервно відводиться кубовий залишок – продукт, збагачений ТЛК, який охолоджується в холодильнику Х2 і направляється в ємність Е2. Підігрівач вихідної суміші і кип'ятильник обігрівуються насиченою водяною парою, а конденсат, що утворився, повертається на ТЕЦ.

1.2 Теоретичні основи процесу

Для отримання продуктів очікуваного ступеня чистоти з високими виходами служить процес ректифікації.

Ректифікація - це протитечійна взаємодія двох нерівноважних фаз - рідини і пари, яка утворюється з цієї рідини. У наслідок таких процесів, які неодноразово повторюються, вихідна в колоні парова фаза поступово збагачується низькокиплячим компонентом (НКК), і з верхньої частини колони відводяться практично чисті пари НКК. Проте, стікаючи по колоні зверху вниз рідка фаза збагачується висококиплячим компонентом (ВКК), і знизу апарату виводиться практично чистий ВКК.

Виконуючи неодноразове контактування відповідних нерівноважних потоків парової і рідкої фаз, можна за необхідності змінити склад бажаного ступеня.

					XI 00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		7

Процес ректифікації виконується в протитечійних апаратах – колонах: пари протікають від низу до верху, а назустріч парам зверху вниз стікає рідина, що

подається в верхній елемент колони.

Масообмін з'являється між паровою і рідкою фазами, внаслідок чого пари в міру їх просування по колоні збагачуються легколетким компонентом, а рідина – менш летким компонентом.

Зрештою пара, яка виходить з верхньої частини колони, являє собою певною-мірою чистий легколеткий компонент, завдяки конденсації отримуємо готовий продукт – дистилят, а з нижньої частини колони виходить порівняно чистий леткий компонент, так званий кубовий залишок, який, так само як і дистилят, може бути кінцевим продуктом процесу.

Рідина, яка поступає на зрошування колони, є так званою флегмою, яка отримується шляхом конденсації пари, що піднімається з верхньої частини колони, в спеціальних конденсаторах-дефлегматорах або ж в апаратах повітряного охолодження.

Для утворення пару нижній елемент колони забезпечують гріючими пристосуваннями або ж теплообмінниками-випарниками, завдяки яким підводять необхідну кількість тепла, у більшості випадків з гріючою водяною парою.

Використовуємо тарілчасту ректифікаційну колону для проведення заданого процесу.

Тарілки ректифікаційних колон можемо умовно розглядати як тепломасообмінні елементи, в яких одночасно протікають теплообмінні процеси (конденсація парів і випаровування рідини), а також відбуваються масообмінні процеси між взаємодіючими паровою і рідкою фазами.

При розрахунках ректифікаційних колон кількість і склад фаз зручно виражати в молярних величинах. Отже, можна вважати, що при конденсації з

					XI 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		8

пари n кмолей труднолеткого компонента випаровується з рідини n кмолей легколеткого компонента, тобто кількість фаз по всій висоті колони буде постійною.

Приймемо наступні допущення, протікання процесу, що мало спотворюють фактичні умови, але що значно спрощують розрахунок:

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

по потокам: $G_F = G_D + G_W$; (1.1)

по легколеткому компоненту: $G_F x_F = G_D x_D + G_W x_W$, (1.2)

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

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

Тепловий баланс ректифікаційної колони:

Для колони безперервної дії з урахуванням втрат теплоти в довкілля маємо:

прихід тепла:

- з гріючою парою в кубі випарника Q_K ;
- з вихідною сумішшю $Q_F = G_F I_F$; (1.3)

витрата тепла:

- з водою від сконденсованих у дефлегматорі парів Q_d ;
- з дистилятом $Q_D = G_D I_D$; (1.4)

- з кубовим залишком $Q_W = G_W I_W$; (1.5)

- втрати у навколишнє середовище $Q_{пот}$;

					XI 00.00.00 ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

де I_D, I_F, I_W – ентальпія дистилляту, вихідної суміші, кубового залишку.

Отже, рівняння теплового балансу:

$$Q_K + Q_F = Q_d + Q_D + Q_{\text{пот}} \quad (1.6)$$

Підставляючи замість Q значення вирішимо відносно Q_K :

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

Тарілчасті колони. Визначення висоти тарілчастої колони проводиться по рівнянню:

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

де $H_T = (n-1) \cdot h$ — висота тарілчастої частини колони, м,

h_1 – висота сепараційної частини колони, м; h_2 –

відстань від нижньої тарілки до днища, м;

n – число тарілок;

h – відстань між тарілками, м.

Визначення числа тарілок:

При наближених розрахунках застосовують теоретично менш обґрунтований, але простіший метод визначення числа тарілок за допомогою, так званого, середнього до. п. д. тарілок:

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

де n_T – число теоретичних тарілок. Значення η визначають за дослідними даними і знаходяться в межах 0,3–0,8 [6].

Процеси ректифікації здійснюються безперервно або періодично при різних тисках: під вакуумом, під атмосферним тиском, а також під тиском вище за атмосферний.

Тиск вище атмосферного застосовують тільки у визначених випадках, коли суміш, що розділяється, при атмосферному тиску знаходиться в газоподібному стані; ректифікацію при знижених тисках (під вакуумом) проводять для розділення високо-киплячих сумішей.

					XI 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		10

Процеси випару рідини і конденсації пари, що чергуються і багаторазово повторюються, протікають на спеціальних контактних пристроях, розміщених у вертикальному колонному апараті, названою як колоною ректифікації.

Існує два типи апаратів, які використовуються у ректифікаційних установках : насадкові і тарілчасті ректифікаційні колони.

Тарілчасті колони застосовуються для великої продуктивності, широкого діапазону змін навантажень по пару та рідині , та можуть забезпечити дуже чітке розділення сумішей. Недоліком таких апаратів вважається відносно високий гідравлічний опір.

Але ж для умов ректифікації це не має значення: підвищення гідравлічного опору, що може спричинити лише до деякого збільшення тиску і відповідно до підвищення температури кипіння рідини в кип'ятильнику колони.

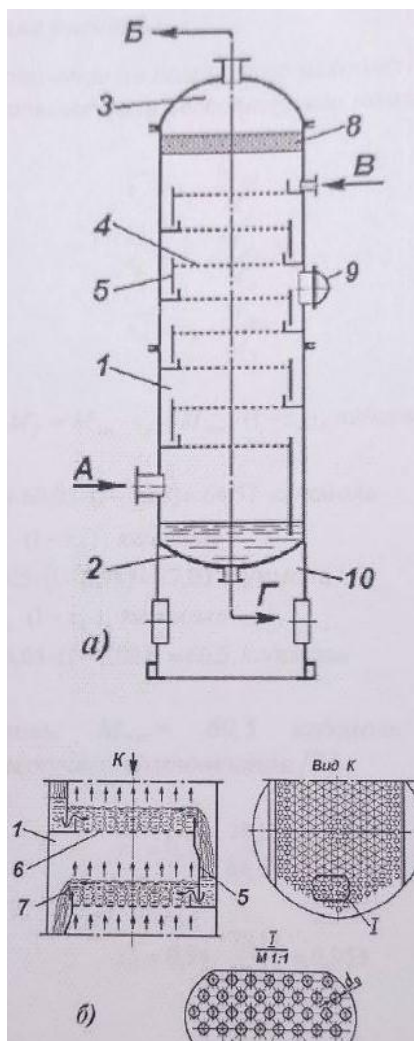
Метою розрахунку колони ректифікації є визначення температури процесу і кількості теплоти, що відводиться, вибір швидкості пари, насадки(для насадкових колон) і типу тарілок (для тарілчастих колон), розмірів і гідравлічного опору апарата [3, 4].

При проектуванні ректифікаційних установок , з яких газ відводиться в атмосферу, необхідно враховувати питання охорони довкілля, концентрація компонента, що поглинається, в паровій фазі на виході з колони не повинна перевищувати гранично-допустиму. Якщо це не досягається в одному апараті, то необхідно встановлювати додаткове обладнання.

					XI 00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		11

1.3 Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструктивних матеріалів

Об'єктом дослідження є тарілчаста колона з сітчастими тарілками для розділення суміші бензол – оцтова кислота (рис. 2).



а) – пристрій колони

б) – принцип роботи та пристрій сітчастої тарілки

1 - корпус; 2- днище; 3 – кришка; 4 – сітчаста тарілка; 5 – переливна стінка; 6 – полотно тарілки; 7 – планка переливна; 8 – бризкоуловлювач;
9. люк – лаз; 10 – опора

Рис 2. Схема пристрою тарілчастої ректифікаційної колони з сітчастими тарілками

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

XI 00.00.00 ПЗ

Лист

12

За конструкцією - це апарат з вертикальним циліндричним корпусом до якого приварене днище. Корпус і кришка роз'ємно з'єднані за рахунок фланцевого з'єднання. У середині корпусу встановлені контактні пристрої у вигляді сітчастих тарілок. За допомогою тарілок утворюється спрямований рух фаз і багатократна взаємодія рідини і пару.

Ректифікаційна колона складається з двох частин: верхньої – зміцнюючої (концентраційної) та нижньої – вичерпної (відгінної).

Для того що б зберегти високе витягання компонентів, необхідно здійснити зрошування у верхній частині колони.

Внизу колони температура практично дорівнює температурі кипіння високо-киплячого компонента при тій, що відповідає тиску в колоні, на верхній тарілці колони температура практично дорівнює температурі кипіння низько-киплячого компонента

На колоні передбачені штуцера для обв'язування апарату технологічними трубопроводами та підключення до технологічної лінії.

