

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-
та газопереробних виробництв"

Тема роботи: Ректифікаційна установка для розділення суміші ацетон – бензол. Розробити ректифікаційну колону з ситчастими тарілками / Distillation unit for separation of acetone – benzene mixture. Develop a distillation column with sieve plates

Виконав:
студент групи ХМ-81/2хо
Іващев Ілля Олександрович

підпис

Залікова книжка
№ 18510187

Кваліфікаційна робота бакалавра
захищена на засіданні ЕК

з оцінкою _____

" ____ " _____ 20__ р.

Підпис голови
(заступника голови) комісії

Керівник:
канд. техн. наук, доцент

Михайловський Я.Е.

підпис, дата

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра хімічної інженерії

Спеціальність 133 "Галузеве машинобудування"

Освітня програма "Обладнання нафто- та газопереробних виробництв"

Курс 4 Група ХМ-81/2хо Семестр 8

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студенту Іващеву Іллі Олександровичу

1 Тема роботи: Ректифікаційна установка для розділення суміші ацетон – бензол. Розробити ректифікаційну колону з ситчастими тарілками / Distillation unit for separation of acetone – benzene mixture. Develop a distillation column with sieve plates

2 Вихідні дані: Розробити ректифікаційну колону для розділення суміші ацетон – бензол продуктивністю 5000 кг/год. за вихідною сумішшю. Вміст низькокиплячого компонента (% мол.): у вихідній суміші 26; у дистилаті 94; у кубовому залишку 3. Тип контактних пристроїв – ситчасті тарілки.

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

1. Технологічна схема ректифікаційної установки – 1,0 арк.
2. Складальний кресленик ректифікаційної колони – 1,0 арк.
3. Складальний кресленик ситчастої тарілки – 1,0 арк.

4 Рекомендована література: 1. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра / укл.: Р. О. Острога, М. С. Скиданенко, Я. Е. Михайловський, А. В. Іванія. – Суми : СумДУ, 2019. – 32 с.; 2. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – Москва : Химия, 1973. – 752 с.

5 Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

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

6 Дата видачі завдання

жовтень 2021 р.

Керівник

підпис

к.т.н., доц. Михайловський Я.Е.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	6
1.1 Опис технологічної схеми ректифікаційної установки	6
1.2 Теоретичні основи процесу ректифікації	9
1.3 Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструкційних матеріалів	14
2 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРОЦЕСУ І АПАРАТА	19
2.1 Матеріальний баланс процесу	19
2.2 Технологічні розрахунки	20
2.3 Конструктивні розрахунки	27
2.4 Гідравлічний опір апарата	32
2.5 Вибір допоміжного обладнання	38
3 РОЗРАХУНКИ АПАРАТА НА МІЦНІСТЬ	43
3.1 Визначення товщини стінки апарата, кришки	43
3.2 Розрахунок опори апарата	47
4 МОНТАЖ ТА РЕМОНТ АПАРАТА	50
4.1 Монтаж апарата	50
4.2 Ремонт апарата	51
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	55
ЛІТЕРАТУРА	69
ДОДАТКИ	

					<i>XI.P.00.00.00 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Іващев</i>			Ректифікаційна колона для розділення суміші ацетон – бензол Пояснювальна записка	<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Михайловський</i>					4	71
<i>Реценз.</i>						СумДУ, ХМ-81/2хо		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Склабінський</i>						

ВСТУП

Ректифікація являє собою процес розділення двокомпонентної (бінарної) або багатоконпонентної гомогенної суміші летких рідин на практично чисті компоненти, збагачені легколетучими або важколетучими компонентами. Процес відбувається у результаті контакту нерівноважних потоків пари та рідини [1].

Розділення вихідної бінарної суміші ацетон – бензол засновано на різній летучості речовин. При ректифікації початкова суміш ділиться на дві частини:

- дистиллят – суміш, що збагачена низькокиплячим компонентом (НК) – ацетон;
- кубовий залишок – суміш, що збагачена висококиплячим компонентом (ВК) – бензол.

Ректифікаційні апарати є основними апаратами хімічної промисловості. Значне зростання споживання продуктів хімічного виробництва, більш тверді вимоги до їх якості, розширення асортиментів продуктів, що випускаються, викликає необхідність створення колон, які мають високу продуктивність і ефективність [1].

Ректифікаційні установки за принципом дії поділяються на періодичні та безперервні. В установках безперервної дії розділювана суміш надходить в колону і продукти поділу виводяться з неї безперервно. В установках періодичної дії суміш, яку поділяють, завантажують в куб і ректифікацію проводять до одержання продуктів заданого кінцевого складу [2].

Фізична сутність процесу ректифікації полягає у двосторонньому масо- і теплообміні між нерівноважними потоками пари й рідини або високій турбулізації поверхні контактуючих фаз [2].

У даній кваліфікаційній роботі запроектована ректифікаційна колона з ситчастими тарілками, яка призначена для розділення бінарної суміші ацетон – бензол. Загалом кваліфікаційну роботу бакалавра виконано у відповідності до методичних вказівок [3].

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

РОЗДІЛ 1

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис технологічної схеми ректифікаційної установки

Схема безперервно діючої ректифікаційної установки для розділення бінарної (двокомпонентної) суміші представлена на рис. 1.1.

