

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра «Хімічної інженерії»

Кваліфікаційна робота бакалавра
зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
освітня програма «Комп'ютерний інжиніринг обладнання хімічних
виробництв»

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

Виконав:

студент групи ХМ-71

Новітченко Андрій Ігорович

прізвище та ініціали

Залікова книжка

№ _____

Кваліфікаційна робота бакалавра

захищена на засіданні ЕК

з оцінкою _____

«__» _____ 20__ р.

Підпис голови

(заступника голови) комісії

Керівник:

ст. викл., к.т.н.

Скиданенко М.С

_____.

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 ХМ-71

Семестр 8

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Студенту Новітченку Андрію Ігоровичу

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

2. Вихідні дані: Витрати початкової суміші 5400 кг/год. Вміст ЛКК (в мол%): $X_f=22\%$, $X_D=95\%$, $X_W=2,8\%$. Тип тарілок - ковпачкові.

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

1. Технологічна схема -	1,0 арк.
2. Збірне креслення апарату –	1,0 арк.
3. Складальне креслення –	1,0 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. Врагов А. П. Матеріали до розрахунків процесів та обладнання хімічних і газонафтопереробних виробництв: Навчальний посібник / А. П. Врагов, Я. Е. Михайловський, С. І. Якушко. – Суми : СумДУ, 2008. – 170 с.

5 Етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра:

Етапи і розділи курсового проектування	ТИЖНІ				
	1, 2	3, 4, 5, 6	7, 8, 9	10, 11, 12, 13	14
1 Вступ	X X				
2 Технологічна частина		X X X X			
3 Розрахункова частина			X X X		
4 Розробка креслень				X X X X	
5 Оформлення записки					X
6 Захист проекту					X

6 Дата видачі завдання _____ 2021 р.

Керівник _____ ст. викл. Скиданенко М.С.

підпис

посада, прізвище

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 47 с., 5 рис., 2 табл., 11 джерел.

Графічні матеріали: технологічна схема установки, складальний креслення апарату, - всього 2,5 аркуша формату А1.

Тема проекту " Ректифікаційна установка для розділення суміші бензол – оцтова кислота. Розробити тарілчасту ректифікаційну колону " .

Наведено теоретичні основи і особливості процесу ректифікації, виконані розрахунки матеріального і теплового балансів процесу, виконані технологічні розрахунки апарату, визначені його розміри, обґрунтований вибір матеріалу для виготовлення апарату.

Розраховані коефіцієнти масопередачі з урахуванням інтенсивності взаємодії фаз на тарілці і знайдено оптимальне флегмовое число.

Ключові слова: АПАРАТ, УСТАНОВКА, БЕНЗОЛ, ОЦТОВА КИСЛОТА, КОЛОНА РЕКТИФІКАЦІЙНА, ТАРИЛКА, РОЗРАХУНОК, ОПОРА.

ЗМІСТ

Вступ 5

1	Технологічна частина.....	6
1.1	Опис технологічної схеми виробництва.....	6
1.2	Теоретичні основи процесу.	8
1.3	Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструктивних матеріалів.....	11
2	Технологічні розрахунки процесу і апарата.....	16
2.1	Матеріальні баланси і технологічні розрахунки.....	16
2.2	Теплові розрахунки апарату.....	20
2.3	Конструктивні розрахунки.....	21
2.4	Гідравлічні розрахунки апарату.....	23
2.5	Вибір допоміжного обладнання.....	26
3	Розрахунки апарата на міцність та герметичність.....	30
3.1	Визначення товщини стінки апарата, кришки.....	30
3.2	Розрахунок фланцевого з'єднання.....	33
3.3	Розрахунок опори апарата.....	33
4	Монтаж та ремонт апарата.....	37
4.1	Монтаж розробленого апарата.....	37
4.2	Ремонт апарата.....	39
5	Охорона праці.....	42

Список літератури

Додаток А Розрахунок фланцевого з'єднання

Додаток Б Специфікація до складального креслення колони

Додаток В Специфікація до складального креслення тарілки

					ХІ.Р.00.00.00 ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Новітченко			Лит.	Лист	Листов
Провер.		Скиданенко			4	47	
Реценз.					Колонна ректификационная <i>СумДУ, ХМ-71</i>		
Н. Контр.							
Утверд							

Вступ

Сучасна хімічна промисловість характеризується досить великим числом різноманітних виробництв, що розрізняються умовами протікання технологічних процесів і різноманіттям фізико-хімічних властивостей перероблюваних речовин і продукції, що випускається. Разом з тим технологічні процеси різних виробництв є комбінацією порівняно, невеликого числа типових процесів (нагрівання, охолодження, фільтрування і т.д.). Теоретичні основи цих процесів, методи їх розрахунку і принципи найбільш раціонального апаратурного оформлення складають предмет і зміст курсу процесів і апаратів хімічних виробництв. Колонні апарати є основним типом масообмінного обладнання хімічних, нафтохімічних, харчових, фармацевтичних та інших виробництв. У колонних апаратах проводяться такі найважливіші масообмінні процеси як абсорбція, адсорбція, десорбція, ректифікація, екстракція і ін. Головною умовою роботи масообмінних колонних апаратів є ефективна взаємодія фаз, яке визначається величиною створюваної поверхні контакту фаз і гідродинамічними умовами їх взаємодії. Для реалізації цих функцій необхідні глибокі знання техніки і технології, методик розрахунку технологічного процесу і обладнання. Визначальна роль в цьому належить курсу "Процеси та апарати хімічної технології", який базується на фундаментальних законах природничих наук і становить теоретичну базу хімічної технології. Курсовий проект є завершальним етапом вивчення предмета. У період роботи над курсовим проектом учень придбав навички самостійної роботи з виконання розрахунків хімічної апаратури і графічного оформлення об'єктів проектування, познайомився з діючою нормативно-технологічної документації, довідковою літературою, придбав навички вибору апаратури і техніко-економічних обґрунтувань [3].

					ХІ.Р.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

1. Технологічна частина

1.1 Опис технологічної схеми виробництва

Розроблена ректифікаційна установка - безперервної дії.

Вихідна суміш надходить зі складу в ємність E1. На ємності встановлюють прилад для вимірювання рівня, який показує і сигналізує про граничний верхньому і нижньому його значенні. При досягненні верхньої позначки припиняють подачу вихідної суміші в ємність, при досягненні нижньої - відновлюють.

З ємності E1 рідинна суміш прокачується відцентровим насосом Н1. Насос продубльований на випадок відмови запасним насосом Н2.

Вихідна суміш нагрівається, але не до температури кипіння. Подальший нагрів суміші здійснюють в підігрівачі П. В трубне простір цього теплообмінника надходить підігріта вихідна суміш, а в міжтрубний - гріючий пар, що подається по трубопроводу з котельні. Пар, конденсуючись, віддає своє тепло вихідної суміші, нагріваючи її до температури кипіння.

Температура вихідної суміші регулюється спеціальним приладом.

Далі кипляча суміш надходить в колону на ректифікацію.

У колоні пари вихідної суміші йдуть вгору, збагачуючись бензолом, а рідка фаза йде на зрошення нижній частині.

Рідина, що виводиться з нижньої частини колони, частково відводиться в ємність E2, проходячи при цьому через рекуператор X, а частково подається в кип'ятильник K, який нагріває залишок до температури кипіння і повністю випаровує його. Після виходу з кип'ятильника кубовий залишок повністю переходить в пар. Нагрівання здійснюють гріючою парою, що надходять з котельні.

Пара з кип'ятильника піднімається вгору по колоні, з'єднується з парами вихідної суміші, і, все більше збагачуючись бензолом, виходить через верхній штуцер. Потім він направляється на конденсацію в дефлегматор Д.

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

У дефлегматоре пари бензолу конденсуються за рахунок води, що охолоджує.

Флегма, подана в колону на зрошення, змішується з вихідною сумішшю і стікає по тарілках в куб колони.

Дистиллят, протікаючи по трубопроводу, підводиться до холодильника X2, де він охолоджується до потрібної температури холодною водою. Охолоджений дистиллят надходить в ємність E3. Тут також встановлено прилад для вимірювання рівня, що включає насос Н4 при досягненні кількості готового продукту - бензолу - заданої позначки.

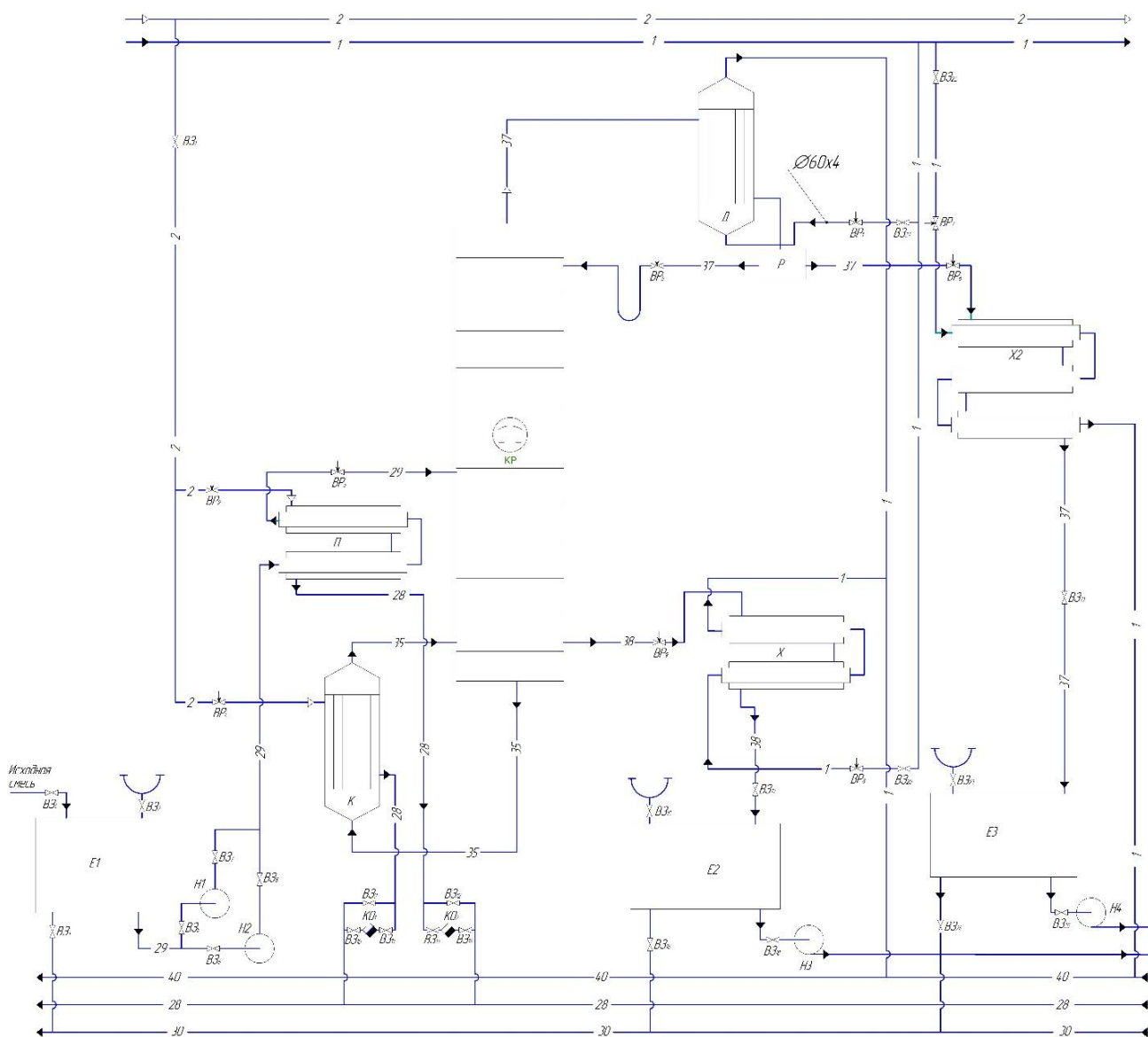


Рисунок 1.1 - Принципова технологічна схема ректифікаційної установки

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

XI.P.00.00.00 ПЗ

Лист

7

1.2 Теоретичні основи процесу

Ректифікація - масообмінний процес поділу однорідної суміші летких компонентів, здійснюваний шляхом протivotочного багаторазового взаємодії парів, що утворюються при перегонці, з рідиною, що утворюється при конденсації цієї пари.