До корпусу колони знизу приварена опорна частина, яка забезпечена лапами для кріплення до фундаменту.

Кожен отвір сітчастої тарілки , у центрі якого проходить пар, що підхоплює та розпилує рідину , що знаходиться на тарілці. Злив в сітчастих тарілках відбувається не лише через зливні пристрої, але і через отвори, у які проходить пар.

При конструюванні хімічної апаратури до конструкційних матеріалів пред'являються наступні вимоги:

- висока хімічна і корозійна стійкість матеріалів в агресивному середовищі при робочих параметрах;
- висока механічна міцність при заданих робочому тиску і температурі, і додаткових навантаженнях, які виникають при гідравлічних випробуваннях і експлуатації апаратів;
- матеріали повинні добре зварюватися;

					XI 00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		13

- низька вартість і доступність матеріалів.

Головною вимогою для матеріалів хімічних апаратів у більшості випадків є їх корозійна стійкість, оскільки вона визначає довговічність хімічного обладнання.

Враховуючи усі перераховані параметри для корпусу, днища, кришки і апаратного фланця вибираємо сталь 12Х18Н10Т, для тарілки 12Х18Н10Т, для опори - сталь СтЗпс, для кріпильних виробів - сталь 35 Х, для матеріал прокладки - пароніт.

Сталь 12Х18Н10Т [10]. Сталь корозійно-стійка жароміцна.

Призначення – різні деталі зварних металоконструкцій, які працюють при температурі від -70 до + 425°С під тиском.

Технологічні властивості сталі:

- температура кування, °С: початку 1250, кінця 850;
- зварюваність – зварюється без обмежень, способи зварювання: РДС, АДС під флюсом і газовим захистом, ЕШС;
- різання – у нормалізованому, відпущеному стані $\sigma_B = 520$ МПа,
- K_v б. ст. = 1,0; K_v тв. спл. = 1,6;
- схильність до відпускної крихкості – не схильна; – флокеночутливість – не чутлива.

Призначення: зварна апаратура, яка працює в середовищах підвищеної агресивності.

Сталь СтЗпс [10].

Призначення: елементи зварних і незварних конструкцій і деталей, які працюють при позитивних температурах.

Технологічні властивості сталі СтЗпс:

					XI 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		14

- температура кування, °С: початку 1300, кінця 750, охолодження на повітрі;
- зварюваність – зварюється без обмежень; способи зварювання – РДС, АДС під флюсом і газовим захистом, ЕШС і КТС, для товщини понад 36 мм рекомендується підігрів і подальша термообробка;
- різання – у гарячекатаному стані при НВ 124 і $\sigma_B = 400$ МПа K_v б. ст. = 1,6; K_v тв. спл. = 1,8;
- флокеночутливість – не чутлива; схильність до відпускнуї крихкості – не схильна.

Сталь 35 Х [12]. Конструкційна вуглецева сталь звичайної якості.

Призначення: несучі елементи зварних і незварних конструкцій, що працюють при позитивних температурах (осі, вали, шестерні та інші деталі)

Технологічні властивості стали 35 Х:

- температура кування, °С: початку 1250, кінця 800;
- зварюваність – добре зварюється усіма видами зварювання, не схильна до відпускнуї крихкості; способи зварювання – РДС, ЕШС; рекомендується підігрів і подальша термообробка;
- різання – у гарячекатаному стані при НВ 163 і $\sigma_B = 610$ МПа; K_v тв. ст. = 0,95;
- флокеночутливість – малочутлива; схильність до відпускнуї крихкості – схильна.

Пароніт - листовий матеріал прокладення, що виготовляється пресуванням асбокаучукової маси, що складається з азбесту, каучуку і порошкових інгредієнтів.

Застосовується для ущільнення з'єднань, працюючих в середовищах : води і пара з тиском 5 МН/м² і температурою 450 °С; нафти і нафтових

					XI 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		15

продуктів при температурах 200-400 °С та тиском 7-4 МН/м² відповідно;
рідкого і газоподібного кисню, етилового спирту і тд.

Для підвищення механічних властивостей пароніту в деяких випадках його армують металічною сіткою (званою ферроніт).

					XI 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		16

2 Технологічні розрахунки процесу і апарата

2.1 Технологічні розрахунки

Оскільки продуктивність колони по вихідній суміші задана в кг/годину, необхідно перевести мольні частки легколеткого компонента в продуктах масові:

$$\bar{x}_f = x_f \cdot \frac{M_{\text{ЛЛК}}}{M_f} \quad (2.1)$$

$$\bar{x}_D = x_D \cdot \frac{M_{\text{ЛЛК}}}{M_D} \quad (2.2)$$

$$\bar{x}_W = x_W \cdot \frac{M_{\text{ЛЛК}}}{M_W} \quad (2.3)$$

$$M_f = M_{\text{ЛЛК}} \cdot x_f + M_{\text{ТЛК}} \cdot (1 - x_f), \text{ кг/моль} \quad (2.4)$$

$$\text{де } M_f = 78,11 \cdot 0,25 + 60,05 \cdot (1 - 0,25) = 64,57 \text{ кг/моль}$$

$$M_D = M_{\text{ЛЛК}} \cdot x_D + M_{\text{ТЛК}} \cdot (1 - x_D), \text{ кг/моль}$$

$$M_D = 78,11 \cdot 0,94 + 60,05 \cdot (1 - 0,94) = 77,03 \text{ кг/моль}$$

$$M_W = M_{\text{ЛЛК}} \cdot x_W + M_{\text{ТЛК}} \cdot (1 - x_W), \text{ кг/моль}$$

$$M_W = 78,11 \cdot 0,025 + 60,05 \cdot (1 - 0,025) = 60,5, \text{ кг/моль}$$

$$M_{\text{ЛЛК}} = 78,11, \frac{\text{кг}}{\text{моль}}, M_{\text{ТЛК}} = 60,5 \frac{\text{кг}}{\text{моль}} - \text{Молярні маси легколетких і}$$

важколетких компонентів.

$$\bar{x}_f = 0,25 \cdot \frac{78,11}{64,57} = 0,302$$

$$\bar{x}_D = 0,94 \cdot \frac{78,11}{77,03} = 0,953$$

$$\bar{x}_W = 0,025 \cdot \frac{78,11}{60,5} = 0,032$$

Матеріальний баланс ректифікаційної колони складається по потокам [1]:

$$G_f = G_D + G_W; \quad (2.5)$$

По легко – літучому компоненту:

$$G_f \cdot \bar{x}_f = G_D \cdot \bar{x}_D + G_W \cdot \bar{x}_W; \quad (2.6)$$

Спільне рішення рівнянь (2.4) і (2.5) дозволяє отримати залежність для

					XI 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		17

визначення масових витрат дистилляту і кубового залишку:

$$G_D = G_f \cdot \frac{\bar{x}_f - \bar{x}_W}{\bar{x}_D - \bar{x}_W}; \quad (2.7)$$

$$G_W = G_f \cdot \frac{\bar{x}_D - \bar{x}_f}{\bar{x}_D - \bar{x}_W}; \quad (2.8)$$

$$G_D = 4500 \cdot \frac{0,302 - 0,032}{0,953 - 0,032} = 1319,2 \text{ кг/ч}$$

$$G_W = 4500 \cdot \frac{0,953 - 0,302}{0,953 - 0,032} = 3180,8 \text{ кг/ч}$$

Криву рівноваги (рис. 3) будемо по координатах у - х по довідковим даним про рівноважні склади рідини і пара залежно від температури [2].

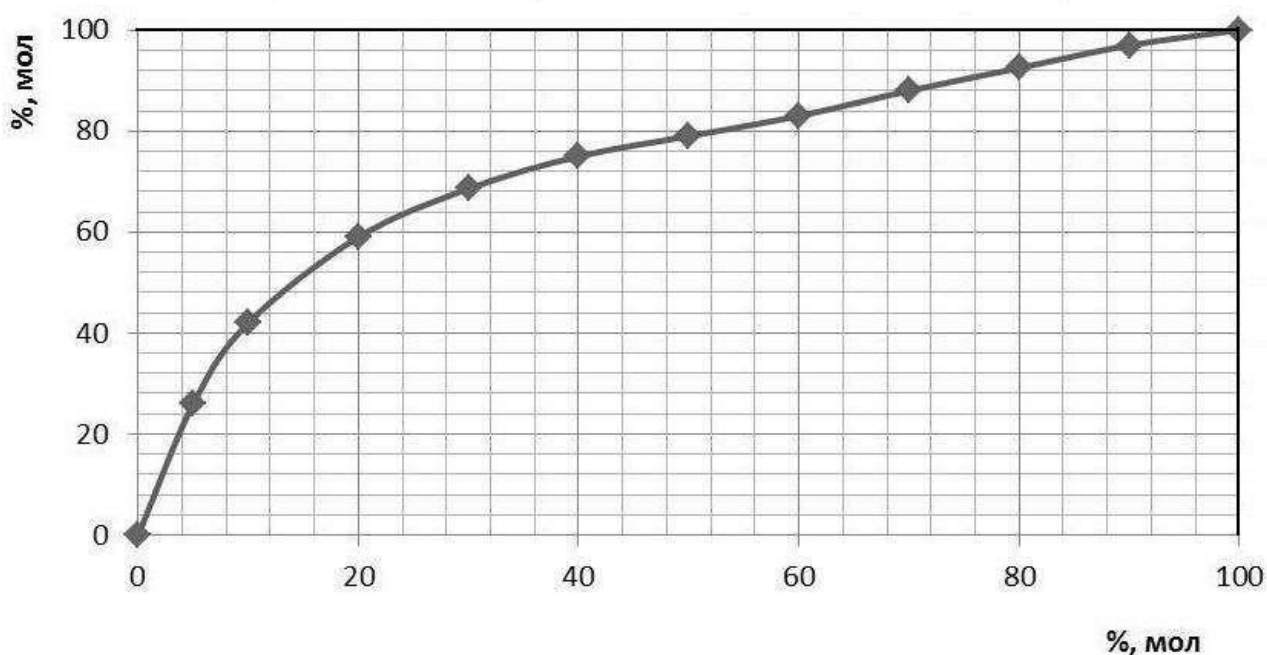


Рис 3 – Діаграма у-х суміші бензол – оцтова кислота

Визначаємо мінімальне флегмове число за рівнянням:

$$R_{min} = \frac{x_D - y_f^*}{y_f^* - x_f} \quad (2.9)$$

Де y_f^* - склад пари , що знаходиться в рівновазі з вихідною сумішшю визначається з кривою рівноваги.