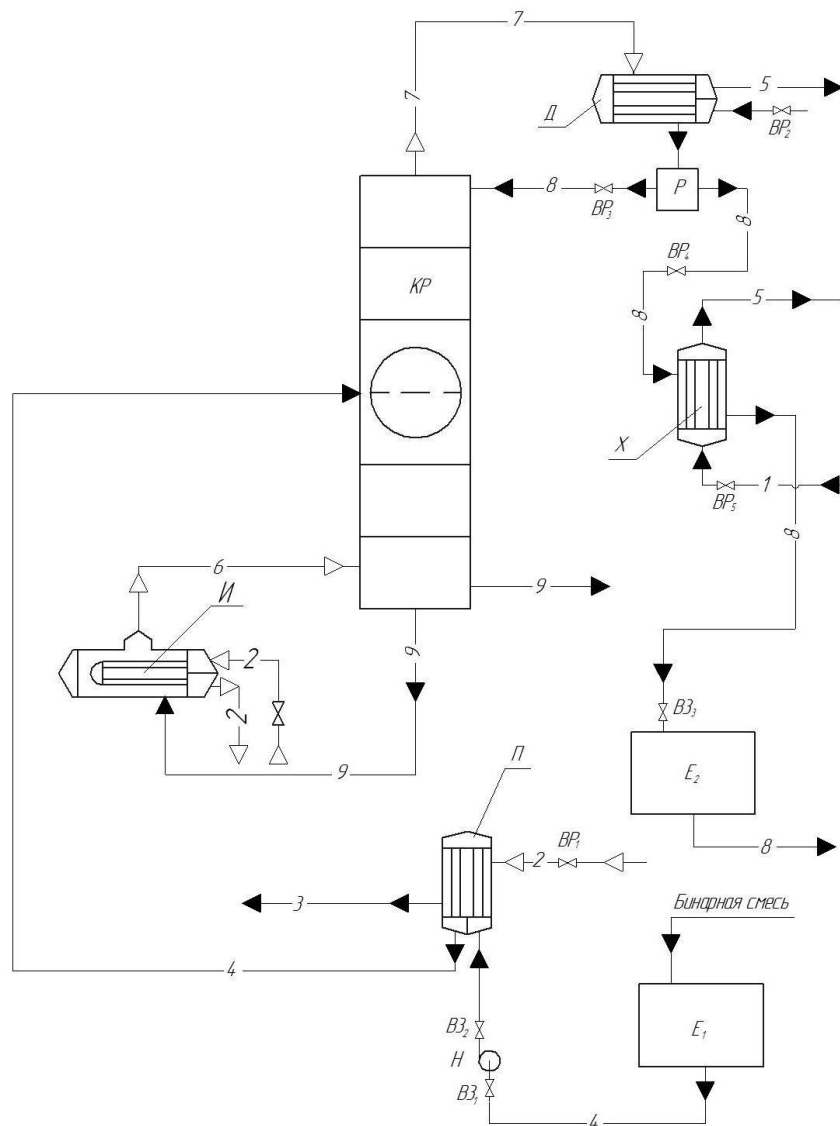


Рисунок 1.1 – Технологічна схема ректифікаційної установки
для розділення суміші ацетон – бензол:

E_1, E_2 – ємність; H – відцентровий насос; Π – підігрівач; И – випарник; KP – ректифікаційна колона; X – холодильник; Д – дефлегматор; P – розподільник

Сировиною, що надходить на установку розділення є бінарна суміш, тобто суміш, яка складається із двох компонентів: ацетону у кількості 26 % мол. (низькокиплячий компонент) і бензолу у кількості 74 % мол. (висококиплячий компонент).

Ацетон – це органічна речовина, що має формулу $\text{CH}_3\text{-C(O)-CH}_3$, найпростіший представник насичених кетонів. Свою назву ацетон отримав від лат. *acetum* – оцет. Це пов'язано з тим, що раніше ацетон отримували з ацетатів, а з ацетону отримували синтетичну крижану оцтову кислоту [4].

Ацетон не має кольору та має солодкуватий запах, а також легко випаровується, якщо не закрити пляшку. Ацетон швидко випаровується тому, що його температура кипіння складає 56°C , тобто для нього літня температура в приміщенні у 25°C є досить високою. Тож ацетон потрібно тримати закритим в темному прохолодному приміщенні. Також, через його їдкість, варто ховати його від дітей, або ж розповісти їм про небезпечність ацетону. Якщо надихатись парів ацетону, вони можуть викликати дрімотний стан або запаморочення [5].

Бензол або феніловий водень (бензен) – це перший представник гомологічного ряду ароматичних вуглеводнів, молекулярна формула C_6H_6 . Бензол являє собою неорганічну хімічну сполуку.

Бензол є палимим і безбарвним, з солодкуватим запахом. Токсична і канцерогенна сполука, одна з найбільш отруйних, що оточують людину. Великий обсяг бензолу є в смозі і викидах заводів. Без цього елемента не існує жодне промислове підприємство [6].

Ця речовина є основним компонентом в бензині, вона активно застосовується в різних промислових сферах. Використовується для створення медичних і ветеринарних препаратів, синтетичного каучуку, безлічі барвників, пластичних мас і т.д. Бензол становить близько 30 % у пластичній масі. Його приблизно 65–67 % в каучуку і гумі. У штучних волокнах до 80 % припадає на ацени, в основі яких використовується це з'єднання [7].