Поділ рідкої суміші засноване на різній летючості речовин. При ректифікації вихідна суміш ділиться на дві частини: дистилят - суміш, збагачену низькокипящим компонентом (НК), і кубовий залишок - суміш, збагачену висококипячих компонентах (ВК).

Процес ректифікації здійснюється в ректифікаційній установці основним апаратом якої, є колона ректифікації, в якій пари переганяється рідини піднімаються знизу, а назустріч парам стікає рідина, що подається у вигляді флегми в верхню частину апарату. Процес ректифікації може протікати 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 розвинена поверхня контакту фаз, від кількості що подається на зрошення флегми і пристрої ректифікаційної колони.

Метою розрахунку ректифікаційної колони є визначення температури процесу і кількості відводиться теплоти, вибір швидкості газу, насадки (для насадок колон) і типу тарілок (для тарілчастих колон), розмірів і гідравлічного опору апаратів [3, 4].

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

У промисловості застосовують тарілчасті, насадок, плівкові трубчасті і відцентрові плівкові апарати. Вони розрізняються в основному конструкцією

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

внутрішнього устрою апарату, призначення якого - забезпечення взаємодії рідини і пара.

При розрахунках ректифікаційних колон кількість і склад фаз зручно висловлювати в молярних величинах. Отже, можна вважати, що при конденсації з пари n кмольа труднолетучем компонента випаровується з рідини n кмольа легколетучего компонента, тобто кількість фаз по всій висоті колони буде постійним. Прийнемо наступні допущення, мало спотворюють фактичні умови протікання процесу, але значно спрощують розрахунок:

- склад пара, що виходить з колони в дефлегматор (y_D), і склад флегми, що повертається в колону (x_D), однакові, т. е. $y_D = x_D$;
- склад пари, що піднімається з кип'ятильника в колону (y_W), дорівнює складом рідини в кубі-випарнику (x_W), т. е. $y_W = x_W$;

Складемо матеріальний баланс ректифікаційної колони:

- по потокам: $G_F = G_D + G_W$;
- по легколетучего компоненту: $G_F x_F = G_D x_D + G_W x_W$;

де G_F , G_D , G_W , - масові і чи молярний витрати харчування, дистилляту і кубового залишку;

x_F , x_D , x_W , - зміст легколетучего компонента в харчуванні, дистилляте, кубовому залишку, відповідно.

Тепловий баланс ректифікаційної колони.

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

прихід теплоти:

- з гріючою парою в кубі випарнику Q_K ;
- з вихідною сумішшю $Q_F = G_F I_F$;

витрата теплоти:

- з водою від конденсуються в дефлегматоре парів Q_D ;
- з дистиллятом $Q_D = G_D I_D$;
- з кубовим залишком $Q_W = G_W I_W$;

					ХІ.Р.00.00.00 ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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

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

Таким чином, рівняння теплового балансу:

$$Q_K + Q_F = Q_D + Q_{D'} + Q_W + Q_{пот};$$

Підставляючи замість Q їх значення вирішимо рівняння теплового балансу щодо Q_K :

$$Q_K = G_D(R+1)I_D + G_D I_D + G_W I_W - G_F I_F + Q_{пот};$$

Тарілчасті колони. Визначення висоти тарельчатой колони проводиться за рівнянням:

$$H = H_T + h_1 + h_2,$$

де $H_T = (n - 1)h$ — висота тарельчатой частини колони, м;

h_1 - висота сепарационной 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 більш простий метод визначення числа тарілок з допомогою так званого середнього к. к. д. тарілок:

$$n = n_T / \eta.$$

Тут n_T - число теоретичних тарілок

Значення визначають по досвідченим даним і знаходяться в межах 0,3-0,8 [6].

При виборі типу ректифікаційної колони для проектованого поділу слід мати на увазі, що тарілчасті колони дуже малого діаметру значно дорожче відповідних насадок колон, проте у міру збільшення діаметра вартість насадок колон зростає набагато швидше..

Тривалий досвід промислової експлуатації насадок колон показав доцільність їх використання при діаметрах не більше 0,8 м. При подальшому збільшенні діаметра насадок колон погіршується рівномірність розподілу

					ХІ.Р.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

флегми по насадці, утворюються канали по яких переважно спрямовується флегма, і ефективність колони різко знижується.

У тарілчастих колонах пар проходить через шар рідини, що знаходиться на тарілці. При цьому пар дробиться на дрібні бульбашки і струмені, які з великою швидкістю рухаються в рідині [5, 6].

1.3 Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструктивних матеріалів

Ректифікаційні колони складають основну групу масообмінних апаратів. Вони являють собою вертикальний циліндр (суцільнозварний або складається з декількох царг, з'єднаних між собою наглухо або роз'ємними фланцями).

Колона ректифікації складається з двох частин: верхньої - зміцнює частини і нижньої - вичерпної частини.

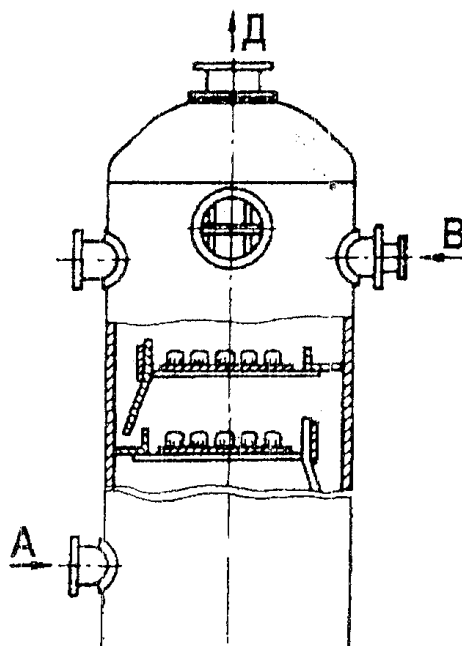
Типова конструкція ректифікаційної колони з ковпачковими тарілками дана на рис. 1.1.

Вихідна суміш подається на тарілку харчування, розташовану між нижньою і верхньою колонами. На тарілці харчування суміш кипить і утворюються пари піднімаються вгору по колоні, контактуючи з рідиною, що стікає зверху. У міру руху пари з середньої частини у верхню частину відбувається збагачення парової фази легкозакипаючої компонентом. Верхня частина колони виконує завдання зміцнює колони для низькокиплячого компонента. Пари, що йдуть з колони, повністю конденсуються в конденсаторі, отриманий продукт частково відводиться як готовий продукт - дистиляту, а частково у вигляді флегми подається на верхню тарілку колони. Подача флегми на верхню тарілку колони забезпечує сталість складу фаз на контактних елементах верхньої колони. При перетікання флегми по тарілках зверху вниз відбувається збіднення її легкозакипаючої компонентом і збагачення висококиплячих компонентах. На тарілці харчування досягаються

					ХІ.Р.00.00.00 ПЗ	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

концентрації речовини в фазах, рівні концентрацій надходить вихідної суміші.

У нижній частині колони відбувається процес вичерпання (відгону) низькокиплячого компонента з вихідної суміші в парову фазу за рахунок масообміну між потоком стікає рідини і потоком піднімаються пари, що утворюються в нижній частині колони при випаровуванні висококиплячих (труднолетучем) компонента. В результаті таких багаторазово повторюваних процесів стікає з нижньої тарілки нижньої колони рідина складається практично з чистого висококиплячих компонента. Частина кубової рідини випаровується в кип'ятильник і у вигляді пари надходить під нижню тарілку, тим самим створюється висхідний потік нагрітих парів, що забезпечує тепломасообмен в колоні.



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

XI.P.00.00.00 ПЗ

Лист

12

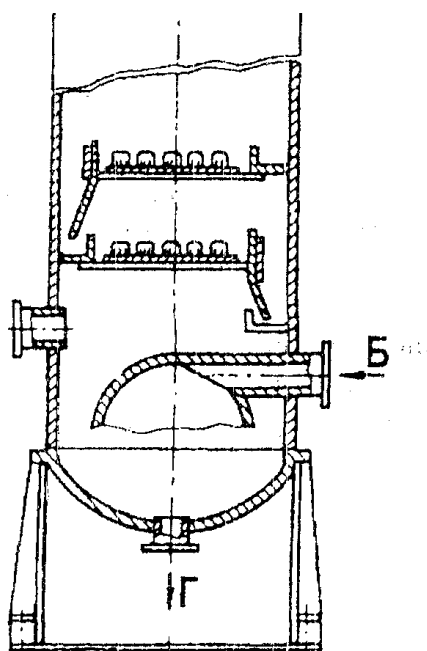


Рисунок 1.1 - Типова конструкція ректифікаційної колони з ковпачковими тарілками: А - введення вихідної суміші; Б - введення пара; В - введення флегми; Г - висновок кубової рідини; Д - висновок пара.

Таким чином, колона ректифікації є тепломасообмінний апарат, в якому по висоті колони знизу вгору на контактних елементах - тарілках знижується температура кипіння рідини від максимальної внизу до мінімальної на верхній тарілці зміцнює колони. Внизу колони температура дорівнює температурі кипіння висококиплячих - труднолетучем (ТЛК) компонента при відповідному тиску в колоні, вгорі колони температура дорівнює температурі кипіння низькокиплячого - легколетучего (ЛЛК) компонента.

На кожній тарілці колони встановлюється температура, відповідна температурі кипіння суміші в залежності від концентрації компонентів в рідині, а також в залежності від типу контактних елементів тарілки і режиму роботи тарілки в певних гідродинамічних умовах.

Частина колони ректифікації, яка розташована вище введення сировини, називається концентраційної, а нижче - отгонной.