$y_f^* = 0,065$ - визначається з кривої рівноваги.

$$R_{min} = \frac{0,94 - 0,65}{0,65 - 0,25} = 0,73$$

Визначимо оптимальне флегмове число R, $\beta = 1,84$ [3].

$$R_{min} = \beta \cdot R_{min} = 1,84 \cdot 0,73 = 1,34 \quad (2.10)$$

Значення оптимального флегмового числа вирішальним чином впливає на розміри ректифікаційної колони і дозволяє розрахувати масові витрати стікає по колоні флегми і піднімаючої пари [1]:

$$G_R = R \cdot G_D \quad (2.11)$$

$$G_R = (R + 1) \cdot G_D \quad (2.12)$$

$$G_R = 1,34 \cdot 1319,2 = 1767,7 \text{ кг/ч}$$

$$G_V = (1,34 + 1) \cdot 1319,2 = 3086,9 \text{ кг/ч}$$

Положення робочих ліній визначається рівняннями [1]:

- для верхньої частини колони:

$$y = \frac{R}{R+1} \cdot x + \frac{x_D}{R+1}; \quad (2.13)$$

- для нижньої частини колони:

$$y = \frac{F+R}{R+1} \cdot x + \frac{F-1}{R+1} \cdot x_w; \quad (2.14)$$

Де F - число живлення, яке визначається за формулою:

$$F = \frac{G_f}{G_d} \cdot \frac{M_d}{M_f}; \quad (2.15)$$

$$F = \frac{4500}{1319,2} \cdot \frac{77,03}{64,57} = 4,07$$

Ордината точки А (додаток В) у якій перетинаються робочі лінії, визначаються по рівнях (2.13) і (2.14) підстановкою в них замість x значення x_f :

$$y'_f = \frac{1,34}{1,34 + 1} \cdot 0,25 + \frac{0,94}{1,34 + 1} = 0,545$$

$$y''_f = \frac{4,07 + 1,34}{1,34 + 1} \cdot 0,25 - \frac{4,07 - 1}{1,34 + 1} = 0,545$$

Рівність значень $y'_f = y''_f$ свідчить про відсутності помилок у виконаних розрахунках.

Середні молярні концентрації рідини визначаються по середньоарифметичним залежностям [1].

- для верхньої частини колони:

$$x'_{\text{cp}} = \frac{(x_f + x_D)}{2} \quad (2.16)$$

- для нижньої частини колони:

$$x''_{\text{cp}} = \frac{(x_f + x_W)}{2}; \quad (2.17)$$

$$x'_{\text{cp}} = \frac{(0,25 + 0,94)}{2} = 0,595$$

$$x''_{\text{cp}} = \frac{(0,25 + 0,025)}{2} = 0,138$$

Середні молярні концентрації парової фази визначаються з рівнянь робочих ліній [1]:

- для верхньої частини колони:

$$y'_{\text{cp}} = \frac{R}{R+1} \cdot x'_{\text{cp}} + \frac{x_D}{R+1} \quad (2.18)$$

- для нижньої частини колони:

$$y''_{\text{cp}} = \frac{F+R}{R+1} \cdot x''_{\text{cp}} - \frac{F-1}{R+1} \quad (2.19)$$

$$y'_{\text{cp}} = \frac{1,34}{1,34 + 1} * 0,595 + \frac{0,94}{1,34 + 1} = 0,742$$

$$y''_{\text{cp}} = \frac{4,07 + 1,34}{1,34 + 1} * 0,595 + \frac{4,07 - 1}{1,34 + 1} * 0,025 = 0,286$$

Середня молярна маса парів розраховується за формулами [1]:

- для верхньої частини колони:

$$M'_{\text{cp}} = y'_{\text{cp}} * M_{\text{ЛЛК}} + (1 - y'_{\text{cp}}) * M_{\text{ТЛК}} \quad (2.20)$$

- для нижньої частини колони:

$$M''_{\text{cp}} = y''_{\text{cp}} * M_{\text{ЛЛК}} + (1 - y''_{\text{cp}}) * M_{\text{ТЛК}} \quad (2.21)$$

$$M'_{\text{cp}} = 0,745 * 78,11 + (1 - 0,742) * 60,05 = 73,45 \text{ кг/моль}$$

$$M''_{\text{cp}} = 0,286 * 78,11 + (1 - 0,286) * 60,05 = 65,22 \text{ кг/моль}$$

Середні густини парів визначаються за рівнянням Клайперона:

- для верхньої частини колони:

-

					XI 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		20

$$p'_y = \frac{M'_{cp} \cdot 273}{22.4 \cdot (273 + t'_y)} \quad (2.22)$$

- для нижньої частини колони:

$$p''_y = \frac{M''_{cp} \cdot 273}{22.4 \cdot (273 + t''_y)} \quad (2.23)$$

де $t'_y = 88^\circ\text{C}$ - середня температура пару у верхній частині колони у залежності від концентрації y'_{cp} (визначається за діаграмою), [2];

$t''_y = 112^\circ\text{C}$ - - середня температура пару у нижній частині колони у залежності від концентрації y''_{cp} (визначається за діаграмою), [2].

$$p'_y = \frac{73,45 \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + 88)} = 2,48 \text{ кг/м}^3$$

$$p''_y = \frac{65,22 \cdot 273}{22,4(273 + 112)} = 2,06 \text{ кг/м}^3$$

Середні густини рідини знаходяться за правилом адитивності:

- для верхньої частини колони

$$p'_x = x'_{cp} \cdot p'_{ллк} + (1 - x'_{cp}) \cdot p'_{тлк}; \quad (2.24)$$

- для нижньої частини колони

$$p''_x = x''_{cp} \cdot p''_{ллк} + (1 - x''_{cp}) \cdot p''_{тлк}; \quad (2.25)$$

де $p'_{ллк}$, $p''_{ллк}$, $p'_{тлк}$, $p''_{тлк}$ - густина рідини легколітучого та важколітучого компонентів при температурах t'_x , t''_x ;

$p'_{ллк} = 808 \text{ кг/м}^3$; $p'_{тлк} = 974 \text{ кг/м}^3$ при температурі $t'_x = 86^\circ\text{C}$ [9];

$t'_x = 86^\circ\text{C}$ - середня температура рідини у верхній частині колони у залежності від концентрації x'_{cp} ;

$p''_{ллк} = 782 \text{ кг/м}^3$; $p''_{тлк} = 942 \text{ кг/м}^3$; при температурі $t''_x = 109^\circ\text{C}$ [9];

$t_x'' = 109^\circ\text{C}$ - середня температура рідини у верхній частині колони у залежності від концентрації $x_{\text{ср}}''$.

$$\rho_x' = 0.595 \cdot 808 + (1 - 0.595) \cdot 974 = 875 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_x'' = 0.138 \cdot 782 + (1 - 0,138) \cdot 942 = 920 \text{ кг/м}^3$$

Середні в'язкості рідини розраховуються за формулами:

- Для верхньої частини колони

$$\lg \mu_x' = x_{\text{ср}}' \cdot \lg \mu_{\text{ЛЛК}}' + (1 - x_{\text{ср}}') \cdot \lg \mu_{\text{ТЛК}}'; \quad (2.26)$$

- Для нижньої частини колони

$$\lg \mu_x'' = x_{\text{ср}}'' \cdot \lg \mu_{\text{ЛЛК}}'' + (1 - x_{\text{ср}}'') \cdot \lg \mu_{\text{ТЛК}}''; \quad (2.27)$$

де $\mu_{\text{ЛЛК}}'$, $\mu_{\text{ЛЛК}}''$, $\mu_{\text{ТЛК}}'$, $\mu_{\text{ТЛК}}''$ - в'язкості рідких легколітучих та важколітучих компонентів при температурах t_x' , t_x'' .

$$\mu_{\text{ЛЛК}}' = 0.313 \cdot 10^{-3} \text{ Па с}; \quad \mu_{\text{ТЛК}}' = 0,53 \cdot 10^{-3} \text{ Па с};$$

$$\mu_{\text{ЛЛК}}'' = 0.2610^{-3} \text{ Па с}; \quad \mu_{\text{ТЛК}}'' = 0.46 \cdot 10^{-3} \text{ Па с};$$

$$\mu_x' = 0.0005005 \text{ Па с}; \quad \mu_x'' = 0.0005591 \text{ Па с}.$$

2.2 Конструктивні розрахунки

Граничну і робочу швидкість пару у верхній і нижній частинах колони знаходимо по формулах [1]:

$$\omega' = (0,75 - 0) \cdot \omega_{\text{пр}}; \quad (2.28)$$

де $\omega_{\text{пр}}$ - швидкість газу, відповідна точці захливання.

$$\omega_{\text{пр}} = c \cdot \sqrt{\frac{\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{п}}}} \quad (2.29)$$

де $c = 0,035$ при відстані між тарілками $H = 400$ мм - коефіцієнт вибраний в залежності від конструкції тарілок і відстані між ними; [2].