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

Принцип роботи даної установки полягає у наступному. Бінарна суміш ацетон – бензол із ємності E_1 за допомогою відцентрового насосу H подається в теплообмінник-підігрівач $П$, де нагрівається до температури кипіння зустрічним потоком гріючої пари, яка конденсується в міжтрубному просторі апарату.

Після таких процедур, уже нагріта суміш, надходить на тарілку живлення ректифікаційної колони KP . Колона складається із верхньої (зміцнюючої) і нижньої (вичерпної) частин. На тарілці живлення склад рідини відповідає складу вихідної суміші. У результаті розділення суміші з нижньої частини колони відводиться кубовий залишок (бензол), який спрямовується до споживача. Частина кубового залишку відбирається із нижньої частини колони і виходить у випарник $И$, де за рахунок тепла насиченої водяної пари відбувається кипіння кубової рідини і утворення парів ВКК. Останній повертається в колону, під її нижню тарілку, у якості парового зрошення. Таким чином, у нижній частині ректифікаційної колони відбувається процес відгону (вичерпання) ВКК зі стікаючої донизу вихідної суміші.

У верхній частині колони відбувається процес збагачення (зміцнення) пари НКК за рахунок багатоступеневого контактування на масообмінних тарілках зі стікаючою зверху униз флегмою.

Пари, що відводяться з верхньої частини колони (пари ацетону), надходять у дефлегматор $Д$, де конденсуються у міжтрубному просторі апарату за рахунок відведення тепла холодоагенту, що рухається у трубному просторі. Частина отриманого конденсату відбирається і у вигляді флегми повертається в колону на зрошення її верхньої частини. Дистилят додатково охолоджується в холодильнику X і спрямовується до збірника E_2 у якості готового продукту із високою концентрацією НКК.

					<i>XI.P.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		8

1.2 Теоретичні основи процесу ректифікації

Теоретичні основи досліджуваного процесу, які подано у цьому підрозділі, виконано шляхом аналізу літературних джерел [2, 8, 9].

Ректифікація – це протитечійна взаємодія двох нерівноважних фаз – рідини і пари, що утворюється з цієї рідини. У результаті таких багаторазово повторюваних процесів висхідна в колоні парова фаза поступово збагачується низькокиплячим компонентом (НКК), і з верхньої частини колони відводяться майже чисті пари НКК. З іншого боку, стікаюча по колоні зверху вниз рідка фаза, збагачується висококиплячим компонентом (ВКК), і знизу апарата виводиться практично чистий ВКК.

Здійснюючи багаторазово контактування відповідних нерівноважних потоків парової і рідкої фаз, можна змінити їх склади бажаного ступеня.

Процес ректифікації здійснюється в протитечійних апаратах – колонах: пари протікають від низу до верху, а назустріч парам зверху вниз стікає рідина, що подається в верхній елемент колони. Між рідкою і паровою фазами виникає масообмін, внаслідок якого пари в міру їх просування по колоні збагачуються легколетким компонентом, а рідина – менш летким компонентом. В кінцевому підсумку пара, що виходить з верхньої частини колони, являє собою більш-менш чистий легколеткий компонент, конденсація якого дає готовий продукт – дистиллят, а з нижньої частини колони виходить порівняно чистий менш леткий компонент, так званий кубовий залишок, який, так само як і дистиллят, може бути кінцевим продуктом процесу.

Рідину, що надходить на зрошення колони, називають флегмою; її отримують шляхом конденсації пари, що піднімаються з верхньої частини колони, в спеціальних конденсаторах-дефлегматором або ж в апаратах повітряного охолодження.

Для утворення парів в нижній частині колони використовують гріючі пристосування або ж теплообмінники-випарники, в які і підводять необхідну кількість тепла, у більшості випадків із гріючою водяною парою.

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

Для проведення заданого процесу використовуємо тарілчасту ректифікаційну колону. Тарілки ректифікаційних колон можна 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 пари n кмолей труднолеткого компонента випаровується з рідини n кмолей легколеткого компонента, тобто кількість фаз по всій висоті колони буде постійною. Прийmemo наступні допущення, які мало спотворюють фактичні умови протікання процесу, але значно спрощують розрахунок:

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

2) 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:

– за потоками

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

– за легколетким компонентом

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

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

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

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

прихід тепла:

– з гріючою парою в кубі випарника Q_K ;

– з вихідною сумішшю

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

витрата тепла:

– з водою від сконденсованих у дефлегматорі парів Q_D ;

– з дистиллятом

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

– з кубовим залишком

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

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

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

Рівняння теплового балансу запишеться у вигляді:

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

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

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

Висота колон визначається числом реальних тарілок і відстанню між ними, а в насадкових колонах – висотою насадки, еквівалентної необхідному числу теоретичних тарілок.

Визначення висоти тарілчастої колони проводиться за рівнянням:

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

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

h_1 – висота сепараційної частини колони, м;

h_2 – відстань від нижньої тарілки до днища, м;

n – кількість тарілок;

h – відстань між сусідніми тарілками, м.