					ХІ.Р.00.00.00 ПЗ	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Корпуси колонних апаратів виготовляють або з окремих царг, що збираються на фланцевих з'єднаннях, або суцільнозварними з люками, через які забезпечується доступ всередину апарату з метою монтажу, демонтажу, ремонту і ревізії внутрішніх пристроїв. Колонні апарати забезпечені кришкою і днищем, патрубками для введення і виведення парових і рідинних потоків. Як правило, знизу до корпусу апарату приварюють спеціальну опору, яка дозволяє надійно кріпити колону до фундаменту. Для забезпечення ефективної роботи колонного апарату необхідно також передбачити надійні розподільні пристрої, за допомогою яких в апарат вводяться потоки рідини і пара, а також пристрої для виведення цих потоків з апарату. Найбільшого поширення в промисловості отримали насадок і тарілчасті колонні апарати.

Обґрунтування вибору конструкції апарату та матеріалів

Здійснимо підбір конструкційного матеріалу для корпусу апарату. Підбір здійснюватимемо беручи до уваги робочу температуру, агресивність середовища, робочий тиск.

За рекомендацією [2] рекомендується корозионностойкая сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72.

Проникність $P = 0,10$ мм / рік. При роботі - точкова корозія.

Сталь 12Х18Н10Т - корозионностойкая сталь аустенітного класу. Модуль пружності $E = 1,98 * 105$ МПа.

Таблиця 1.1 - Хімічний склад, % (ГОСТ 5632-72).

C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	S	P	Cu
не более					не более			
0,12	0,8	2,0	17-19	9-11	0,9-1,1	0,02	0,03	0,3

Механічні властивості при $t = 20$ °С.

					ХІ.Р.00.00.00 ПЗ				Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					14

Межа плинності $\sigma_{и} = 225 - 315$ МПа.

Тимчасовий межа міцності $\sigma_{в} = 550-650$ МПа.

Відносне подовження $\delta = 46 - 74$ %.

Відносне зміна поперечного перерізу $\psi = 66-80$ %.

Ударна в'язкість $KCV = 215-372$ Дж/см².

Технологічні властивості

Температура кування: початку - 1200 0С, кінця - 850 0С. зварюваність - зварюється без обмежень. Способи зварювання: РДС, ЕШС, КТС з наступною термообробкою.

Фізичні властивості

Модуль пружності $E = 1,98 \cdot 10^5$ МПа.

Щільність $\rho = 7900$ кг/м³.

Теплопровідність $\lambda = 15$ Вт/м⁰С.

Лінійне розширення $\alpha = 16,6 \cdot 10^{-6}$ 1/⁰С.

Теплоємність $c = 462$ Дж/кгК.

Призначення

Зварні посудини та апарати, що працюють в розведених розчинах азотної, фосфорної, оцтової кислот, розчинах лугів і солей, деталі, що працюють під тиском при $t = 196-600$ 0С, а при наявності агресивних середовищ до $t = 350$ 0С.

					ХІ.Р.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

2. Технологічні розрахунки процесу і апарата

2.1 Матеріальні баланси і технологічні розрахунки

Так як продуктивність колони по вихідній суміші задана в кг / год, необхідно перевести молярний частки легколетучего компонента в продуктах в масові [3]:

$$\bar{x}_f = x_f \cdot \frac{M_{\text{ллк}}}{M_{\text{ллк}}x_f + M_{\text{тлк}}(1-x_f)} = 0.22 \frac{78}{78 \cdot 0.22 + 60 \cdot (1-0.22)} = 0.27 \text{кг} / \text{кг} \quad (2.1)$$

$$\bar{x}_d = x_d \cdot \frac{M_{\text{ллк}}}{M_{\text{ллк}}x_d + M_{\text{тлк}}(1-x_d)} = 0.95 \cdot \frac{78}{78 \cdot 0.95 + 60 \cdot (1-0.95)} = 0.96 \text{кг} / \text{кг} \quad (2.2)$$

$$\bar{x}_w = x_w \cdot \frac{M_{\text{ллк}}}{M_{\text{ллк}}x_w + M_{\text{тлк}}(1-x_w)} = 0.028 \cdot \frac{78}{78 \cdot 0.028 + 60 \cdot (1-0.028)} = 0.036 \text{кг} / \text{кг} \quad (2.3)$$

де $M_{\text{ллк}}=78$ кг/кмоль, $M_{\text{тлк}}=60$ кг/кмоль – молярний маси легколетучего і тяжелолетучего компонентів;

Згідно зі схемою (рисунок 2.3) матеріальний баланс ректифікаційної колони складається з потоків [1]:

$$G_f = G_D + G_W; \quad (2.4)$$

і по легколетучего компоненту:

$$G_f \cdot \bar{x}_f = G_D \cdot \bar{x}_D + G_W \cdot \bar{x}_W \quad (2.5)$$

Спільне рішення рівнянь дозволяє отримати залежність для визначення масових витрат дистилляту і кубового залишку:

$$G_d = G_f \frac{\bar{x}_f - \bar{x}_w}{\bar{x}_d - \bar{x}_w} = \frac{5400}{3600} \cdot \frac{0.27 - 0.036}{0.96 - 0.036} = 0.38 \text{кг} / \text{с} = 1367.5 \text{кг} / \text{ч} \quad (2.6)$$

$$G_w = G_f \frac{\bar{x}_d - \bar{x}_f}{\bar{x}_d - \bar{x}_w} = \frac{5400}{3600} \cdot \frac{0.96 - 0.27}{0.96 - 0.036} = 1.12 \text{кг} / \text{с} = 4032.5 \text{кг} / \text{ч} \quad (2.7)$$

Криву рівноваги будуюмо в координатах $y - x$ за довідковими даними про рівноважних складах рідини і пара в залежності від температури (рис.2.3).

					ХІ.Р.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

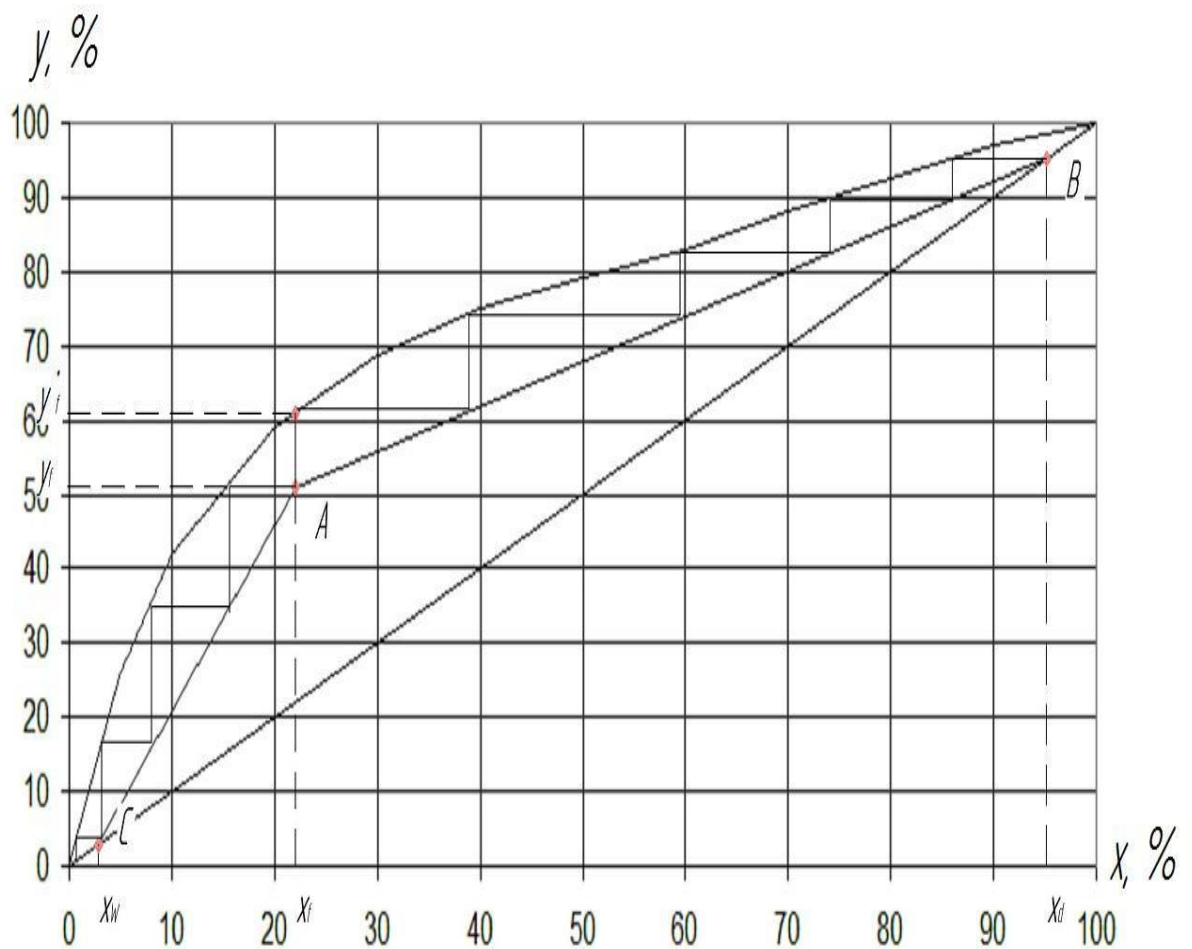


Рисунок 2.3– Побудова рівноважної і робочої лінії на діаграмі у-х і графічне визначення числа теоретичних тарілок: АВ - робоча лінія верхньої частини колони; АС - робоча лінія нижньої частини колони.

Визначаємо мінімальне флегмове число за рівнянням [1]:

$$R_{\min} = \frac{x_d - y_f^*}{y_f^* - x_f} = \frac{0.95 - 0.61}{0.6 - 0.22} = 0.92 \quad (2.8)$$

де y_f^* - склад пара, що перебуває в рівновазі з вихідною сумішшю;

$y_f^*=0,61$ – визначається з кривою рівноваги;

Робоча флегмове число визначається за формулою [2]:

$$R = 1.3 \cdot R_{\min} + 0.3 = 1.3 \cdot 0.92 + 0.3 = 1.5 \quad (2.9)$$

Значення робочого флегмового числа вирішальним чином впливає на розміри колони ректифікації і дозволяє розрахувати масові витрати стікає по колоні флегми і піднімаються пари [1]:

										Лист
										17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

$$G_R = R \cdot G_d = 1.5 \cdot 0.38 = 0.57 \text{ кг/с} \quad (2.10)$$

$$G_V = G_R + G_d = 0.57 + 0.38 = 0.95 \text{ кг/с} \quad (2.11)$$

Становище робітників ліній визначається рівняннями [1]:

- для верхньої частини колони:

$$y = \frac{R}{R+1} \cdot x_f + \frac{x_d}{R+1} = \frac{1.5}{1+1.5} \cdot 0.22 + \frac{0.95}{1.5+1} = 0.51 \quad (2.12)$$

- для нижньої частини колони:

$$y = \frac{F+R}{R+1} \cdot x_f - \frac{F-1}{R+1} \cdot x_w = \frac{4.8+1.5}{1+1.5} \cdot 0.22 + \frac{4.8-1}{1.5+1} \cdot 0.028 = 0.51 \quad (2.13)$$

де F – число харчування, яке визначається за формулою:

$$F = \frac{x_d - x_w}{x_f - x_w} = \frac{0.95 - 0.028}{0.22 - 0.028} = 4.8 \quad (2.14)$$

Середні молярний концентрації рідини визначаються по среднеарифметическим залежностям [1]:

- у верхній частині колони:

$$x'_{cp} = (x_f + x_d) / 2 = (0.22 + 0.95) / 2 = 0.59 \quad (2.15)$$

- в нижній частині колони:

$$x''_{cp} = (x_f + x_w) / 2 = (0.22 + 0.028) / 2 = 0.124 \quad (2.16)$$

Середні молярний концентрації парової фази визначаються за рівняннями робочих ліній [1]:

- у верхній частині колони:

$$y'_{cp} = \frac{R}{R+1} \cdot x'_{cp} + \frac{x_d}{R+1} = \frac{1.5}{1+1.5} \cdot 0.59 + \frac{0.95}{1.5+1} = 0.73 \quad (2.17)$$

- в нижній частині колони:

$$y''_{cp} = \frac{F+R}{R+1} \cdot x''_{cp} - \frac{F-1}{R+1} \cdot x_w = \frac{4.8+1.5}{1+1.5} \cdot 0.124 + \frac{4.8-1}{1.5+1} \cdot 0.028 = 0.27 \quad (2.18)$$

Середні температури фаз визначаються по діаграмі $t - x - y$ (рис.2.4).