Гранична швидкість парів:

- для верхньої частини колони

					XI 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		22

$$\omega'_{\text{пр}} = 0,036 \sqrt{\frac{875 - 2,48}{2,48}} = 0,675 \text{ м/с}$$

- для нижньої частини колони

$$\omega''_{\text{пр}} = 0,036 \sqrt{\frac{920 - 2,06}{2,06}} = 0,76 \text{ м/с}$$

Робоча швидкість пари:

- для верхньої частини колони

$$\omega' = (0,75 \div 0,9) \cdot 0,675 = (0,5 \div 0,6) \text{ м/с}$$

- для нижньої частини колони

$$\omega'' = (0,75 \div 0,9) \cdot 0,76 = (0,57 \div 0,68) \text{ м/с}$$

Відношення масових витрат рідкої і парової фаз рівно [1]:

- у верхній частині колони:

$$\left(\frac{L}{G}\right)' = \frac{G_R}{G_V} = \frac{R}{R+1}; \quad (2.30)$$

- у нижній частині колони:

$$\left(\frac{L}{G}\right)'' = \frac{G_R + G_f}{G_V} = \frac{R+F}{R+1} \quad (2.31)$$

$$\left(\frac{L}{G}\right)' = \frac{1,34}{1,34 + 1} = 0,573$$

$$\left(\frac{L}{G}\right)'' = \frac{1,34 + 4,07}{1,34 + 1} = 2,312$$

Об'ємна витрата пари рівна:

- у верхній частині колони:

$$V' = \frac{G_V}{\rho'_y}; \quad (2.32)$$

- у нижній частині колони:

$$V'' = \frac{G_V}{\rho''_y}; \quad (2.33)$$

$$V' = \frac{3086,9}{3600 \cdot 2,48} = 0,346 \text{ м}^3/\text{с}$$

					XI 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		23

$$V'' = \frac{3086,9}{3600 \cdot 2,06} = 0,416 \text{ м}^3/\text{с}$$

Діаметр колони розраховується по формулі [1]:

$$D = \sqrt{\frac{G_B}{\rho_y \cdot 0,785 \cdot \omega}} \quad (2.34)$$

- для верхньої частини колони

$$D' = \sqrt{\frac{0,346}{0,785 \cdot (0,5 \div 0,6)}} = (0,94 \div 0,86) \text{ м}$$

- для нижньої частини колони

$$D'' = \sqrt{\frac{0,416}{0,785 \cdot (0,57 \div 0,68)}} = (0,96 \div 0,88) \text{ м}$$

Приймаємо діаметр колони $D_K = 1000$ мм.

Дійсні робочі швидкості в колоні рівні:

$$w_B = 0,66 \cdot \left(\frac{0,94}{1}\right)^2 = 0,58 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$w_H = 0,74 \cdot \left(\frac{0,96}{1}\right)^2 = 0,68 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Визначаємо висоту колони:

Визначаємо діаграмі(додаток А) знаходимо число ступенів зміни концентрації. Для цього будується ступінчаста лінія, що складається з горизонтальних і вертикальних відрізків м між робочою і рівноважною лініями. Число ступенів відповідає числу теоретичних тарілок $N'_m = 6$ шт, $N''_m = 3$ шт (рис А1).

Число дійсних тарілок можна визначити за допомогою так званого середнього ККД тарілки [1]:

$$N_d = \frac{N_m}{\eta} \quad (2.35)$$

Де η – КПД тарелки.

					XI 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		24

Для визначення середнього ККД тарілок знаходимо коефіцієнт відносної летючості компонентів, що розділяються λ та динамічний коефіцієнт в'язкості початкової суміші μ .

$$\alpha = \frac{P_{\text{ЛЛК}}}{P_{\text{ТЛК}}}, \quad (2.36)$$

Де $P_{\text{ЛЛК}} P_{\text{ТЛК}}$ - тиск насиченої пари легколетючого і важколетючого компоненту при середній температурі в колоні.

$P'_{\text{ЛЛК}} = 400$ мм. рт. ст; $P''_{\text{ЛЛК}} = 550$ мм. рт. ст; $P'_{\text{ТЛК}} = 85$ мм. рт. ст;
 $P''_{\text{ТЛК}} = 150$ мм. рт. ст.

$$\alpha' = \frac{400}{85} = 4,706$$

$$\alpha'' = \frac{550}{150} = 3,667$$

$\mu'_x = 0,0005005$ Па с, $\mu''_x = 0,0005591$ Па с;

$$\alpha' \cdot \mu'_x = 2,36; \alpha'' \cdot \mu''_x = 2,05$$

По графіку знаходимо $\eta' = 0,39$, $\eta'' = 0,39$.

Число тарілок :

- для верхньої частини колони:

$$N_d = \frac{6}{0,39} = 15,4 = 16 \text{ шт}$$

для нижньої частини колони:

$$N_d = \frac{3}{0,39} = 7,7 = 8 \text{ шт}$$

Висота тарілчастої частини колони залежить від числа дійсних тарілок N_d та прийнятої відстані між ними:

$$H_T = (N_d - 1) \cdot H; \quad (2.37)$$

де $N_d = 24$ – загальне число тарілок;

$H = 400$ мм – відстань між тарілками, [1];

$H_m = (24 - 1) \cdot 400 = 9200$ мм.

Визначення діаметра патрубків:

Діаметр патрубка визначається за формулою [1]:

					XI 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		25

$$D = \sqrt{\frac{G}{\rho \cdot 3600 \cdot 0,785 \cdot \omega}}, \text{ м} \quad (2.38)$$

d_{ω} – швидкість пару або рідини, м/с.

Швидкість пару приймається в межах від 15-20 м/с, швидкість рідини від 0,5 – 2 м/с.

Діаметр патрубку для входу парорідиної суміші дорівнює:

$$d_{\text{см}} = \sqrt{\frac{0,857}{2,67 \cdot 0,785 \cdot 15}} = 0,165 \text{ м}$$

Приймаємо діаметр патрубку $d_{\text{см}} = 200$ мм.

Діаметр патрубку для виходу парів з верху колони:

$$d_V = \sqrt{\frac{0,857}{2,06 \cdot 0,785 \cdot 15}} = 0,188 \text{ м}$$

Приймаємо діаметр патрубку $d_V = 200$ мм.

Діаметр патрубку для входу флегми :

$$d_R = \sqrt{\frac{0,491}{875 \cdot 0,785 \cdot 0,5}} = 0,038 \text{ м}$$

Приймаємо діаметр патрубку $d_R = 50$ мм.

Діаметр патрубку для входу вихідної суміші:

$$d_f = \sqrt{\frac{4500}{3600 \cdot 920 \cdot 0,785 \cdot 0,5}} = 0,059 \text{ м}$$

Приймаємо діаметр патрубку $d_f = 60$ мм.

Діаметр для виходу кубового залишку :

$$d_W = \sqrt{\frac{0,884}{880 \cdot 0,785 \cdot 0,5}} = 0,051 \text{ м}$$

Приймаємо діаметр патрубку $d_W = 60$ мм.

					XI 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		26

2.3 Теплові (енергетичні) розрахунки

Теплове навантаження куба-випарника визначається за формулою:

$$Q_w = G_v r_w = G_v * (r_{\text{ЛЛК}} * x'_w + r_{\text{ТЛК}}(1 - x'_w))$$

Де $r_{\text{ЛЛК}} = 379,2$ кДж/кг , $r_{\text{ТЛК}} = 390,1$ кДж/кг - питома теплота випаровування легколетючого та важколетючого компонентів при $t = 100^\circ\text{C}$.

$$Q_w = \frac{3086.9}{3600} * (379.2 * 0.032 + 390.1 * (1 - 0,032)) = 334.2 \text{ кВт}$$

Витрата пари, що гріє, в кубі випарнику визначається за формулою:

$$G_{\text{г.п}} = \frac{Q_w}{r_{\text{конд}}}, \text{ кг/с}$$

де $r_{\text{г.п}} = 2260$ кДж – питома теплота випаровування гріючого пару.

$$G_{\text{г.п}} = \frac{334.2}{2260} = 0.15 \text{ кг/с}$$

Теплове навантаження дефлегматора розраховується за формулою:

$$Q_D = G_v * r_d = G_v * (r_{\text{ЛЛК}} * x'_D + r_{\text{ТЛК}}(1 - x'_D))$$

$$Q_D = \frac{3086.9}{3600} * (379.2 * 0.953 + 390.1 * (1 - 0.953)) = 325.6 \text{ кВт}$$

Витрата води в дефлегматорі визначається за формулою:

$$G_{\text{води}} = \frac{Q_D}{C_B * (t_{\text{кв}} - t_{\text{нв}})}$$

де $C_B = 4.2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$, К- питома теплоємність охолодженої води.

$$G_{\text{води}} = \frac{325.6}{4.2 * 20} = 3.88 \text{ кг/с}$$

					XI 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		27

2.4 Гідравлічний опір апарата

Визначимо гідравлічний опір тарілки для верхньої та нижньої частини колони:

$$\Delta\rho_{\text{общ}} = \Delta\rho_{\text{сух}} + \Delta\rho_{\sigma} + \Delta\rho_{\text{пж}}, \text{ Па} \quad (2.39)$$

де $\Delta\rho_{\text{сух}}$ – гідравлічний опір сухої тарілки, Па;

$\Delta\rho_{\sigma}$ – опір, обумовлений силами поверхневого натягу, Па;

$\Delta\rho_{\text{пж}}$ – опір, парорідинного слою, Па;

Гідравлічний опір сухої тарілки [4]:

$$\Delta\rho_{\text{сух}} = \zeta \frac{\rho_n \cdot \omega_{\text{отв}}^2}{2}; \quad (2.40)$$

Де ζ – коефіцієнт опору незрошуваних сітчастих тарілок з вільним перетином 5-10%, $\zeta = 1,82$ [4];

$\omega_{\text{отв}}$ - швидкість пару в отворах тарілки.