Коефіцієнт корисної дії колони i , отже, кількість тарілок залежить від багатьох факторів: інтенсивності режиму та пов'язаного з ним бризгоуносу, фізико-хімічними властивостями оброблюваних речовин, конструктивних факторів тощо. При обробці конкретної рідини найбільше впливає гідравлічний режим. Розробка ефективних конструкцій та визначення оптимальних розмірів тарілок, ковпачків, зливних пристроїв та інших деталей колони дуже важливі тому, що від них залежить можливість здійснення бажаного режиму та забезпечення найкращих умов масообміну.

При розрахунку теоретичної тарілки передбачається, що рідина і пара, що знаходиться над нею, знаходяться в повній термодинамічній рівновазі і залишаються нерухомими або рухаються паралельно, що є найменш сприятливим для перебігу процесу. Умови роботи більш сприятливі, якщо дотичні рідини та газу переміщуються протитечією. Якщо при цьому рідина на тарілці не перемішуватиметься, умови процесу будуть оптимальними. Здійснити протитечію в апаратах з ковпачковими, ситчастими та клапанними тарілками неможливо. Лише апарати з провальними тарілками дають змогу здійснити протитечію. В апаратах з тарілками вдається здійснити лише

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

перехресний ток, який за ефективністю займає проміжне положення між протитечією та паралельним током.

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

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

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

Ефективність роботи тарілок з перехресним током визначається наступними величинами: навантаженням тарілки по газу та рідині; відстанню між тарілками; довжиною периметра барабана; глибиною занурення в рідину; величиною густини газу та рідини; ступенем перемішування.

Залежно від типу та пристрою колон для ефективного проведення процесу необхідно забезпечити максимальне бризко- та піноутворення та мінімальний бризгонос. Поверхня дотику фаз у шарі піни набагато перевищує поверхню бульбашок газу під час пробулькування їх через рідину. З іншого боку, неприпустиме перенесення рідини з нижніх тарілок на верхні, тому що це знижує к. к. д. тарілок і порушує роботу апарата.

Ковпачкові тарілки. Явище витікання газу з-під ковпачка в рідину дуже складне. При малих подачах газу відбувається пробулькування через рідину окремих бульбашок у безпосередній близькості до ковпачка. Прорізи в ковпачках при цьому мало відкриті, висота нейтрального шару, що не бере участі в процесі, значна, умови отримання міжфазового контакту погані, к. к. д. низький. По мірі збільшення подачі газу бульбашки викидаються далі в шар рідини, рідина як би кипить, на ній утворюється шар піни та умови дотику газу та рідини покращуються.

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

При подальшому збільшенні подачі газ виходить з-під ковпачка вже не окремими бульбашками, а суцільним потоком, спрямовується знизу вгору і відтісняє рідину таким чином, що навколо ковпачка утворюється кільцева щілина. Газ захоплює рідину, захоплює її вгору, внаслідок чого утворюється шар піни та велика кількість бризок. Поверхня дотику фаз та інтенсивність режиму при цьому сильно зростають.

Клапанні тарілки. У порівнянні з ковпачковими мають більш високу ефективність та на 20–40 % більшу продуктивність. Вони застосовуються для обробки рідин не схильних до смолоутворення та полімеризації, щоб уникнути прилипання клапана до тарілки.

Ситчасті тарілки. Ці типи тарілок є більш прості і дешевші за ковпачкові. Вони мають більшу пропускну здатність і вносять менший гідравлічний опір у порівнянні з ковпачковими. Ситчасті тарілки набули великого поширення в установках глибокого охолодження та дозволили сконструювати ефективні та високопродуктивні розділові агрегати. Застосування ситчастих тарілок в інших галузях промисловості гальмувалося через недостатню вивченість роботи тарілок.

Сучасні дослідження показали, що при раціональній конструкції ситчастої тарілки допустимо коливання навантаження газу до 2–2,5 разів, що в багатьох випадках цілком достатньо. Тільки засмічення і корозія отворів і здатність деяких рідин утворювати стійку піну можуть послужити дійсними причинами відмови від ситчастих тарілок, що залишає все ж таки більш ніж достатнє поле для їх застосування.

1.3 Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструкційних матеріалів

На ректифікаційних установках використовують, головним чином, апарати двох типів: насадкові і тарілчасті ректифікаційні колони.

					<i>XI.P.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		14

Насадкові колони – це колони, в яких використовуються насадки різних типів, але в промисловості найбільш поширеними є колони з насадкою із кілець Рашига або Паля. Перевага таких колон в тому, що вони мають невеликий гідравлічний опір. Недоліком є те, що рівномірний розподіл рідини по шару насадки в колонах великого діаметру дуже ускладнено. У зв’язку із цим діаметр промислових насадкових ректифікаційних колон зазвичай не перевищує 0,8–1 м. Тарілчасті колони застосовуються для великої продуктивності, широкого діапазону змін навантажень по паровій фазі та рідині і можуть забезпечити досить чіткий поділ сумішей. Недоліком таких апаратів є відносно високий гідравлічний опір. Але в умовах ректифікації це не має суттєвого значення, адже підвищення гідравлічного опору призводить лише до деякого збільшення тиску і відповідно до підвищення температури кипіння рідини в кип’ятильнику колони [2].