					ХІ.Р.00.00.00 ПЗ	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

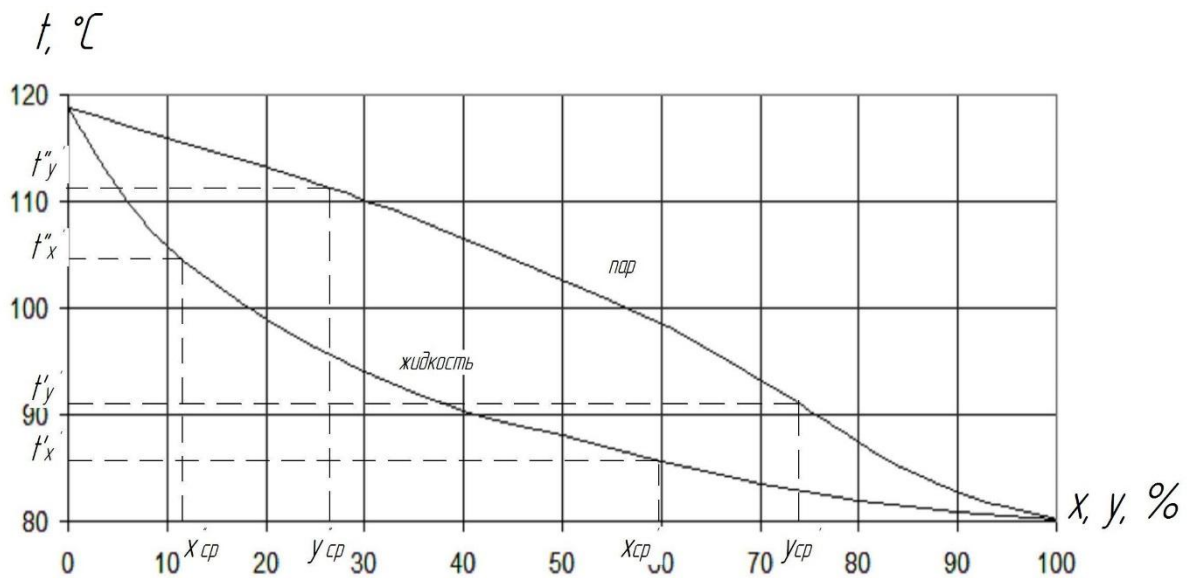


Рисунок 2.1 – Діаграма $t - x - y$ взаємнорастворимої бінарної суміші: нижня гілка - температурна крива кипіння рідини; верхня гілка - температурна крива конденсації пари.

Середні молярні маси парів розраховуються по залежностям [1]:

- у верхній частині колони:

$$M'_{cp} = y'_{cp} M_{лнк} + (1 - y'_{cp}) \cdot M_{тлк} = 0,73 \cdot 78 + (1 - 0,73) \cdot 60 = 73,14 \text{ кг / моль} \quad (2.19)$$

- в нижній частині колони:

$$M''_{cp} = y''_{cp} M_{лнк} + (1 - y''_{cp}) \cdot M_{тлк} = 0,27 \cdot 78 + (1 - 0,27) \cdot 60 = 64,86 \text{ кг / моль} \quad (2.20)$$

Середні щільності парів визначаються по рівняння Клайперона:

- у верхній частині колони [1]:

$$\rho'_y = \frac{M'_{cp} \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + t'_y)} = \frac{73,14 \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + 92,5)} = 2,44 \text{ кг / м}^3 \quad (2.21)$$

- в нижній частині колони:

$$\rho''_y = \frac{M''_{cp} \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + t''_y)} = \frac{64,86 \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + 111,2)} = 2,06 \text{ кг / м}^3 \quad (2.22)$$

де $t'_y = 92,5^\circ\text{C}$ – середня температура пара у верхній частині колони в залежності від концентрації y'_{cp} (визначається по діаграмі, рис. 2.4);

$t''_y = 111,2^\circ\text{C}$ – середня температура пара в нижній частині колони в залежності від концентрації y''_{cp} // (визначається по діаграмі, рис. 2.4);

					ХІ.Р.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

Середня щільність парів в колоні:

$$\rho_n = (\rho'_y + \rho''_y)/2 = (2.44 + 2.06)/2 = 2.25 \text{ кг/м}^3 \quad (2.23)$$

Середні щільності рідини знаходяться за правилом адитивності:

- у верхній частині колоні:

$$\rho'_x = x'_{cp} \rho'_{лк} + (1 - x'_{cp}) \cdot \rho'_{тлк} = 0,59 \cdot 811 + (1 - 0,59) \cdot 975 = 878,24 \text{ кг/м}^3 \quad (2.24)$$

- в нижній частині колоні

$$\rho''_x = x''_{cp} \rho''_{лк} + (1 - x''_{cp}) \cdot \rho''_{тлк} = 0,124 \cdot 787 + (1 - 0,124) \cdot 950 = 929,79 \text{ кг/м}^3 \quad (2.25)$$

Де $\rho'_{лк}$, $\rho''_{лк}$, $\rho'_{тлк}$, $\rho''_{тлк}$ - щільності рідини легколетучого і важко летючого компонентів при температурах t'_x , t''_x .

$$\rho'_{лк} = 811 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho''_{лк} = 787 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho'_{тлк} = 975 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho''_{тлк} = 950 \text{ кг/м}^3.$$

Середня щільність рідини в колоні:

$$\rho_{жс} = (\rho'_x + \rho''_x)/2 = (878,24 + 929,79)/2 = 904,02 \text{ кг/м}^3 \quad (2.26)$$

2.2 Теплові розрахунки апарату

Теплове навантаження куба - випарника визначається за формулою:

$$Q_W = G_V r_W = G_V (r_{лк} \bar{x}_W + r_{тлк} (1 - \bar{x}_W)) = 0.95 \cdot (3.93.85 \cdot 0.036 + 400.95 \cdot (1 - 0.036)) = 38 \text{ кВт} \quad (2.27)$$

де $r_{лк} = 393.85 \text{ кДж/кг}$, $r_{тлк} = 400.95 \text{ кДж/кг}$ - питома теплота випаровування легколетучого і тяжелолетучого компонентів [2].

Витрата що гріє пара в кубі випарнику визначається за формулою:

$$G_{г.п} = Q_W / r_{конд} = 38 / 2150 = 0,18 \text{ кг/с} \quad (2.28)$$

де $r_{г.п} = 2150 \text{ кДж/кг}$ - питома теплота випаровування пари, що гріє [2].

Теплове навантаження дефлегматора розраховується за формулою:

$$Q_d = G_V r_d = G_V (r_{лк} \bar{x}_d + r_{тлк} (1 - \bar{x}_d)) = 0.95 \cdot (393.85 \cdot 0.96 + 400.95 \cdot (1 - 0.96)) = 375 \text{ кВт} \quad (2.29)$$

					ХІ.Р.00.00.00 ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Беручи, що різниця між кінцевою і початковою температурами охолоджувальної води в дефлегматоре становить 15-20⁰С, її витрата визначається за формулою:

$$G_{\text{води}} = \frac{Q_d}{c_B(t_{\text{кв}} - t_{\text{нв}})} = \frac{375}{4,2 \cdot 20} = 4,46 \text{ кг/с} \quad (2.30)$$

де $C_B=4,2$ кДж/кг К – питома теплоємність охолоджуючої води [2];

2.3 Конструктивні розрахунки

Швидкість пара в колоні знаходимо по формулі [1]:

$$\omega = c \sqrt{\frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_n}} = 0,058 \sqrt{\frac{904,02}{2,25}} = 1,16 \text{ м/с} \quad (2.31)$$

де $c=0,058$ – коефіцієнт, який обирається в залежності від конструкції тарілок і відстані між ними, приймаємо $H=500$ мм [1].

Об'ємна витрата парів дорівнює:

$$V_n = \frac{G_v}{\rho_n} = \frac{0,95}{2,25} = 0,42 \text{ м}^3/\text{с} \quad (2.32)$$

Діаметр колони розраховується за формулою [1]:

$$D = \sqrt{\frac{V}{0,785\omega}} = \sqrt{\frac{0,42}{0,785 \cdot 1,16}} = 0,68 \text{ м} \quad (2.33)$$

Приймаємо діаметр колони $D_k=800$ мм.

В Відповідно до новоприйнятого діаметром D уточнюється робоча швидкість газу в колоні:

$$\omega = \frac{V}{0,785D^2} = \frac{0,42}{0,785 \cdot 0,8^2} = 0,86 \text{ м/с} \quad (2.34)$$

Визначення висоти колони.

За діаграмою (рис.2.3) знаходимо число ступенів зміни концентрації. Для цього будується ступінчаста лінія, що складається з горизонтальних і вертикальних відрізків між робочою і рівноважною лініями. Число ступенів відповідає числу теоретичних тарілок, $n' = 5$ шт. $n'' = 4$ шт.

					ХІ.Р.00.00.00 ПЗ	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Число дійсних тарілок можна визначити за допомогою так званого середнього ККД тарілки. За графіком (рисунок 9) [1] знаходимо:

Определение высоты колонны.

$$\eta = 0,48$$

Тоді число тарілок одно:

- у верхній частині колони:

$$n_T = \frac{n'_T}{\eta} = \frac{5}{0.48} = 11 \text{ шт} \quad (2.35)$$

- в нижній частині колони:

$$n_T = \frac{n''_T}{\eta} = \frac{4}{0.48} = 9 \text{ шт} \quad (2.36)$$

Загальна кількість тарілок приймаємо із запасом $n_T = 21$ шт, з них у верхній частині 11 шт, в нижній 10 шт.

Висота тарельчатой частини колони залежить від числа дійсних тарілок N д і прийнятого відстані між ними:

$$H_T = (n_T - 1)H = (21 - 1) \cdot 0.5 = 10 \text{ м} \quad (2.37)$$

$H = 500$ мм - відстань між тарілками у верхній і нижній частині колони; [1].