Швидкість пару в отворах тарілки :

$$\omega_{\text{отв}} = \frac{w}{F}; \quad (2.41)$$

Де w – дійсна робоча швидкість пару, м/с ;

F – вільний перетин тарілки (сумарна площа отворів), $F = 5,4\%$ [11].

Опір, обумовлений силами поверхневого натягу [4]:

$$\Delta\rho_{\sigma} = \frac{4 \cdot \sigma}{d_0}; \quad (2.42)$$

Де $\sigma = 20,5 \cdot 10^{-3}$ – поверхневий натяг рідини про середній температурі в верхній частині колони, $\sigma = 18,5 \cdot 10^{-3}$ - поверхневий натяг рідини про середній температурі в нижній частині колони [2];

$d_0 = 0,004$ м – діаметр отвору тарілки [11].

Опір парорідинного слою на тарілці :

$$\Delta\rho_{\text{пж}} = 1,3 \cdot h_{\text{пж}} \cdot \rho_{\text{пж}} \cdot g \cdot k, \text{ Па}; \quad (2.43)$$

Де $h_{\text{пж}}$ - висота парорідинного слою, м.

$$h_{\text{пж}} = h_n + \Delta h, \text{ м}; \quad (2.44)$$

Де h_n - висота зливної перегородки, м;

					XI 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		28

Δh – висота слою над зливною перегородкою, м.

$$\Delta h = \left(\frac{V_{ж}}{1,85 \cdot \Pi \cdot k} \right)^{\frac{2}{3}}, \text{ м}; \quad (2.45)$$

Де $V_{ж}$ – об'ємна витрата рідини, м³/с;

Π – периметр зливної перегородки, м;

$K = \rho_{пж}/\rho_{ж}$ – відношення щільності парорідинного слою (піни) до щільності рідини , $k \approx 0,5$ [4].

Об'ємна витрата рідини:

$$V_{ж} = \frac{G_D \cdot R \cdot M_{ср}}{M_D \cdot \rho_{ж}}, \frac{\text{м}^3}{\text{с}}; \quad (2.46)$$

Де R – флегмове число,

$M_{ср}$ – середня мольна маса рідини, кг/моль.

Периметр зливної перегородки Π знаходим , вирішуючи систему рівнянь [4]:

$$\begin{cases} \left(\frac{\Pi}{2} \right)^2 + (R - b)^2 = R^2 \\ 0,1 \cdot \pi \cdot R^2 = \frac{2}{3} \cdot \Pi \cdot b \end{cases}; \quad (2.47)$$

Де $R = 0.5$ м – радіус , тарілки;

$\frac{2}{3} \cdot \Pi \cdot b$ - наближене значення площі сегмента.

Умова нормальної роботи тарілок [4]:

$$H_m > 1,8 \cdot \frac{\Delta \rho}{\rho_{ж} \cdot g}; \quad (2.48)$$

Де H – міжтарільчаста відстань, м.

Мінімальна швидкість пару в отворах, достатня для того щоб сітчаста тарілка працювала всіма отворами [4]:

$$\omega_{о\ мин} = 0,67 \cdot \sqrt{\frac{g \cdot \rho_{ж} \cdot h_{пж}}{\zeta \cdot \rho_n}}, \text{ м/с}; \quad (2.49)$$

Верхня частина колони

Швидкість пару в отворах тарілки:

$$\omega_{\text{отв}} = \frac{0,58}{0,0514} = 11,28, \text{ м/с}$$

Гідравлічний опір сухої тарілки:

$$\Delta\rho_{\text{сух}} = 1,82 \cdot \frac{2,48 \cdot 11,28^2}{2} = 287, \text{ Па}$$

Опір, обумовлений силами поверхневого натягу:

$$\Delta\rho_{\sigma} = \frac{4 \cdot 20,5 \cdot 10^{-3}}{0,004} = 20,5, \text{ Па}$$

Середня мольна маса рідини:

$$M_{\text{ср}} = 0,595 \cdot 78,11 + 0,405 \cdot 60,05 = 70,8, \text{ кг/моль}$$

Об'ємна витрата рідини:

$$V_{\text{ж}} = \frac{1319,2 \cdot 1,34 \cdot 70,8}{3600 \cdot 77,03 \cdot 875} = 0,000513, \text{ м}^3/\text{с};$$

Вирішивши рівняння отримуємо : $P=0,73$ м , $b=0,161$ м.

Висота слою над зливною перегородкою:

$$h_{\text{пж}} = 0,04 + 0,008 = 0,048, \text{ м};$$

Опір парорідкого слою на тарілці:

$$\Delta\rho_{\text{пж}} = 1,3 \cdot 0,048 \cdot 875 \cdot 9,81 \cdot 0,5 = 268, \text{ Па};$$

Загальний гідравлічний опір в верхній частині колони:

$$\Delta p'_{\text{общ}} = 287 + 20,5 + 268 = 576, \text{ Па};$$

Загальний гідравлічний опір в верхній частині колони дорівнює :

$$\Delta p' = \Delta p'_{\text{общ}} \cdot n, \text{ Па}; \quad (2.50)$$

де $n=16$ – число тарілок в верхній частині колони.

$$\Delta p' = 576 \cdot 16 = 9216, \text{ Па}$$

Нижня частина колони.

Швидкість пару в отворах тарілки:

$$\omega_{\text{отв}} = \frac{0,68}{0,0514} = 13,23, \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

					XI 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		30

Гідравлічний опір сухої тарілки:

$$\Delta\rho_{\text{сух}} = 1,82 \cdot \frac{2,06 \cdot 13,23^2}{2} = 328, \text{ Па}$$

Опір, обумовлений силами поверхневого натягу:

$$\Delta\rho_{\sigma} = \frac{4 \cdot 18,5 \cdot 10^{-3}}{0,004} = 18,5, \text{ Па}$$

Об'ємна витрата рідини:

$$V_{\text{ж}} = \left(\frac{G_D \cdot R}{M_D} + \frac{G_F}{M_F} \right) \cdot \frac{M_{\text{ср}}}{\rho_{\text{ж}}}, \text{ м}^3/\text{с}; \quad (2.51)$$

Середня мольна маса рідини:

$$M_{\text{ср}} = 0,138 \cdot 78,11 + 0,862 \cdot 60,05 = 62,5, \text{ кг/моль}$$

$$M_F = 0,302 \cdot 78,11 + 0,698 \cdot 60,05 = 65,5 \text{ кг/моль}$$

$$V_{\text{ж}} = \left(\frac{1319,2 \cdot 1,34}{77,03} + \frac{4500}{65,5} \right) \cdot \frac{62,5}{3600 \cdot 920} = 0,0017 \text{ м}^3/\text{с}$$

Висота слою над зливною перегородкою:

$$\Delta h = \left(\frac{0,0017}{1,85 \cdot 0,73 \cdot 0,5} \right)^{2/3} = 0,019 \text{ м}$$

Висота парорідкого слою:

$$h_{\text{пж}} = 0,04 + 0,019 = 0,059 \text{ м}$$

Опір парорідкого слою на тарілці:

$$\Delta\rho_{\text{пж}} = 1,3 \cdot 0,059 \cdot 920 \cdot 9,81 \cdot 0,5 = 346 \text{ Па}$$

Загальний гідравлічний опір тарілки для нижньої частини колони:

$$\Delta\rho_{\text{общ}}'' = 328 + 18,5 + 346 = 693 \text{ Па}$$

Загальний гідравлічний опір для нижньої частини колони дорівнює:

$$\Delta\rho'' = \Delta\rho_{\text{общ}}'' \cdot n, \text{ Па} \quad (2.52)$$

де $n = 8$ – число тарілок в нижній частині колони.

$$\Delta\rho'' = 693 \cdot 8 = 5544 \text{ Па}$$

					XI 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		31

Перевіримо умову нормальної роботи тарілки нижньої частини колони, в якій гідравлічний опір $\Delta\rho$ більше ніж у тарілки верхньої частини:

$$1,8 \cdot \frac{\Delta\rho''}{\rho_{\text{ж}} \cdot g} = 1,8 \frac{693}{920 \cdot 9,81} = 0,14$$

Це підтверджує правильність прийнятої раніше відстані між тарілками $H_{\text{м}} = 400 \text{ мм} : 0,4 > 0,14$.

Перевіримо рівномірність роботи тарілок:

$$\omega_{\text{о мин}} = 0,67 \cdot \sqrt{\frac{9,81 \cdot 920 \cdot 0,059}{1,82 \cdot 2,06}} = 7,98 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$13,23 \text{ м/с} > 7,98 \text{ м/с}$ – отже, тарілки працюватимуть усіма отворами.

Загальний гідравлічний опір колони:

$$\Delta\rho = \Delta\rho' + \Delta\rho'', \text{ Па}; \quad (2.53)$$

$$\Delta\rho = 9216 + 5544 = 14760 \text{ Па.}$$

2.5 Вибір допоміжного обладнання

Розрахунок і підбір насосу для подачі вихідної суміші [8].