Об’єктом дослідження є тарілчаста ректифікаційна колона з ситчатими тарілками (рис. 1.2). Принцип роботи апарата полягає у наступному. Пара для нижньої частини колони утворюється у випарнику. Гаряча пара з випарника повертається в колону, під нижню її тарілку, у якості парового зрошення.

Для збереження високої чистоти розділюваних компонентів, необхідно здійснювати зрошення у верхній частині колони. Внизу колони температура практично дорівнює температурі кипіння висококиплячого компонента при відповідному тиску в колоні, на верхній тарілці колони температура практично дорівнює температурі кипіння низькокиплячого компонента.

Конструктивно апарат складається із вертикального циліндричного корпусу, до якого приварено днище. Корпус і кришка роз’ємно з’єднані за допомогою фланцевого з’єднання. Усередині корпусу встановлені контактні пристрої у вигляді ситчатих тарілок. Саме за допомогою тарілок і створюється спрямований рух фаз і багаторазова взаємодія рідини і пари.

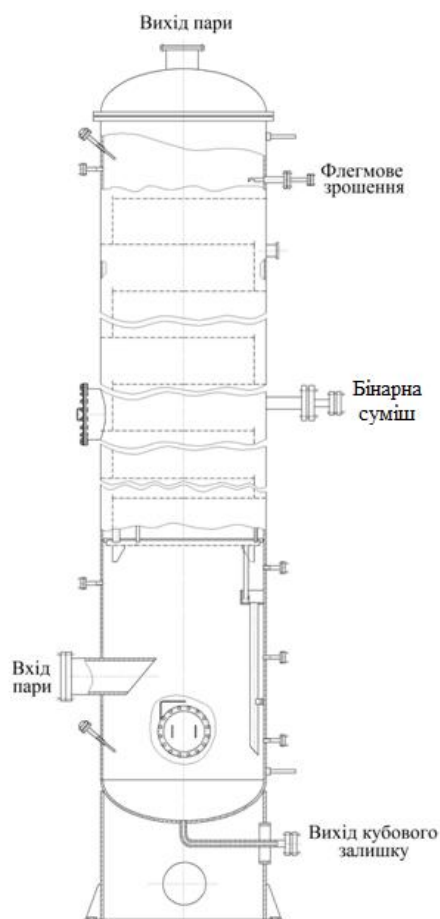


Рисунок 1.2 – Схема ректифікаційної колони з основними потоками

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

На колоні передбачені штуцери для обв'язки апарата технологічними трубопроводами та підключення до технологічної лінії. Також до корпусу колони знизу приварена опорна частина, яка лапами кріпиться до фундаменту.

У кожний отвір ситчатої тарілки (див. рис. 1.3) надходить пара, підхоплюючи і розпиляючи рідину, яка знаходиться на тарілці. Зливання рідини відбувається не тільки через зливні пристрої, але і через парові отвори. Ситчасті тарілки, у порівнянні з ковпачковими, мають більшу продуктивність на 30–60%, але робочий діапазон, зазвичай, не перевищує 2,5. Металоємність становить 50–65 кг/м². Тарілки вельми чутливі до точності горизонтальної установки і не рекомендуються для роботи із забрудненими і смолистими середовищами, тому що можливе забивання отворів.

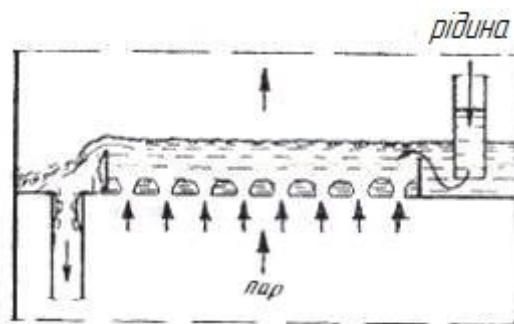


Рисунок 1.3 – Схема роботи ситчастої тарілки

Ситчасті тарілки зі зливним пристроєм застосовують у колонних апаратах діаметром 400–4000 мм при відстані між тарілками від 200 мм і більше. Основний елемент таких тарілок – металевий диск з отворами діаметром 2–6 мм, розташованими по вершинах рівносторонніх трикутників. У колонах діаметром більше 800 мм тарілки складаються з окремих секцій. По кріпленню секцій тарілки до корпусу і пристрою переливів такі колони аналогічні апаратам з ковпачковими і клапанними тарілками.

Перевага ситчастих тарілок – великий вільний (тобто зайнятий отворами) перетин тарілки, а, отже, і висока продуктивність за парою, простота виготовлення, мала металоємність. За продуктивністю за парою (газом) ці тарілки на 30–60 % перевершують ковпачкові. Недолік – висока чутливість до точності установки.

Основними вимогами, яким повинні відповідати хімічні апарати, є механічна надійність, довговічність, конструктивна досконалість, простота виготовлення, зручність транспортування, монтажу та експлуатації [10–12]. Тому до конструкційних матеріалів проектованої апаратури висувають наступні вимоги [10]:

- 1) висока корозійна стійкість матеріалів в агресивних середовищах при робочих параметрах процесу;
- 2) висока механічна міцність при заданих робочих тисках, температурі і додаткових навантаженнях, що виникають при гідравлічних випробуваннях та експлуатації апаратів;
- 3) гарна зварюваність матеріалів із забезпеченням високих механічних

властивостей зварних з'єднань;

4) низька вартість і доступність матеріалів.