Розрахунок діаметра штуцерів

Визначимо діаметри штуцерів колони:

- для входу вихідної суміші:

$$D_f = \sqrt{\frac{G_f}{0.785 \cdot \omega_{жс} \cdot \rho_f \cdot 3600}} = \sqrt{\frac{5400}{0.785 \cdot 1.5 \cdot 811 \cdot 3600}} = 0.039 \text{ м} \quad (2.38)$$

де $\omega_{жс} = 1,5 \text{ м/с}$ - швидкість руху рідини в штуцері;

$\rho_f = 81 \text{ кг/м}^3$ - щільність вихідної суміші на вході в колону.

Приймаємо діаметр штуцера $D_f = 40 \text{ мм}$

- для виведення кубового залишку:

$$D_w = \sqrt{\frac{G_w}{0.785 \cdot \omega_{жс} \cdot \rho_w \cdot 3600}} = \sqrt{\frac{4032.5}{0.785 \cdot 1.5 \cdot 929.79 \cdot 3600}} = 0.032 \text{ м} \quad (2.39)$$

де $\omega_{жс} = 1,5 \text{ м/с}$ - швидкість руху рідини в штуцері;

					ХІ.Р.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

$\rho_w = 929.79 \text{ кг/м}^3$ - щільність кубового залишку на виході з колони.

Приймаємо діаметр штуцера $D_w = 40 \text{ мм}$

- для подачі флегми:

$$D_R = \sqrt{\frac{G_R}{0.785 \cdot \omega_{жс} \cdot \rho_R \cdot 3600}} = \sqrt{\frac{2052}{0.785 \cdot 1.5 \cdot 878.24 \cdot 3600}} = 0.023 \text{ м} \quad (2.40)$$

Где $\omega_{жс} = 1.5 \text{ м/с}$ - швидкість руху рідини в штуцері;

$\rho_R = 878.24 \text{ кг/м}^3$ - щільність флегми надходить в колону.

Приймаємо діаметр штуцера $D_R = 40 \text{ мм}$

- для виходу пара:

$$D_v' = \sqrt{\frac{G_v}{0.785 \cdot \omega_n \cdot \rho_v' \cdot 3600}} = \sqrt{\frac{3420}{0.785 \cdot 15 \cdot 2.44 \cdot 3600}} = 0.182 \text{ м} \quad (2.41)$$

де $\omega_n = 15 \text{ м/с}$ - швидкість пара в штуцері;

$\rho_v' = 2.44 \text{ кг/м}^3$ - щільність пара на виході з колони.

Приймаємо діаметр штуцера $D_v' = 200 \text{ мм}$

- для входу пара:

$$D_v'' = \sqrt{\frac{G_v}{0.785 \cdot \omega_n \cdot \rho_v'' \cdot 3600}} = \sqrt{\frac{3420}{0.785 \cdot 15 \cdot 2.06 \cdot 3600}} = 0.198 \text{ м} \quad (2.42)$$

де $\omega_n = 15 \text{ м/с}$ - швидкість пара в штуцері;

$\rho_v'' = 2.06 \text{ кг/м}^3$ - щільність пара на вході в колону

Приймаємо діаметр штуцера $D_v'' = 200 \text{ мм}$

2.4 Гідравлічні розрахунки апарату

За даними таблиці 8.6 [3] вибираємо тарілку типу ТСК-1 для колони діаметром $D = 800 \text{ мм}$. Ця тарілка має наступні параметри: периметр зливу $\Pi = 0,57 \text{ м}$; площа зливу $F_{сл} = 0,021 \text{ м}^2$; площа проходу пара $F_0 = 0,049 \text{ м}^2$; довжину шляху рідини по тарілці $L_{ж} = 0,52 \text{ м}$; зазор під зливним склянкою $a = 0,035 \text{ м}$; кількість ковпачків $m = 24 \text{ шт}$; діаметр ковпачка $d_k = 80 \text{ мм}$.

					ХІ.Р.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

У завдання подальших гідравлічних розрахунків основних параметрів тарілки входить визначення висоти зливного порога $h_{пор}$, підпору рідини над зливним порогом $h_{сл}$, висоти прорізів ковпачка і опір тарілки.

Величину $h_{сл}$ розраховуємо попередньо без урахування виносу рідини:

$$h_{сл} = 0,68(V_{жсд} / \Pi)^{0,67} = 0,68 \cdot (0,002 / 0,570)^{0,67} = 0,015 \text{ м} \quad (2.43)$$

де

$$V_{жс} = \frac{G_{жс}}{3600\rho_{жс}} = \frac{5400}{3600 \cdot 904,02} = 0,002 \text{ м}^3 / \text{с} \quad (2.44)$$

Для визначення висоти зливного порога розраховуємо висоту прорізів в ковпачках. Прийємо ковпачок з прямокутними прорізами шириною $b = 4$ мм. Кількість прорізів в одному ковпачку $z_{кп} = 20$. Загальна кількість ковпачків на тарілці $m = 24$ шт (табл. 8,6 [3]).

$$h_{пр} = 0,46\sqrt[3]{\left(\frac{V_n}{mzb}\right)^2 \frac{\rho_n}{\rho_{жс} - \rho_n}} = 0,46\sqrt[3]{\left(\frac{0,42}{24 \cdot 20 \cdot 0,004}\right)^2 \cdot \frac{2,25}{904,02 - 2,25}} = 0,023 \text{ м} \quad (2.45)$$

Приймаємо по таблиці 8.4 [3] висоту прорізу $h_{пр} = 25$ мм.

Глибина барботажа при абсолютному тиску складе:

$$h_{z,б} = \left(\frac{0,7}{\rho_{жс}}\right)^{0,35} = \left(\frac{0,7}{904,02}\right)^{0,35} \cdot 98100^{0,35} = 0,04 \text{ м} \quad (2.46)$$

Знаходимо висоту зливного порога:

$$h_{пор} = h_{zб} - h_{сл} + h_{пр} + h_y = 0,04 - 0,015 + 0,023 + 0,01 = 0,058 \text{ м} \quad (2.47)$$

Висота піни, що утворюється на тарілці, складе:

$$h_{пн} = \frac{k_2}{\sigma^{0,33}} (k_3 \omega_p^2 \rho_n + k_4 h_{сл} + h_{пор}) = \frac{0,23}{0,02^{0,33}} \cdot (0,044 \cdot 0,86^2 \cdot 2,25 + 4,6 \cdot 0,015 + 0,058) = 0,17 \text{ м} \quad (2.48)$$

де σ - поверхневий натяг рідини на кордоні з парою або газом.

Значення коефіцієнтів k_1, k_2, k_3, k_4 , а також показник ступеня n_1 наведені в табл 8,3 [3].

Величина відносного виносу рідини:

$$y = \frac{k_1}{\sigma} \left(\frac{\omega}{H_T - h_{пн}}\right)^{n_1} = \frac{23 \cdot 10^{-5}}{0,02} \cdot \left(\frac{0,86}{0,5 - 0,17}\right)^{1,16} = 0,03 \leq 0,1 \quad (2.49)$$

Отже, відстань між тарілками вибрано правильно.

					ХІ.Р.00.00.00 ПЗ	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Дійсне навантаження зливного пристрою по рідині розраховується за рівнянням:

$$V_{жзд} = V_{жс} + \frac{G_n V}{\rho_{жс}} = 0,002 + \frac{0,95 \cdot 0,03}{904,02} = 0,002 \text{ м}^3 / \text{с} \quad (2.50)$$

Дійсна величина підпору рідини над зливним порогом:

$$h_{сл} = 0,68(V_{жзд} / \Pi)^{0,67} = 0,68 \cdot (0,002 / 0,570)^{0,67} = 0,017 \text{ м} \quad (2.51)$$

Перевіримо працездатність зливного пристрою тарілки. Для цього розраховуємо швидкість рідини в зливному пристрої:

$$\omega_{жс.сл} = \frac{V_{жзд}}{F_{сл}} = \frac{0,002}{0,021} = 0,095 \text{ м} / \text{с} \quad (2.52)$$

Відповідно до залежності і даними табл.8,5 [3]:

$$k_3 H_T^n = 0,25 \cdot 0,5^{0,65} = 0,16 \quad (2.53)$$

Отже умова $k_3 H_T^n \geq \omega_{жс.сл}$ $0,16 \geq 0,095$ дотримується і захлинання зливного пристрою не відбудеться.

Швидкість рідини в зазорі між основою тарілки і нижньою кромкою зливного стакану розраховується:

$$\omega_{жз} = \frac{V_{жзд}}{\Pi a} = \frac{0,002}{0,570 \cdot 0,035} = 0,1 \leq 0,45 \text{ м} / \text{с} \quad (2.54)$$

З розрахунків можна зробити висновок, що обрана однопоточні тарілка забезпечить нормальну роботу зливних пристроїв.

Опір сухий тарілки визначається за формулою:

$$\Delta p_{сх} = \xi_c \rho_m \omega_0^2 / 2 = 3,25 \cdot 2,25 \cdot 8,57^2 / 2 = 269 \text{ Па} \quad (2.55)$$

де швидкість пара в парових трубах дорівнює:

$$\omega_0 = \frac{V_n}{F_0} = \frac{0,42}{0,049} = 8,57 \text{ м} / \text{с} \quad (2.56)$$

Коефіцієнт опору для ковпачка діаметром 80мм складе

$$\xi = 1,73 d_{кл}^{-0,25} = 1,73 \cdot 0,08^{-0,25} = 3,25 \quad (2.57)$$

Перепад рівня рідини на тарілці при довжині $L_{ж} = 0,52 \text{ м}$ буде:

$$\Delta h = 0,1 \lambda_3 \frac{l_{жс} V_{жс}^2}{\Pi^2 (h_{ноп} + h_{сл})^3 g} = 0,1 \cdot 8,32 \frac{0,52 \cdot 0,002^2}{0,570^2 \cdot (0,058 + 0,015)^3 \cdot 9,81} = 0,07 \text{ м} \quad (2.58)$$

					Лист
					25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

де λ_3 - еквівалентний коефіцієнт опору перетоку рідини по тарілці, для ковпачкових тарілок $\lambda_3 \approx 16l_{жс} = 16 \cdot 0,52 = 8,32$

Опір шару рідини на тарілці:

$$\Delta p_{жс} = \left(h_{зб} + \frac{h_{np} + \Delta h}{2} \right) \rho_{жс} g = \left(0,04 + \frac{0,023 + 0,07}{2} \right) \cdot 904,02 \cdot 9,81 = 767 \text{ Па} \quad (2.59)$$

Загальний опір тарілки:

$$\Delta p = \Delta p_{сх} + \Delta p_{жс} = 269 + 767 = 1036 \text{ Па} \quad (2.60)$$

Загальний опір апарату:

$$\Delta p_{ан} = \Delta p \cdot n = 1036 \cdot 21 = 21756 \text{ Па} \quad (2.61)$$

2.5 Вибір допоміжного обладнання

Вибір дефлегматора:

Орієнтовний розрахунок площі теплообміну дефлегматора.