Для всмоктуючого і напірного трубопроводів приймаємо однакову швидкість течіння рідини, як дорівнює $\omega = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Діаметр трубопроводу визначаємо за рівнянням:

$$d = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot \omega}} \quad (2.54)$$

де V – об'ємна витрата суміші, що подається в колону.

$$V = \frac{4500}{3600 \cdot 900} = 1,39 \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

					XI 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		32

$$d = \sqrt{\frac{1,39 * 10^{-3}}{0,785 * 2}} = 0,029 \text{ м}$$

Приймаємо стандартизований діаметр трубопроводу 32 мм.

Визначаємо критерій Рейнольдса для рідини у трубопроводі:

$$Re = \frac{\omega * d * \rho_p}{\mu}$$

$$Re = \frac{2 * 0,032 * 900}{3,5 * 10^4} = 164571$$

тобто режим турбулентний. Абсолютну шорсткість трубопроводу приймаємо $\Delta = 2 * 10^{-4} \text{ м}$.

$$e = \frac{\Delta}{d} = \frac{2 * 10^{-4}}{0,032} = 0,00625$$

$$\frac{1}{e} = 160; 560 * \frac{1}{e} = 89600; 10 * \frac{1}{e} = 1600; Re > 560 * \frac{1}{e}$$

Для зони, що є автотельною по відношенню до Re:

$$\lambda = 0,11 * e^{0,25}$$

$$\lambda = 0,11 * 0,00625^{0,25} = 0,031$$

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

- вхід у трубу (приймаємо з гострими краями) $\xi = 0,5$;
- коліна з кутом 90° $\xi_2 = 2 * 1,1 = 2,2$

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

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

Для напірної лінії:

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

					XI 00.00.00 ПЗ	Лист
						33
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

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

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:

$$h_{п.вс.} = \left(\lambda * \frac{l}{d_E} + \Sigma \xi \right) * \frac{\omega^2}{2 * g}$$

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

$$h_{п.вс.} = \left(0,03 * \frac{3}{0,032} + 2,7 \right) * \frac{2^2}{2 * 9,81} = 1,1 \text{ м.}$$

Втрата напору в напірній лінії:

$$h_{п.нап.} = \left(0,03 * \frac{7}{0,032} + 8 \right) * \frac{2^2}{2 * 9,81} = 3,0 \text{ м.}$$

Загальні втрати напору:

$$h_{п.} = h_{п.вс.} + h_{п.нап.}$$

$$h_{п.} = 1,1 + 3,0 = 4,1 \text{ м.}$$

Повний напір насосу знаходимо за рівнянням:

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho_p * g} + H_r + h_{п.}$$

де $(P_2 - P_1)$ – різниця тисків у апараті та в ємності, із якої подається рідина, МПа.

H_r – геометрична висота піднімання рідини, м.

					XI 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		34

У нашому випадку, враховуючи, що тиск у колоні атмосферний,
 $(P_2 - P_1) = 0$.

Таким чином, отримаємо:

$$H = 5 + 4.1 = 9.1 \text{ м.}$$

Корисну потужність насосу визначаємо за рівнянням:

$$N_{\Pi} = \rho_p * g * V * H;$$

$$N_{\Pi} = 900 * 9,81 * 1,38 * 10^{-3} * 9,1 = 112 \text{ Вт.}$$

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

$$N = \frac{N_{\Pi}}{\eta_{\text{пер}} * \eta_{\text{н}}},$$

де $\eta_{\text{н}} = 0,6$ – коефіцієнти корисної дії насосу;

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

$$N = \frac{112}{1 * 0.6} = 186,7 \text{ Вт.}$$

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

					XI 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		35

3. Розрахунки апарата на міцність та герметичність

3.1 Визначення товщини стінки апарата, кришки

Основні розрахункові параметри:

Робоча температура середовища $t=100^{\circ}\text{C}$. Робоча температура стінки $t=100^{\circ}\text{C}$.

Так як по вихідним даним тиск не вказаний, приймаємо, що колона працює під атмосферним тиском. Таким чином, робочий тиск в апараті $P = 0,1 \text{ МПа}$

Зробимо підбір конструкційного матеріалу для корпусу апарата. Підбір будемо здійснювати, беручи до уваги робочу температуру, агресивність середовища, робочий тиск. Обираємо по таблиці [4] матеріал корпусу – сталь 12Х18Н10Т.

Розрахункова схема обичайки корпусу, навантаженого внутрішнім тиском, зображена на рис. 4.

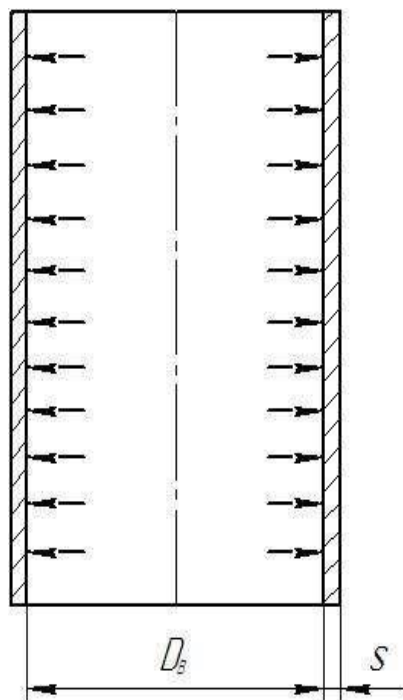


Рис. 4 – Розрахункова схема обичайки корпусу, навантаженого внутрішнім тиском

Розрахунковий тиск для апаратів з робочим надлишковим тиском $P > 0,07 \text{ МПа}$ відповідно до рекомендацій наведених у [4] складе:

					XI 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		36

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

Приймаємо стандартне значення 0,16 МПа.

Пробне при гідравлічному випробуванні тиск згідно [4] складатиме:

$$P_{пр} = \max \left\{ \frac{1,5P_p[\sigma]_{20}}{[\sigma]}, P_p + 0,3 \right\}, \quad (3.2)$$

де $[\sigma]_{20}, [\sigma]$ – допустиме напруження для матеріала корпусу при розрахунковій температурі 20°C, згідно [4]:

$$[\sigma]_{20} = 160 \text{ МПа, } E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт міцності зварного шву згідно [4] складатиме : $\varphi = 0,9$.

Товщина стінки циліндричної обичайки, навантаженої внутрішнім надмірним тиском:

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

$$S_k = \frac{0,16 \cdot 1}{2 \cdot 152 \cdot 0,9 - 0,16} = 0,00058 \text{ м}$$

Виконавча товщина стінки:

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

де C – загальне значення прибавки, яка складається з прибавок:

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

де C_1 - прибавка на корозію та ерозію, при проникності;

$P = 0,1$ мм/год та срок служби колони;

$\tau = 15$ років складає.

$$C_1 = P \cdot \tau = 0,1 \cdot 15 = 1,5 \text{ мм;}$$

C_2 - прибавка для мінусового значення граничного відхилення по товщині листа, мм;

C_3 - технологічна прибавка, яка враховується в залежності від прийнятої технології виготовлення та не включає в себе округлення розраховуваної товщини елемента до номінальної товщини по стандарту, мм.

					XI 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		37

Прибавки C_2 та C_3 враховуються тільки тоді, коли сума їх перевищує 5% від розрахункової товщини обичайки.

$$C = 1,5 + 0 + 0 = 1,5 \text{ мм}$$

$$S = 0,002 + 0,0015 = 0,0025 \text{ м}$$

$$\text{Приймаємо } S = 0,004 \text{ м} = 4 \text{ мм.}$$

Допустимий внутрішній надлишковий тиск:

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

$$[p] = \frac{2 \cdot 152 \cdot 0,9 \cdot (0,004 - 0,0015)}{1 + (0,004 - 0,0015)} = 0,68 \text{ МПа}$$

Умова міцності має вид: $P < [P]: 0,55 \text{ МПа} < 0,68 \text{ МПа}$.

Умова міцності виконується.

Розрахунок товщини стінки днища.

Розрахункова схема еліптичного днища представлена на рис. 5

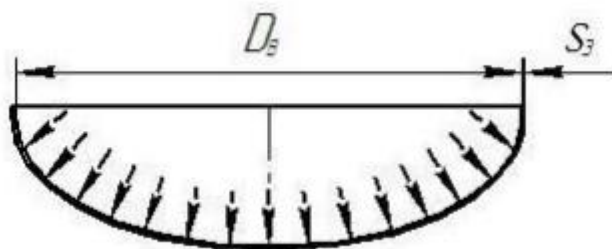


Рис 5 – Розрахункова схема днища апарату, навантаженого внутрішнім тиском.

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

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

де R – радіус кривизни в вершині днища, для еліптичних днищ $R=D$

$$S_p = \frac{0,16 \cdot 1}{2 \cdot 152 \cdot 0,9 - 0,5 \cdot 0,16} = 0,00058 \text{ м}$$

Загальне значення прибавки до товщини стінки кришки, днища складатиме:

$$C = 1,5 + 0 + 0 = 1,5 \text{ мм}$$

					XI 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		38

$$S = 0,002 + 0,0015 = 0,0035 \text{ м}$$

$$\text{Приймаємо } S = 0,004 = 4 \text{ мм}$$

Допустимий внутрішній надмірний тиск:

$$[p] = \frac{2(S-c)\varphi[\sigma]}{D+0,5(S-c)} \quad (3.8)$$

$$[p] = \frac{2 \cdot (0,004 - 0,0015) \cdot 0,9 \cdot 152}{1 + 0,5 \cdot (0,004 - 0,0015)} = 0,68 \text{ МПа}$$

Що більше пробного, отже умова міцності виконується.