Головною ж вимогою для матеріалів хімічних апаратів в більшості випадків є їх корозійна стійкість, так як вона визначає довговічність хімічного обладнання.

Із огляду на всі перераховані параметри, для деталей колони, які контактують із рідиною вибираємо матеріал – сталь 12Х18Н10Т, для інших – сталь Ст 3. Матеріал опори – ВСтЗсп [12].

Для виготовлення неметалевих прокладок для ущільнення роз'ємів з'єднань апарата використовуємо пароніт – листовий прокладковий матеріал, що виготовляється пресуванням азбокаучукової маси, яка складається із азбесту, каучуку і порошкових інгредієнтів [11].

					<i>XI.P.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		18

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРОЦЕСУ І АПАРАТА

2.1 Матеріальний баланс процесу

Розрахунок проводимо у відповідності до методики, що представлена у [13].

Позначимо масову витрату через G_D , а кубовий залишок – G_W . Виразимо концентрації у дистилаті та кубовому залишку в масових частках:

$$\bar{x}_F = \frac{x_F \cdot M_A}{x_F \cdot M_A + (1 - x_F) M_B}, \quad (2.1)$$

$$\bar{x}_F = \frac{0,26 \cdot 58}{0,26 \cdot 58 + (1 - 0,26) \cdot 78} = 0,207,$$

$$\bar{x}_D = \frac{x_D \cdot M_A}{x_D \cdot M_A + (1 - x_D) \cdot M_B}, \quad (2.2)$$

$$\bar{x}_D = \frac{0,94 \cdot 58}{0,94 \cdot 58 + (1 - 0,94) \cdot 78} = 0,921,$$

$$\bar{x}_W = \frac{x_W \cdot M_A}{x_W \cdot M_A + (1 - x_W) \cdot M_B}, \quad (2.3)$$

$$\bar{x}_W = \frac{0,03 \cdot 58}{0,03 \cdot 58 + (1 - 0,03) \cdot 78} = 0,022,$$

де $M_A = 58$ кг/кмоль і $M_B = 78$ кг/кмоль – молярні маси ацетону та бензолу відповідно.

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

З рівнянь матеріального балансу визначимо масові витрати дистилляту і кубового залишку:

$$G_D = G_F \cdot \frac{\bar{X}_F - \bar{X}_W}{\bar{X}_D - \bar{X}_W}, \quad (2.4)$$

$$G_D = 5000 \cdot \frac{0,207 - 0,022}{0,921 - 0,022} = 1029 \text{ кг/ГОД.},$$

$$G_W = G_F \cdot \frac{\bar{X}_D - \bar{X}_F}{\bar{X}_D - \bar{X}_W}, \quad (2.5)$$

$$G_W = 5000 \cdot \frac{0,921 - 0,207}{0,921 - 0,022} = 3971 \text{ кг/ГОД.}$$

Секундні витрати:

$$G_D = \frac{1029}{3600} = 0,286 \text{ кг/с},$$

$$G_W = \frac{3081}{3600} = 1,1 \text{ кг/с},$$

$$G_F = \frac{5000}{3600} = 1,39 \text{ кг/с}.$$

2.2 Технологічні розрахунки

За [14, с. 49, табл. А.5] маємо рівноважні склади рідини (x) і пари (y) в мольних %, і температури кипіння (t) в °С суміші ацетон – бензол при атмосферному тиску, які заносимо в табл. 2.1

					<i>XI.P.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		20

Таблиця 2.1 – Рівноважні склади

x	0	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
y	0	14	24,3	40	51,2	59,4	66,5	73	79,5	86,3	93,2	100
t	80,1	78,3	76,4	72,8	69,6	66,7	64,3	62,4	60,7	59,6	58,8	56,1

За даними табл. 2.1 будуюмо криву рівноваги суміші ацетон – бензол (рис. 2.1).

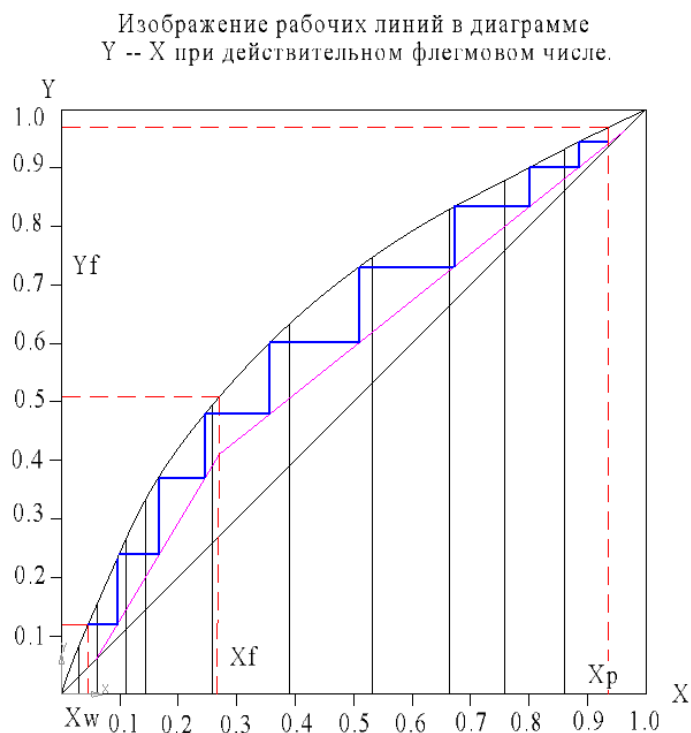


Рисунок 2.1 – Діаграми у-х робочі лінії верхньої і нижньої частини колони

Відносна молярна витрата живлення:

$$F = \frac{X_D - X_W}{X_F - X_W} \quad (2.6)$$

$$F = \frac{0,94 - 0,03}{0,26 - 0,03} = 4.$$

Визначимо мінімальне флегмове число:

$$R_{\text{мин}} = \frac{x_D - y_F}{y_F - x_F}, \quad (2.7)$$

$$R_{\text{мин}} = \frac{0,94 - 0,511}{0,511 - 0,26} = 1,5,$$

де $y_F = 0,511$ – молярна частка бензолу в парі, рівноважному з рідиною живлення, визначається по діаграмі у-х.

Робоче флегмове число:

$$R = 1,3 \cdot R_{\text{мин}} + 0,3. \quad (2.8)$$

$$R = 1,3 \cdot 1,5 + 0,3 = 2,25$$

Рівняння робочих ліній:

– верхньої частини колони

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

$$y = \frac{2,25}{2,25+1} \cdot x + \frac{0,94}{2,25+1} = 0,69 \cdot x + 0,289;$$

– нижньої частини колони

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

$$y = \frac{2,25+4}{2,25+1} \cdot x - \frac{4-1}{2,25+1} \cdot 0,03 = 1,92 \cdot x - 0,028.$$

Далі визначимо фізико-хімічні властивості компонентів бінарної суміші «ацетон – бензол».

Середні концентрації рідини:

– в нижній частині колони

$$x_{cp.n} = \frac{x_F + x_W}{2} = \frac{0,26 + 0,03}{2} = 0,145;$$

– у верхній частині колони

$$x_{cp.v} = \frac{x_D + x_F}{2} = \frac{0,94 + 0,26}{2} = 0,6.$$

Середні концентрації пари за рівняннями робочих ліній:

– у верхній частині колони

$$y_{cp.v} = 0,69 \cdot x_{cp.v} + 0,289; \quad (2.11)$$

$$y_{cp.v} = 0,69 \cdot 0,6 + 0,289 = 0,7$$

– в нижній частині колони

$$y_{cp.n} = 1,92 \cdot x_{cp.n} - 0,028 \quad (2.12)$$

$$y_{cp.n} = 1,92 \cdot 0,145 - 0,028 = 0,25.$$

Середні температури пара знаходимо з табл. 2.1 (див. вище) методом інтерполяції:

при $y_{cp.v} = 0,7$ $t_{cp.v} = 62,7$ °C; при $y_{cp.n} = 0,25$ $t_{cp.n} = 75$ °C.

					<i>XI.P.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

Середні молярні маси і густини пари:

– у верхній частині колони

$$M_{\text{ср.в}} = y_{\text{ср.в}} \cdot M_A + (1 - y_{\text{ср.в}}) \cdot M_B, \quad (2.15)$$

$$M_{\text{ср.в}} = 0,7 \cdot 58 + 0,3 \cdot 78 = 64 \text{ кг/кмоль},$$

$$\rho_{\text{ср.в}} = \frac{M_{\text{ср.в}} \cdot T_0}{22,4 \cdot T_{\text{ср.в}}}; \quad (2.16)$$

$$\rho_{\text{ср.в}} = \frac{64 \cdot 273}{22,4 \cdot 273 + 62,7} = 2.32 \text{ кг/м}^3;$$

– в нижній частині колони

$$M_{\text{ср.н}} = y_{\text{ср.н}} \cdot M_A + (1 - y_{\text{ср.н}}) \cdot M_B, \quad (2.17)$$

$$M_{\text{ср.н}} = 0,25 \cdot 58 + 0,75 \cdot 78 = 73 \text{ кг/кмоль},$$

$$\rho_{\text{ср.н}} = \frac{M_{\text{ср.н}} \cdot T_0}{22,4 \cdot T_{\text{ср.н}}}; \quad (2.18)$$

$$\rho_{\text{ср.н}} = \frac{73 \cdot 273}{22,4 \cdot 273 + 75} = 2.55 \text{ кг/м}^3;$$

Температура зверху колони при $x_D = 0,94$ дорівнює 57°C , а в кубі-випарника при $x_W = 0,03$ дорівнює 80°C .

					<i>XI.P.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

Густина ацетону при 57°C $\rho_A = 746 \text{ кг/м}^3$, бензолу при 80°C $\rho_B = 820 \text{ кг/м}^3$ [15].