З основного рівняння теплопередачі визначаємо площу теплообміну по формулою:

$$F = Q_1 / (k \cdot \Delta t_{ср}) = (381 \cdot 10^3) / (300 \cdot 20) = 63,5 \text{ м}^2 \quad (2.62)$$

де: Q_1 – теплове навантаження, кВт;

k - коефіцієнт теплопередачі, що дорівнює 300-800 кВт/(м²·К);

$\Delta t_{ср}$ – середній температурний напір в дефлегматорі, що дорівнює 15-20 °С.

Теплове навантаження на холодильник: $Q_1=381$ кВт

Значення коефіцієнта теплопередачі приймаємо: $K=300$ Вт/м²·К

За отриманим числовим значенням поверхні теплообміну вибирається дефлегматор з нерухомими трубними решітками, вертикальний, по ГОСТ 15122-79 з наступними характеристиками: Поверхність теплообмена –64 м²;

Діаметр кожуха – 800 мм;

Діаметр труб – 20х2 мм;

Число ходів по трубах – 6;

					ХІ.Р.00.00.00 ПЗ	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Число труб загальне – 196 шт;
 Число труб в одному ході – 33 шт;
 Довжина труб – 3,0 м.

Вибір насоса:

Приймаємо що трубопровід сталевий корозія незначна.

$\Delta = 0,2 \cdot 10^{-3}$ м, [3 стр.15] - абсолютна шорсткість труби.

Визначити критерій Рейнольдса

$$Re = \frac{wd\rho}{\mu} = \frac{0.40 \cdot 0.035 \cdot 904.02}{2.5 \cdot 10^{-3}} = 5063 \quad (2.63)$$

де $\rho = 904,02$ кг/м³ - щільність рідини;

$\mu = 2,5 \cdot 10^{-3}$ Па с - динамічний коефіцієнт в'язкості.

$w = 0.4$ м/с - швидкість руху рідини в трубопроводі

$$L = \frac{\Delta}{d} = \frac{0.2 \cdot 10^{-3}}{0.035} = 0.0057; \quad \frac{1}{L} = 175; \quad 10 \frac{1}{L} = 1750 \quad (2.64)$$

$$560 \frac{1}{L} = 98000$$

$$2500 < Re < 560000$$

У трубопроводі має місце змішане тертя і коефіцієнт терня

Розглядають за формулою:

$$\lambda = 0.11 \left(L + \frac{68}{Re} \right)^{0.25} = 0.11 \left(0.0057 + \frac{68}{5063} \right)^{0.25} = 0.0409 \quad (2.65)$$

Визначаємо суму коефіцієнтів місцевих опорю для лінії:

А - вхід в трубу $\xi = 0,5$;

Б - прямоточні крани для $d = 0,035$ м; $\xi = 0,89$;

В - відводи 3 шт. $\xi = 3 \cdot 1,1 = 3,3$;

Г - вихід з труби $\xi = 1$;

Е - нормальний кран $d_2 = 0,035$ м; $\xi = 5,675$;

З - крани: один в всмоктувальній лінії, а інший - в нагнітаючій.

$$\Sigma \xi = 0,5 + 0,89 + 3,3 + 1 + 5,675 + 0,5 \cdot 2 = 12,365. \quad (2.66)$$

Втрати напору визначаємо по формулі:

					Лист
					27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

$$\Delta h_n = \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \zeta \right) \frac{w^2}{2g} = \left(0.0409 \frac{8}{0.035} + 12.365 \right) \frac{0.40^2}{2 \cdot 9.81} = 0.177 \quad (2.67)$$

Напір насоса визначаємо за формулою:

$$H = (P_2 - P_1) / \rho g + H_r + \Delta h_n = \frac{100000}{904.02 \cdot 9.81} + 8 + 0.177 = 20 \text{ м} \quad (2.68)$$

Дані характеристики задовольняє насос X 160/29/2 з подачею

$$Q = 4.5 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$H = 20 \text{ м}$$

$n = 48,3 \text{ 1/с}$ - частота обертання валу

$$\eta = 0,65.$$

Електродвигун типу ВАО-72-2

$$N_n = 30 \text{ кВт},$$

$$\eta_{\text{дв}} = 0,89.$$

Вибір ємності:

Більшість ємностей є вертикальними або горизонтальні циліндричні апарати. При проектуванні основними керівними документами є нормалі і Державні стандарти; що передбачають нормальний ряд циліндричних апаратів і судин до 200 м^3 .

По нормальному об'єму апарату вибираємо його основні конструктивні розміри (діаметр, висоту), які повинні відповідати ГОСТ 9617, ГОСТ 9941-72. Стандарти передбачають ряд зовнішніх номінальних діаметрів:

200, 250, 300, 350, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2200, 2400, 2600, 2800, 3000, 3200, 3400, 3600, 3800, 4000.

Для виготовлення посудин малого розміру допускається застосування сталевих труб D_n , мм:

159, 219, 273, 325, 377, 426, 480, 530, 630, 720, 820, 920, 1120, 1220, 1420.

Довжина (висота) ємностей приймається рівною $1-1,5 D_n$.

					ХІ.Р.00.00.00 ПЗ	Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Розрахунок ємностей для розведеного і упареного розчину ведемо з умови шестигодинний (змінної) роботи ректифікованого випарного апарату, тобто, $\tau = 6$ год.

Обсяг ємності для іходного розчину

$$V_H = \frac{G_H \cdot \tau}{\rho_H \cdot \varphi} = \frac{5400 \cdot 6}{904.02 \cdot 0.9} = 39.82 \text{ м}^3 \quad (2.69)$$

де G_H , ρ_H – кількість (кг / год) і щільність (кг / м³) вихідного розчину;

φ – коефіцієнт заповнення ємності, $\varphi = 0,85 \div 0,95$.

Встановлюємо ємність типу ГЕЕ об'ємом 40 м³.

Обсяг ємності для зберігання готового продукту:

$$V_K = \frac{G_K \cdot \tau}{\rho_K \cdot \varphi} = \frac{4032,5 \cdot 6}{929,79 \cdot 0,9} = 28,91 \text{ м}^3$$

(2.70)

де G_K , ρ_K – кількість (кг / год) і щільність (кг / м³) упареного розчину, що виходить з четвертого корпусу.

Встановлюємо ємність типу ГЕЕ об'ємом 32 м³

					ХІ.Р.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

3. Розрахунки апарата на міцність та герметичність

3.1 Визначення товщини стінки апарата, кришки

Розрахунок товщини стінки апарату

Робочий тиск в апараті $P = 0,1$ МПа.

Розрахунковий тиск для апаратів з робочим надлишковим тиском $P > 0,07$ МПа відповідно до рекомендацій наведених [4] складе

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

Пробне при гідравлічному випробуванні тиск згідно [4] складе:

$$[\sigma]_u = \frac{\sigma_m^{20}}{1.1} = \frac{276}{1.1} = 251 \quad (3.2)$$

$$P_u = \max \left\{ \frac{1.5 P_p [\sigma]_{20}}{P_p + 30} / [\sigma] \right\} = \max \left\{ \frac{0.172}{0.41} \right\} = 0.41 \text{ МПа} \quad (3.3)$$

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

$$[\sigma]_{20} = 184 \text{ МПа}$$

$$[\sigma] = 177 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт міцності зварного шва згідно [4] складе: $\phi = 0,9$.

Товщина стінки циліндричної обичайки, навантаженої внутрішнім надлишковим тиском визначається за формулою:

$$S_p = \max \left\{ \frac{PD}{2\phi[\sigma] - P}, \frac{P_u D}{2\phi[\sigma]_u - P_u} \right\} = \max \left\{ \frac{0.11 \cdot 800}{2 \cdot 0.9 \cdot 177 - 0.11} = 0.28, \frac{0.41 \cdot 800}{2 \cdot 0.9 \cdot 251 - 0.41} = 0.73 \right\} = 0.73 \text{ мм} \quad (3.4)$$

Виконавчу товщину стінки визначимо за формулою

$$s \geq s_k + c \quad (3.5)$$

де: C - загальне значення прибавки, яка складається зі складових збільшень і визначається за формулою

$$C = C_1 + C_2 + C_3, \quad (3.6)$$

Надбавку C_1 приймаємо рівною:

$$C = \pi \cdot \tau = 0,1 \cdot 20 = 2 \text{ мм,} \quad (3.7)$$

										Лист
										30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

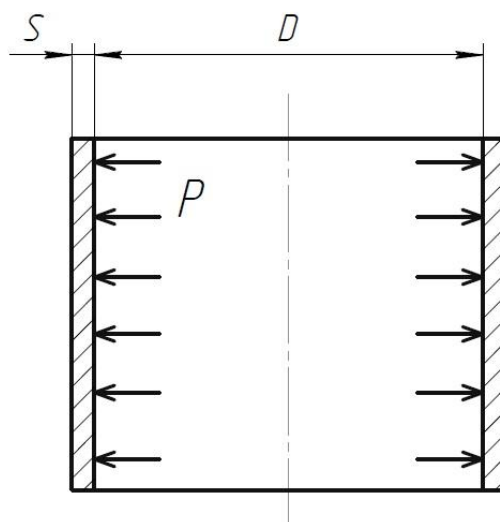


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема циліндричної обичайки

де $\Pi = 0,10$ мм / рік - проникність матеріалу, мм / рік;

$\tau = 20$ років - термін служби апарату, років.

C_2 - надбавка на мінусове значення граничного відхилення по товщині листа, мм,

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

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

$$C = 2 + 0 + 0 = 2 \text{ мм};$$

$$S = 0,73 + 2 = 2,73 \text{ м.}$$

Згідно ГОСТ 19903 з урахуванням надбавки за приймаємо товщину листа:

$$S = 5 \text{ мм}$$

Допустиме внутрішнє, надлишковий тиск визначається за формулою:

$$[p] = \frac{2[\sigma]\phi_p(s-c)}{D+(s-c)} = \frac{2 \cdot 177 \cdot 0,9 \cdot (5-2)}{800+(5-2)} = 1,19 \text{ МПа} \quad (3.8)$$

Умова міцності має вигляд:

$$P < [p]$$

					ХІ.Р.00.00.00 ПЗ	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$0,11 \text{ МПа} < 1,19 \text{ МПа},$$

Отже, умова міцності виконується.