3.2 Вибір і розрахунок опори

Визначимо навантаження порожнього апарата на опір з формули:

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

де M_{an} – маса порожнього апарату.

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

$M_k, M_{дн}, M_{кр}, M_m, M_{фл}$ – відповідно маси корпусу, днища, кришки, тарілок, фланців та арматури.

$$M_k = H \cdot \pi \cdot D \cdot s \cdot \rho, \quad (3.11)$$

де ρ густина матеріалу корпусу $\rho = 7900 \text{ кг/м}^3$;

$$M_k = 14,1 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 0,006 \cdot 7900 = 2099 \text{ кг}$$

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

де F – площа внутрішньої поверхні еліптичного днища (кришки) $F = 1,16 \text{ м}^2$;

$$M_{дн} = M_{кр} = 1,16 \cdot 0,006 \cdot 7900 = 55 \text{ кг}$$

Маса тарілок:

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

де $m_m = 41,5 \text{ кг}$

$$M_m = 24 \cdot 41,5 = 996 \text{ кг}$$

					XI 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		39

Масу фланців і арматури прийmemo рівною $M_{\text{фл}} = 1000$ кг

Маса порожнього апарату:

$$M_{\text{ан}} = 2099 + 2 \cdot 55 + 996 + 1000 = 4205 \text{ кг}$$

$$Q_{\text{ан}} = 4205 \cdot 9,81 = 41251 \text{ Н}$$

Навантаження апарату на опори під час гідравлічних випробувань:

$$Q_{\text{ан}}^u = (M_{\text{ан}} + M_{\text{в}}) \cdot g, \quad (2.14)$$

де $M_{\text{в}}$ - маса завантаженої в апарат води .

$$M_{\text{в}} = V \cdot \rho_{\text{в}} ; \quad (2.15)$$

Де V – вміст апарата.

$$V \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H = \frac{3,14 \cdot 1^2}{4} \cdot 14,2 = 11,07 \text{ м}^3$$

$\rho = 1000$ кг/м³.

$$M_{\text{в}} = 11,07 \cdot 1000 = 11070 \text{ кг}$$

$$Q_{\text{ан}}^u = (4205 + 11070) \cdot 9,81 = 149848 \text{ Н}$$

Виходячи з $Q_{\text{max}} = Q_{\text{ан}}$ та $Q_{\text{min}} = Q_{\text{ан}}$ за таблицею [7] обираємо циліндричну опору 3-1000-25-12,5-350 (рис4) згідно ОСТ 26-467-78.

					XI 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		40

4 Монтаж та ремонт апарата

4.1 Монтаж апарата

Монтажні роботи є складовою частиною загального процесу будівництва підприємства або одного із його об'єктів. Монтаж обладнання проводиться як при будівництві нових об'єктів, так і при реконструкції та ремонті діючих. В останніх двох випадках монтажу передуює демонтаж обладнання.

Монтажні майданчики оснащують необхідними вантажопідійомними механізмами і пристосуваннями. Це найчастіше канати, троси, стропи, блоки й поліспасти, різні талі і лебідки, а також вантажопідійомні машини і механізми. Такелажні засоби повинні бути простими у виготовленні, зручними для транспортування, монтажу, перестановки і демонтажу і, звичайно ж, безпечними в роботі. Монтаж важкого обладнання на фундамент можна здійснювати в повністю зібраному вигляді або великими блоками шляхом нарощування або підрощування.

Тарілчаста ректифікаційна колона поставляється на монтажний майданчик у максимально готовому вигляді (якщо перевезення повністю зібраного апарата є неможливим, його поставляють максимально великими блоками). Завод-виготовлювач до відправки на монтажну ділянку повинен зробити контрольну збірку апарату, нанести необхідні складальні осі та контрольні риски.

Монтаж колонного апарату проводиться безпосередньо за монтажні штуцери, які розташовані вище центру ваги, за допомогою вантажопідійомних механізмів (стрілові крани, щогли тощо). Стропування апарату проводиться за верхню частину, тому для посилення в горизонтальному положенні його обв'язують кутками або швелерами.

					XI 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		41

Ступінь складності встановлення колонного апарату в проектне положення визначається його габаритними розмірами (висотою і діаметром), масою, а також висотою фундаменту.

Застосовують два основних способи підйому: ковзання і поворот навколо шарніру. Проектований колонний апарат має велику масу і його підйом забезпечується двома щоглами, що дозволяє легко встановлювати апарат на фундамент. Перед підйомом апарат розташовують якомога ближче до фундаменту. Щогли встановлюють по обидва боки від фундаменту вертикально або злегка похило. Необхідність нахилу щогл визначається довжиною самого апарату, його розташуванням по відношенню до фундаменту, розташуванням і висотою щогл, прийнятою схемою стропування.

Переконавшись у надійності такелажного оснащення і перевіривши роботу всіх механізмів, починають підйом апарату. До опорної частини апарату прикріплюють один або два відтяжних троси, вільні кінці яких намотують на барабани лебідок і апарат починають пересувати. При цьому його опорна частина ковзає по задалегідь підготовленій підставці – на візках або металевих листах. Після відриву від землі апарат встановлюють вертикально, потім піднімають трохи вище фундаменту і плавно опускають на анкерні болти. Далі контролюють відхилення апарату від вертикальності і затягують анкерні болти.

Колонні апарати вивіряють на фундаменті особливо ретельно, оскільки навіть незначне його відхилення від строго вертикального положення може призвести до помітної втрати стійкості і порушення нормальної роботи внутрішніх контактних пристроїв (у нашому випадку клапанних тарілок). Для тарілчастої ректифікаційної колони максимально допустиме відхилення від вертикальності становить 0,1 % висоти апарату, але не більше 15 мм.

					XI 00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		42

Кріплення апарату до фундаменту відбувається за допомогою фундаментних болтів, а також підлягає підливу бетонною сумішшю.

Після встановлення апарату на фундамент перевіряють, чи відповідає його розташування у просторі проектному плану, а відхилення від вертикальності або горизонтальності знаходиться в допустимих межах. Допуск на точність монтажу зазвичай встановлюють на підставі паспорта обладнання та вимогам монтажних інструкцій. Перш за все, доводять до проектної висоти позначку опорної частини обладнання. Фактичний рівень опорної поверхні, як і горизонтальність апарату, визначають по нівеліру.

При підготовці колонного апарату до ремонту тиск усередині колони доводять до атмосферного, видаляють із апарату вуглеводні, пропарюють колону водяною парою. Водяна пара витісняє залишки токсичних сполук, щоб концентрація шкідливих і горючих речовин не перевищувала гранично допустимих концентрацій (ГДК). Після пропарювання колону промивають водою. У деяких випадках пропарку і промивку чередують і проводять по кілька разів.

Промивання колони водою сприяє також більш швидкому її охолодженню. Не можна приступати до ремонтних робіт, якщо температура промивної води перевищує 50°C. Пропарену і промиту колону від'єднують від усіх апаратів і комунікацій глухими заглушками, що встановлюються на фланцевих з'єднаннях штуцерів. Установку кожної заглушки і подальше її зняття реєструють в спеціальному журналі.

4.2 Ремонт апарата

Ремонт апарата починається з відкривання, яке проводиться з дотриманням відповідних правил. Спочатку відкривають верхній люк, перед цим в апарат протягом деякого часу подають водяну пару, для уникнення можливого підсосу повітря, у результаті якого може утворитися

					XI 00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		43

вибухонебезпечна суміш. Далі послідовно (згори вниз) відкривають інші люки. Категорично забороняється одночасно відкривати верхній і нижній люки. Не можна також відкривати спочатку нижній, а потім верхній люк, оскільки внаслідок різниці температур відбувається сильний приток повітря в колону, що може призвести до утворення вибухонебезпечної суміші.

Після відкриття люків колона деякий час провітрюється. Після закінчення провітрювання необхідно провести аналіз проб повітря, взятих із колони на різних висотних відмітках. До робіт всередині колони дозволяється приступати тільки тоді, коли аналіз покаже, що концентрація шкідливих газів у ній не перевищує гранично допустимих санітарних норм.

Наступною дією необхідно виконати ретельний зовнішній і внутрішній огляд корпусу колони для виявлення можливих дефектів, які могли утворитися при експлуатації апарату (механічні пошкодження, тріщини, корозія тощо).

Суцільнозварні колонні апарати при ремонті повністю не демонтуються. Демонтуються лише внутрішні пристрої колони. За характером виявленого дефекту встановлюють спосіб ремонту корпусу. Нещільні зварні шви вирубують, зачищають і заварюють відповідним електродом. Вельми важливо правильне перекривання нового і старого швів.

Зношені штуцери і люки вирізають і замінюють новими із обов'язковим встановленням зміцнювальних кілець. Бажано, щоб кільця нових штуцерів мали дещо більший діаметр, ніж старі: це дозволяє приварювати їх в новому місці.

Під час кожного ремонту вимірюють фактичну товщину стінки корпусу експлуатованого апарату. Найбільш зношені ділянки корпусу колони вирізають, а на їх місце вставляють нову ділянку. Зварювання проводять у стик. Вирізання великих ділянок корпусу може призвести до послаблення

					XI 00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		44

перерізу і порушення стійкості. Тому до вирізання дефектної ділянки цю ділянку зміцнюють спеціальними стійками.