$$[p]_u = \frac{2[\sigma]_u \phi_p (s-c)}{D+(s-c)} = \frac{2 \cdot 251 \cdot 0,9 \cdot (5-2)}{800+(5-2)} = 1,69 \text{ МПа} \quad (3.9)$$

$$0,41 \text{ МПа} < 1,69 \text{ МПа},$$

Отже, умова міцності виконується

Розрахунок товщини стінки кришки апарату

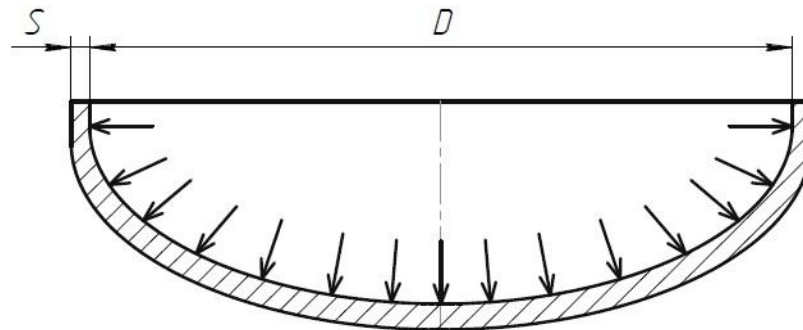


Рисунок 3.2 - Розрахункова схема еліптичного днища (кришки) корпусу

Номінальну товщину стінки днища (кришки), навантажених внутрішнім надлишковим тиском визначимо за формулою:

$$S_p = \max \left\{ \frac{PD}{2\phi[\sigma] - 0,5P}, \frac{P_u D}{2\phi[\sigma]_u - 0,5P_u} \right\} = \max \left\{ \frac{0,11 \cdot 800}{2 \cdot 0,9 \cdot 177 - 0,51 \cdot 0,11} = 0,28, \frac{0,41 \cdot 800}{2 \cdot 0,9 \cdot 251 - 0,51 \cdot 0,41} = 0,73 \right\} = 0,73 \text{ мм} \quad (2.10)$$

де R - радіус кривизни в вершині днища, для еліптичних днищ R = D;

Загальне значення прибавки до Товщина стінки кришки, днища складі:

$$C = 2 + 0 + 0 = 2 \text{ мм.}$$

$$S = 0,54 + 2 = 2,54 \text{ мм.}$$

Товщина днища вибирається з урахуванням товщини сполучається з ним обичайки, товщину днища приймаємо S = 5 мм

Допустиме внутрішнє надлишковий тиск визначимо за формулою:

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$[p] = \frac{2[\sigma]\phi(s-c)}{R+0.5(s-c)} = \frac{2 \cdot 177 \cdot 0.9 \cdot (5-2)}{800+0.5 \cdot (5-2)} = 1.19 \text{ МПа} \quad (3.11)$$

$$[p]_u = \frac{2[\sigma]_u \phi(s-c)}{R+0.5(s-c)} = \frac{2 \cdot 251 \cdot 0.9 \cdot (5-2)}{800+0.5 \cdot (5-2)} = 1.69 \text{ МПа} \quad (3.12)$$

що більше пробного, отже, умова міцності виконується.

3.2 Розрахунок фланцевого з'єднання

Розрахунок фланцевого з'єднання виконано в програмі «PASSAT» і наведений у Додатку А.

3.3 Розрахунок опори апарата

Визначимо навантаження порожнього апарату на опору за формулою:

$$Q_{an} = M_{an} g \quad (3.13)$$

де M_{an} - маса порожнього апарату;

$$M_{an} = 1.05(M_k + M_{дн} + M_{кр} + M_m) \quad (3.14)$$

де M_k , $M_{дн}$, $M_{кр}$, $M_{оп}$ - відповідно маси корпусу, днища, кришки і тарілок.

1,05 - коефіцієнт, що враховує масу неврахованих пристроїв (люків, штуцерів і т. п.).

$$M_k = H\pi Ds\rho = 14 \cdot 3.14 \cdot 0.8 \cdot 0.005 \cdot 7850 = 1380 \text{ кг} \quad (3.15)$$

де ρ - щільність матеріалу корпусу $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$;

$$M_{дн} = M_{кр} = Fs\rho = 0.76 \cdot 0.004 \cdot 7850 = 24 \text{ кг} \quad (3.16)$$

де F - площа внутрішньої поверхні еліптичного днища (кришки)
 $F = 0,76 \text{ м}^2$ [табл. 16.4, 4].

Маса тарілок:

$$M_m = nm_T = 22 \cdot 28 = 616 \text{ кг} \quad (3.17)$$

де n - загальне число тарілок;

					ХІ.Р.00.00.00 ПЗ	Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

m - маса однієї тарілки, кг; згідно [7] маса колпачкової тарілки діаметром 800 мм 28 кг:

Тоді маса порожнього апарату:

$$M_{\text{ап}} = 1.05(1380 + 24 \cdot 2 + 616) = 2146 \text{ кг}$$

Визначимо навантаження апарату на опори під час гідравлічних випробувань за формулою:

$$Q_{\text{ап}}^u = (M_{\text{ап}} + M_{\text{в}})g \quad (3.18)$$

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

$$M_{\text{в}} = V\rho_{\text{в}} \quad (3.19)$$

де V - об'єм апарату;

ρ - щільність води ($\rho = 998 \text{ кг / м}^3$).

$$V = \frac{\pi D^2}{4} H + 2V_{\text{он}} = \frac{3,14 \cdot 0,8^2}{4} \cdot 14 + 2 \cdot 0,0793 = 7,2 \text{ м}^3 \quad (3.20)$$

$$M_{\text{в}} = 7,2 \cdot 998 = 7186 \text{ кг}$$

$$Q_{\text{ап}}^u = (2146 + 7186) \cdot 9,81 = 91546 \text{ Н} = 0,0915 \text{ МН}$$

Виходячи з $Q_{\text{max}} = Q_{\text{ап}}$ і $Q_{\text{min}} = Q_{\text{ап}}$ за таблицями 14.9, 14.10, і 14.11 [4] вибираємо циліндричних опору 3-800-25-12,5-800 (рис. 2.3) згідно ОСТ 26-467-78 з наступними основними розмірами :

Таблиця 3.1 - Основні розміри циліндричної опори

$D=800 \text{ мм};$	$s_1=6 \text{ мм};$
$D_1=750 \text{ мм};$	$s_2=20 \text{ мм}$
$D_2=960 \text{ мм};$	$s_3=16 \text{ мм};$
$D_3=1080 \text{ мм};$	$z_{\text{в}}=6 \text{ шт.};$
$d=32 \text{ мм};$	$d_{\text{в}}=24 \text{ мм (M24)};$

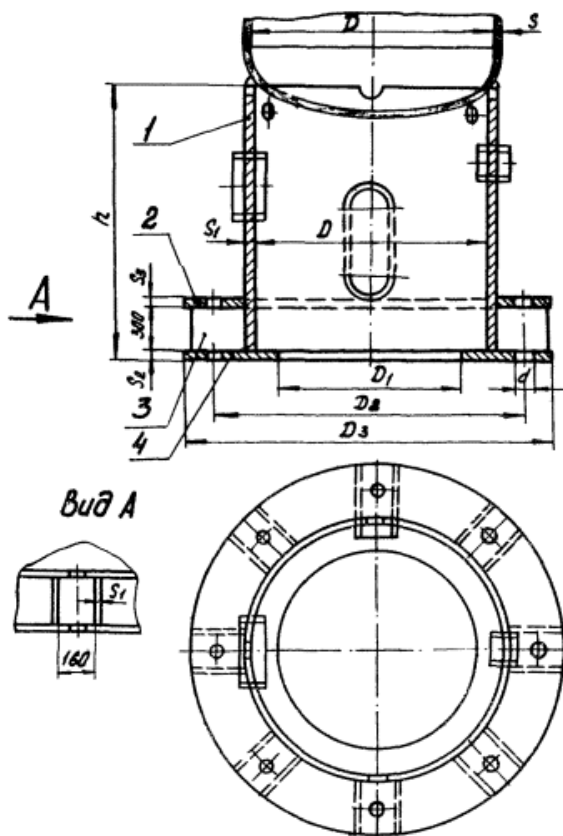


Рисунок 3.3 - Розрахункова схема опори циліндричної

Зміцнення отворів

Як показують експерименти, максимальні напруження швидко зменшуються у міру віддалення від краю отвору, тобто приріст напружень носить локальний характер. Таким чином, під час проектування апаратури необхідно вирішувати задачу про зниження підвищеного напруження в області отворів до допустимих значень за рахунок компенсації ослаблення, викликаного наявністю вирізу.

Компенсація ослаблення може проводитися двома способами: 1) збільшенням товщини стінки всієї оболонки виходячи з максимальних напружень у зоні краю отвору і 2) зміцненням краю отвору додатковим матеріалом, що вводиться по можливості ближче до місця розподілу максимальних напружень. Перший спосіб застосовується дуже рідко і не

може бути визнаний раціональним, оскільки область підвищення напружень незначна.

Розрахунковий діаметр отвору в обичайки, що не потребує укріплення:

$$d_0 = 2 \left(\frac{s-c}{s_p} - 0.8 \right) \sqrt{D_p(s-c)} \quad (3.21)$$

$$d_0 = 2 \left(\frac{5-2}{0.73} - 0.8 \right) \sqrt{800(5-2)} = 324 \text{ мм}$$

Штуцери:

для входу вихідної суміші діаметром 40 мм;

для подачі флегми 40 мм;

для входу пара 200 мм.

Оскільки діаметри штуцерів менші допустимого, то зміцнення отворів в корпусі апарату не потрібне.

Розрахунковий діаметр отвору еліптичного днища та кришки, що не потребує укріплення:

$$d_0 = 2 \left(\frac{s-c}{s_p} - 0.8 \right) \sqrt{D_p(s-c)}$$

де D_p - розрахунковий діаметр елемента, що укріплюється для еліптичного днища при $H=0,25D$:

$$D_p = 2 \cdot D \cdot \sqrt{1 - 3 \cdot \left(\frac{x}{D} \right)^2}$$

де x – відстань від центру отвору, що укріплюється до осі еліптичного днища.

$$D_p = 2 \cdot 800 \cdot \sqrt{1 - 3 \cdot \left(\frac{0}{800} \right)^2} = 1600 \text{ мм}$$

Тоді

$$d_0 = 2 \left(\frac{5-2}{0.73} - 0.8 \right) \sqrt{1600(5-2)} = 459 \text{ мм}$$

Штуцери :

для виходу пара 200 мм;

для виведення кубового залишку 40 мм.

Оскільки діаметри штуцерів менші допустимого, то зміцнення отворів в корпусі апарату не потрібне.

					ХІ.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4. Монтаж та ремонт апарата

4.1 Монтаж розробленого апарата [9, 10]

При монтажі повністю зібраного апарата спочатку апарат збирається із блоків, а потім приварюється опора. Частини апарата, що стикаються, підтягують один до одного трубоукладачами або тракторами. Для збігу стиків по всьому периметру до кромek однією зі стикаючих частин приварюють вісім і більше напрямних планок, які після прихватки стику обрізають.

Стиковку роблять за заводськими контрольними рисками, нанесеними на корпусах. Відхилення розмірів ділянок, що стикаються, повинні бути в межах допустимих норм: зміщення кромek в кільцевих швах не повинно перевищувати 10 % товщини листа апарата, а у разі двошарової сталі повинно бути не більше товщини шару.

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, що 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

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

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.

Масообмінна тарілка – контактний пристрій в колонній апаратурі, 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 при вертикальному (робочому) і горизонтальному положенні колони. Другий спосіб дозволяє скоротити загальну тривалість монтажних робіт, але пов'язаний із застосуванням пристосувань великої вантажопідйомності для підйому апарата (рис. 4.1).

При горизонтальному положенні апарата 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 строго горизонтальне положення тарілок в уже установленому, вивіреному і закріпленому на фундаменті корпусі апарата. У цьому випадку достатньої точності добиваються або за допомогою рівня, або заливаючи на поверхню тарілки воду.

Збірку тарілок починають з приварки до внутрішньої стінки корпусу колони опорних (несучих) елементів і нероз'ємних деталей (карманів, зливів, дисків, глухих сегментів). Зварювання проводять у відповідності до технічних умов, і з огляду на те, що при роботі колони важко визначити окремі дефекти зварювання. Після складання всіх елементів кожна тарілка перевіряється на барботаж. Для цього закриваються всі люки, розташовані нижче контрольованої тарілки, тарілка заливається водою, 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 гідро затворів за допомогою компресора нагнітається повітря. Рівномірність барботажа контролюється візуально.

					ХІ.Р.00.00.00 ПЗ	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4.2 Ремонт апарата [9, 10]

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 із внутрішніми пристроями тарільчатого типу передбачаються наступні роботи:

- приймання колони в ремонт за актом представником ремонтної організації (майстром ремонтно-механічної бригади).

- перед тим, як безпосередньо приступити до ремонту, необхідно отримати інструктаж з охорони праці, техніки безпеки, газобезпеки, пожежної безпеки і оформити наряд допуску на проведення газонебезпечних робіт всередині колонного апарата.

- керівник ремонтного підрозділу (майстер РМЦ) повинен ознайомитися з результатами підготовчих робіт до ремонту колони або в цілому установки, зазначених в наряді допуску.

- отримати дозвіл особи, відповідальної за організацію безпечного проведення газонебезпечних робіт в цеху (начальника або заступника начальника цеху) і приступити до виконання ремонтних робіт.

- відкриття люків-лазів проводять, починаючи із верхнього, а далі послідовно зверху вниз. Забороняється одночасно відкривати верхній і нижній люки-лази, щоб уникнути підсосу повітря в колону і займання пароповітряної суміші.

- 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.

- перед початком ремонту перевіряють температуру повітряного середовища всередині колони, яка не повинна перевищувати 30°C. Під час очистки і розбирання тарілок в колоні працює по двоє людей в кожному

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

люку: один всередині колони у шланговому протигазі з рятувальним поясом і сигнально рятувальною мотузкою; другий спостерігаючий дублер: зовні, поруч із люком, зі шланговим протигазом.

Очищення стінок міжтарілчастого простору, опорних конструкцій тарілок, зливних карманів і стінок кубової частини колони роблять за допомогою металевих скребків і щіток, а також за допомогою механізованих пристосувань і інструментів. Відкладення і бруд видаляють з колони дерев'яними лопатами через люк-лаз і спускають їх в цеберку зі спеціальними жолобами.

Тарілки розбирають в кожному люку послідовно, починаючи з верхньої. Повне розбирання усіх тарілок роблять по секціях (сегментах). Спуск секцій тарілок проводиться за допомогою кран-укосини.

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 обстукування молотком вагою до 1 кг.

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

При ремонті корпусу колони керуються стандартами, відповідно до яких розробляється технологія усунення дефектів корпусу і його покриття. Ремонт опорних конструкцій тарілок, зливних карманів вогневими методами із використанням ручного дугового електрозварювання (РДЕЗ) і газозварювання проводять після оформлення дозволу на проведення вогневих робіт усередині апарата, дозволу на проведення газонебезпечних робіт і наряду-допуску на проведення робіт підвищеної небезпеки на кожен

					ХІ.Р.00.00.00 ПЗ	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

робочу зону, при позитивних аналізах повітряного середовища всередині колони.

Найбільш зношені ділянки корпусу колони вирізають, а на їх місце встановлюються нову ділянку, заздалегідь звальцьовану по радіусу колони. Тип зварювання – встик. Вирізання великих ділянок корпусу може призвести до ослаблення перетину і порушення стійкості. Тому до вирізання дефектної ділянки її зміцнюють стійками, що встановлюються всередині або зовні. Число та 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.

Зборку тарілок проводять аналогічно розбиранню, у 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.

					ХІ.Р.00.00.00 ПЗ	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5. Охорона праці [11]

ВИДИ ІНСТРУКТАЖІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ПОРЯДОК ЇХ ПРОВЕДЕННЯ

Протягом усієї діяльності трудового колективу, актуальне своєчасне проведення інструктажів з охорони праці та техніки безпеки на підприємстві. Розроблені інструкції різняться за часовими параметрами, місцем проведення, кількості і якості поданої інформації. Окремі заходи проводять відповідальні, спеціально навчені співробітники: працівники відділу кадрів, керівництво підрозділів компанії старшої та молодшої ланки.

Без вступних інструктажів з охорони праці забороняється допуск нового персоналу до роботи:

- тих, що працюють на постійній або тимчасовій основі з різною тривалістю трудового дня;
- прикомандированих на підприємство;
- студентів, учнів, вихованців, які проходять практику на підприємстві;
- водіїв, які займаються перевезеннями вантажів, при першому в'їзді на територію виробництва;
- екскурсантів, які вивчають виробництво з освітньою метою.

З усіма співробітниками, хто вперше приступає до своїх обов'язків, проводиться *вступний інструктаж з охорони праці*. Захід не залежить від стажу і досвіду роботи, наявності або відсутності спеціальної освіти, віку і статі людей.

					ХІ.Р.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

ХТО ПРОВОДИТЬ ВСТУПНИЙ ІНСТРУКТАЖ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

Заняття з одним або декількома слухачами проводить профільний фахівець в наочно обладнаній кімнаті. У підшитому журналі з пронумерованими аркушами, в документації працівника, зберігається датований запис про результат проведеної процедури, засвідчений підписом співробітника і лектора.

ВИДИ ІНСТРУКТАЖІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ В УКРАЇНІ

Позапланове, цільове, первинне навчання проводиться у разі виникнення потреби, а повторний інструктаж з охорони праці потрібен кожні півроку трудової кар'єри. Одночасно проводиться навчання персоналу з протипожежної безпеки, з правильної експлуатації електричного обладнання, щоб уникнути аварії та травм.

Працівники, що складаються в комплексних бригадах і володіють кількома видами спеціальностей, вивчають інструкції за основним і поєднаним напрямками.

ЯК ЧАСТО ПРОВОДИТЬСЯ ІНСТРУКТАЖ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

За українськими законами навчання персоналу правилам виробничої поведінки повторюється кожні 6 місяців.

Періодичність проведення інструктажів з охорони праці залежить від їх спрямованості та мети. Претендентам, які погано засвоїли досліджуваний матеріал, додатково дається 10 днів. Після закінчення терміну іспит можна перездати. Позитивний результат стає допуском кандидата до роботи. Неуспішність за цільовим для працівника напрямком тягне за собою відсторонення виконавця від виконання зобов'язань.

					ХІ.Р.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

КОЛИ ПРОВОДИТЬСЯ ПЕРВИННИЙ ІНСТРУКТАЖ З ОХОРОНИ ПРАЦІ НА РОБОЧОМУ МІСЦІ

Перед початком робочої зміни необхідно провести первинний інструктаж з охорони праці. Для цього не потрібно окремого кабінету — працівник знайомиться з основними постулатами прямо на місці роботи. Допускається індивідуальне або колективне навчання, якщо група осіб займатиметься однаковим видом діяльності.

За змістом повторюється плановий інструктаж з охорони праці ідентичний початковому варіанту, якщо умови виробництва не змінилися. Документацію розробляє начальник конкретної ділянки, погоджуючи положення з керівництвом компанії та профільними фахівцями.

Періодичність проведення повторного інструктажу з охорони праці залежить від типу небезпеки виконуваної роботи. Підвищений рівень вимагає щоквартального поновлення знань, для інших категорій досить повторювати матеріал з ОП кожне півріччя.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ПОЗАПЛАНОВОГО ІНСТРУКТАЖУ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

Обсяг необхідного для вивчення матеріалу коригується за змістом, відповідно до причини, що призвела до початку позапланових занять.

Критерії, за якими потрібен позаплановий інструктаж з охорони праці:

- перегляд, корекція нормативних документів ОП;
- застосування нового або вдосконаленого технічного обладнання, який змінив алгоритми виробництва продукції;
- недотримання працівником або учнями встановлених правил, що спричинило загрозу аварійного зриву і нещасного випадку (якщо подія вже відбулася);

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

- перевіряючими органами виявлено незнання персоналом (учнями) безпечних способів праці;
- переривання тривалості профільної праці виконавця на 1-2 місяці, в залежності від складності та небезпеки виконуваних зобов'язань.

Успішна перевірка інформації, засвоєної слухачами, стає сигналом для припинення заходу.

В ЯКИХ ВИПАДКАХ ПРОВОДИТЬСЯ ЦІЛЬОВИЙ ІНСТРУКТАЖ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

Якщо виникли певні обставини, що вимагають негайного реагування, рекомендується спочатку інформаційно підготувати виконавців. Цільовий інструктаж з охорони праці проводиться у разі:

- разового виконання завдання, що не входить до професійних обов'язків;
- ліквідації наслідків природної стихії, аварії;
- виконання комплексу завдань за індивідуальним дозволом керівництва;
- проведення на відомчій території спортивних змагань, організації екскурсій.

Зміст програми залежить від поставленого завдання.

					ХІ.Р.00.00.00 ПЗ	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ХТО ПРОВОДИТЬ ІНСТРУКТАЖІ З ПИТАНЬ ОХОРОНИ ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВІ

Вчасно інформувати співробітників про заходи з безпеки зобов'язаний керівник фірми, спеціально призначений відповідальний, безпосередній начальник відділу, ділянки, цеху. Роботодавець розробляє інструкції з урахуванням думки профільних фахівців. В обов'язки інструктора входить навчання персоналу, перевірка отриманих знань, ведення документації. Похибки, які можуть виникнути, караються досить високими штрафами. Все це вимагає підготовки та тимчасових витрат, тому вигідніше доручити турботи фахівцям "Профітех". Аутсорсинг охорони праці полягає в:

- розробці різних типів інструкцій за вимогами законодавства;
- навчання та перевірку засвоєної інформації персоналом;
- забезпеченні безпеки праці;
- представництві перед перевіряючими суб'єктами.

					ХІ.Р.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Методические 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.Э.Михайловский.- Сумы: Изд-во СумГУ, 2002.

2. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. Лацинский А.А., Толчинский А.Р., Л., "Машиностроение", 1970 г., 752 стр. Табл. 476. Илл. 418. Библ. 218 назв.

3. Соколов В.Н. (ред.) Машины и аппараты химических производств: Примеры и задачи

4. Лацинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд – ние, 1981. – 382 с., ил.

5. Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Учебное пособие для вузов / Под ред. чл.-корр. АН СССР П. Г. Романкова. – 10-е изд., перераб. И доп. – Л.: Химия, 1987. – 576 с., ил.

6. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М., "Химия", 1973., 752с.

7. ГОСТ 14249 – 89 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.

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

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

10. Ермаков В.И. Ремонт и монтаж химического оборудования / В.И. Ермаков, В.С. Шейн. – Л. : Химия, 1981. – 368 с.

11. Интернет джерело: <https://profiteh.ua/instruktazhi-z-okhorony-pratsi-v-ukraini/>

					ХІ.Р.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47