Дуже часто, зважаючи на трудомісткість таких замінів ділянок корпусу, визнають доцільним повну заміну корпусу колони. Демонтаж зношеної колони виконують у зворотному порядку (порівнюючи з монтажем).

Після ремонту ректифікаційну колону піддають гідравлічним або пневматичним випробуванням.

					XI 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		45

5 Охорона праці

Причини забруднення і характер впливу повітря робочої зони на працівників.

У сучасній техніці застосовується безліч речовин, які можуть потрапляти в повітря і становити небезпеку здоров'ю людей. Для визначення небезпечності медики досліджують вплив цих речовин на організм людини і встановлюють безпечні для людини концентрації та дози, які можуть потрапити різними шляхами в організм людини.

На промислових підприємствах повітря робочої зони може забруднюватися шкідливими речовинами, які утворюються в результаті технологічного процесу або містяться в сировині, продуктах та напівпродуктах і відходах виробництва[12].

Для створення нормальних умов виробничої діяльності необхідно забезпечити необхідну чистоту повітря та комфортні метеорологічні умови.

Чистим вважається повітря, не забруднене твердими, рідкими та газоподібними речовинами і газами, які змінюють його природний склад.

Тверді, рідкі або газоподібні речовини будь-якого ряду і походження, що потрапляють у повітря і змінюють його природний склад, називають емісіями.

Забруднення повітря в такому випадку має значення, коли забруднююча повітря речовина або декілька речовин присутні в такій кількості і протягом такого часу, що спричиняють шкоду людям, тваринам, рослинам та майну[13].

За концентрації кисню не більше 9% (нормальний барометричний тиск) у людини настає кисневе голодування тканин організму (аноксемія), що може призвести до смерті.

Підвищений вмісту азоту у повітрі призводить до наркотичної дії, так за концентрації азоту 83% відчувається задуха, а за 93 % – настає смерть

					XI 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		46

від нестачі кисню (зростання вмісту азоту означає зменшення вмісту кисню).

Допустима норма вуглекислого газу в приміщенні 0,1...0,2%, на робочих місцях – до 0,5%. Підвищений вміст вуглекислого газу призводить до зменшення вмісту кисню.

При роботі з копіювальних апаратів виділяються такі хімічні речовини, як озон, оксид азоту, аміак, стирол (вінілбензол), ацетон (пропан-2он), селенистий водень (гідроселенід), епіхлоргідрин (хлорметилоксиран), кислоти, бензин, оксид етилену (оксиран) [14].

Більш за все небезпечним та шкідливим виробничим чинником вважається виробничий пил. Від пилу потерпають робітники гірничодобувної промисловості, машинобудування, металургії, текстильної промисловості, сільського господарства і т. ін.

Пил — основний шкідливий фактор на багатьох харчових та переробних підприємствах, обумовлений недосконалістю технологічних процесів. Природний пил знаходиться в повітрі в звичайних умовах мешкання людини в межах концентрацій 0,1...0,2 мг/м³; в промислових центрах, де діють великі підприємства, він не буває нижче 0,5 мг/м³, а на робочих місцях запиленість повітря іноді сягає 100 мг/м³.

Герметизація та ущільнення є основними заходами щодо вдосконалення існуючих технологічних процесів, в яких використовуються або утворюються шкідливі речовини. Застосування автоматизації дає змогу вивести людину із забрудненого приміщення в приміщення із чистим повітрям. Удосконалення технологічних процесів дозволяє замінювати шкідливі речовини нешкідливими, відмовлятися від застосування пилоутворюючих процесів, замінювати тверде пальне на рідке або газове, встановлювати газо-, пилоуловлювачі в технологічний цикл та ін.

При недосконалості технології, коли уникнути проникнення шкідливих речовин в повітря не вдається, застосовують їх інтенсивне видалення за

допомогою вентиляційних (газ, пара, аерозолі) або аспіраційних систем

Лист

XI 00.00.00 ПЗ

Изм. Лист № документа Подпись Дата

47

(тверді аерозолі). Встановлення кондиціонерів повітря в приміщеннях, де є особливі вимоги до його якості, створює нормальні мікрокліматичні умови для працюючих.

Дисперсний склад характеризує пилові частки за розміром і значною мірою обумовлює властивості пилу.

Існує багато різних способів та заходів, призначених для підтримання чистоти повітря виробничих приміщень відповідно до вимог санітарних норм. Всі вони зводяться до конкретних заходів:

- Запобігання проникненню шкідливих речовин у повітря робочої зони за рахунок герметизації обладнання, ущільнення з'єднань, люків та отворів, удосконалення технологічного процесу.
- Видалення шкідливих речовин, що потрапляють в повітря робочої зони, за рахунок вентиляції, аспірації або очищення і нормалізації повітря за допомогою кондиціонерів.
- Застосування засобів захисту людини.

Суттєвий вплив на стан організму працівника, його працездатність здійснює мікроклімат (метеорологічні умови) у виробничих приміщеннях.

Мікроклімат – це сукупність показників робочого місця, що мають вплив на тепловий обмін працівників з оточуючим середовищем.

Оптимальними (комфортними) називають такі параметри мікроклімату, які при тривалій і систематичній дії на людину забезпечують збереження нормального теплового стану організму без напруження механізмів терморегуляції [15].

Основні заходи та засоби нормалізації параметрів мікроклімату:

- удосконалення технологічних процесів та устаткування (впровадження нових технологій, які не пов'язані з проведенням робіт в умовах інтенсивного нагріву дозволить зменшити виділення тепла у виробничі приміщення);

					XI 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		48

- раціональне розміщення технологічного устаткування (найкращим є розміщення обладнання, що виділяє тепло, в ізольованих приміщеннях або на відкритих майданчиках);
- автоматизація та дистанційне керування технологічними процесами;
- раціональна вентиляція, опалення та кондиціонування повітря;
- раціоналізація режимів праці та відпочинку;
- застосування теплоізоляції устаткування та захисних екранів;
- використання засобів індивідуального захисту (спецодяг повинен бути повітро- та вологопроникним, мати зручний крій; для роботи в екстремальних умовах застосовують спеціальні костюми з металізованої тканини; для захисту очей – окуляри; обличчя – маски з прозорим екраном).

Допустимі мікрокліматичні умови — поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину можуть викликати зміни теплового стану організму, що швидко минають і нормалізуються та супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції в межах фізіологічної адаптації[16].

Нормальне теплове самопочуття має місце, коли тепловиділення (Q) організму людини повністю сприймаються навколишнім середовищем, тобто коли має місце тепловий баланс:

$$Q = Q_k + Q_T + Q_V + Q_P + Q_D, \quad (5.1)$$

де Q_k – конвекція внаслідок обтікання тіла повітрям;

Q_T – теплопровідність через одяг;

Q_V – випромінювання на оточуючі поверхні;

Q_P – випаровування вологи потовими залозами;

Q_D – дихання.

У цьому випадку температура внутрішніх органів залишається постійною на рівні 36,6 °C [17].

					XI 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		49

Список літератури

1. Методические рекомендации и контрольные задания для самостоятельной работы по курсу «Процессы и оборудование химических производств». Часть 2 Массообменные процессы и оборудование /Сост.: А.П. Врагов, Я.Е. Михайловский. - Сумы: Изд-во СумГУ, 2002.

2. Павлов К. Ф. Романков П.Г. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии- 10-е изд., перераб. И доп. Л.: Химия, 1987г.

3. Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии. - Л. Химия, 1991г.

4. Лацинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов. - Л.: Машиностроение, 1981г.

5. Михалев М.Ф. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств- Л. Машиностроение, 1984г.

6. Врагов А.П., Михайловский Я.Е. Оптимизационное проектирование ректификационных колонн с использованием ПЭВМ: Учеб. пособ. - Сумы: Изд-во СумГУ, 2000-65 с.

7. Машины и аппараты химических производств \ Под общей ред. Соколова В.Н.- Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1982. 384 с.

8. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / Под ред. Ю.И. Дытнерского - 2-е изд., перераб. и доп. М: Химия, 1987-496 с.

9. Врагов А. П., Михайловський Я. Е. Якушко С. 1. Матеріали до розрахунків процесів та обладнання хімічних і газонафтопереробних виробництв: Навчальний посібник / За ред. А.П. Врагова. СумДУ, 2008.-170 с.: а. 68, табл.-88. Бібліограф.: С. 167-169.

10. Марочник сталей и сплавов/Колосков М. М. Долбенко Е. Т. Каширский Ю. В. и др. Под общей ред. А. С. Зубченко М.: Машиностроение 2001. - 672

С. ИЦ

					XI 00.00.00 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		50

11. ОСТ 26-805-73. Тарелки ситчатые колонных аппаратов Конструкция и размеры.

12. Шкідливі речовини та їх небезпека. Лекція з дисципліни «Основи охорони праці» [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<https://library.if.ua/book/9/938.html>

13. Поняття "чисте повітря". Лекція з дисципліни «Основи охорони праці» [Електронний ресурс]. – <https://library.if.ua/book/9/937.html>.

14. Шкідливі речовини в повітрі робочої зони, їх класифікація та нормування [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<https://срo.stu.cn.ua/Oksana/posibnik/590.html>.

15. Чинники техногенного походження [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://arm.naiu.kiev.ua/books/occupational_h_s/info/lec7.html.

16. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання / К.Н.Ткачук, М.О.Халімовський, В.В.Зацарний та ін. – К.: Основа, 2006 – 448 с.

17. Повітря робочої зони, мікроклімат виробничих приміщень [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<https://studfile.net/preview/5176008/page:19/>

					XI 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		51