Мольна маса вихідної суміші і дистилляту:

$$M_F = M_A \cdot x_F + M_B \cdot (1 - x_F), \quad (2.19)$$

$$M_F = 58 \cdot 0,26 + 78 \cdot 0,74 = 72,8 \text{ кг/кмоль},$$

$$M_D = M_A \cdot x_D + M_B \cdot (1 - x_D), \quad (2.20)$$

$$M_D = 58 \cdot 0,94 + 78 \cdot 0,06 = 59,2 \text{ кг/кмоль}.$$

В'язкість рідких шарів μ_x знаходимо за формулою [13]:

$$\lg \mu_x = x_{cp} \cdot \lg \mu_A + (1 - x_{cp}) \cdot \lg \mu_B, \quad (2.21)$$

де μ_B і μ_E – в'язкість ацетону та бензолу при температурі суміші.

$$\mu_{A,B} = 0,246 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с} = 0,246 \text{ мПа}\cdot\text{с};$$

$$\mu_{B,B} = 0,436 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с} = 0,436 \text{ мПа}\cdot\text{с};$$

$$\mu_{A,H} = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с} = 0,2 \text{ мПа}\cdot\text{с};$$

$$\mu_{B,H} = 0,316 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с} = 0,316 \text{ мПа}\cdot\text{с}.$$

					<i>XI.P.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		25

Тоді відповідно в'язкість рідини у верхній і нижній частинах колони:

$$\lg \mu_{x.в} = x_{cp.в} \cdot \lg \mu_{A.в} + (1 - x_{cp.в}) \cdot \lg \mu_{B.в}, \quad (2.22)$$

$$\lg \mu_{x.в} = 0,6 \cdot \lg 0,246 \cdot 10^{-3} + 0,4 \cdot \lg 0,436 \cdot 10^{-3},$$

звідки

$$\mu_{x.в} = 0,292 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с};$$

$$\lg \mu_{x.н} = x_{cp.н} \cdot \lg \mu_{A.н} + (1 - x_{cp.н}) \cdot \lg \mu_{B.н}, \quad (2.23)$$

$$\lg \mu_{x.н} = 0,145 \cdot \lg 0,2 \cdot 10^{-3} + 0,855 \cdot \lg 0,316 \cdot 10^{-3},$$

звідки

$$\mu_{x.н} = 0,296 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}.$$

Приймаємо відстань між тарілками $h = 400$ мм. Значення коефіцієнта C , залежить від конструкції тарілок, відстані між тарілками: $C = 0,044$.

Швидкість пари:

– зверху колони

$$\omega_B = C \cdot \sqrt{\frac{\rho_{ж} - \rho_{п}}{\rho_{п}}}; \quad (2.24)$$

$$\omega_B = 0,044 \cdot \sqrt{\frac{746 - 2.32}{2.32}} = 0,79 \text{ м/с};$$

					<i>XI.P.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

– знизу колони

$$\omega_H = C \cdot \sqrt{\frac{\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{п}}}}, \quad (2.25)$$

$$\omega_H = 0,044 \cdot \sqrt{\frac{820 - 2,55}{2,55}} = 0,8 \text{ м/с.}$$

Середній масовий потік в колоні:

$$G_B = G_D \cdot (R + 1) \cdot \frac{M_{\text{ср.В}}}{M_D}; \quad (2.26)$$

$$G_B = 0,286 \cdot (2,25 + 1) \cdot \frac{64}{59,2} = 1 \text{ кг/с;}$$

$$G_H = G_D \cdot (R + 1) \cdot \frac{M_{\text{ср.Н}}}{M_D}, \quad (2.27)$$

$$G_H = 0,286 \cdot (2,25 + 1) \cdot \frac{73}{59,2} = 1,15 \text{ кг/с.}$$

2.3 Конструктивні розрахунки

Діаметр ректифікаційної колони визначаємо з рівняння витрати [13]:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\pi \cdot \omega \cdot \rho}}. \quad (2.28)$$

Тоді діаметр верхньої і нижньої частин колони відповідно дорівнюватиме:

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

$$D_{\epsilon} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\epsilon}}{\pi \cdot \omega_{\epsilon} \cdot \rho_{\text{ср.}\epsilon}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1}{3,14 \cdot 0,79 \cdot 2.32}} = 0,834 \text{ м};$$

$$D_{\text{н}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{н}}}{\pi \cdot \omega_{\text{н}} \cdot \rho_{\text{ср.н}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,15}{3,14 \cdot 0,8 \cdot 2.55}} = 0,853 \text{ м};$$

Приймаємо стандартизоване значення діаметра колони, однакове для верхньої і нижньої частини $D = 1000$ мм. При цьому дійсні робочі швидкості пари в колоні будуть становити:

$$\omega_{\epsilon} = 0,79 \cdot \left(\frac{0,834}{1,0} \right)^2 = 0,55 \text{ м/с};$$

$$\omega_{\text{н}} = 0,8 \cdot \left(\frac{0,853}{1,0} \right)^2 = 0,58 \text{ м/с}.$$

З діаграми у-х робочі лінії верхньої і нижньої частини колони – число ступенів зміни концентрації n_{T} . У верхній частині колони $n_{\text{T}} = 6$, в нижній частині $n_{\text{н}} = 3$. Усього 9 ступенів зміни концентрації.

Число тарілок розраховуємо за рівнянням:

$$n = \frac{n_{\text{T}}}{\eta}. \quad (2.29)$$

Для визначення середнього к. к. д. тарілок знаходимо коефіцієнт відносної летючості поділюваних компонентів і динамічний коефіцієнт в'язкості вихідної суміші при середній температурі в колоні $68,5^{\circ}\text{C}$.

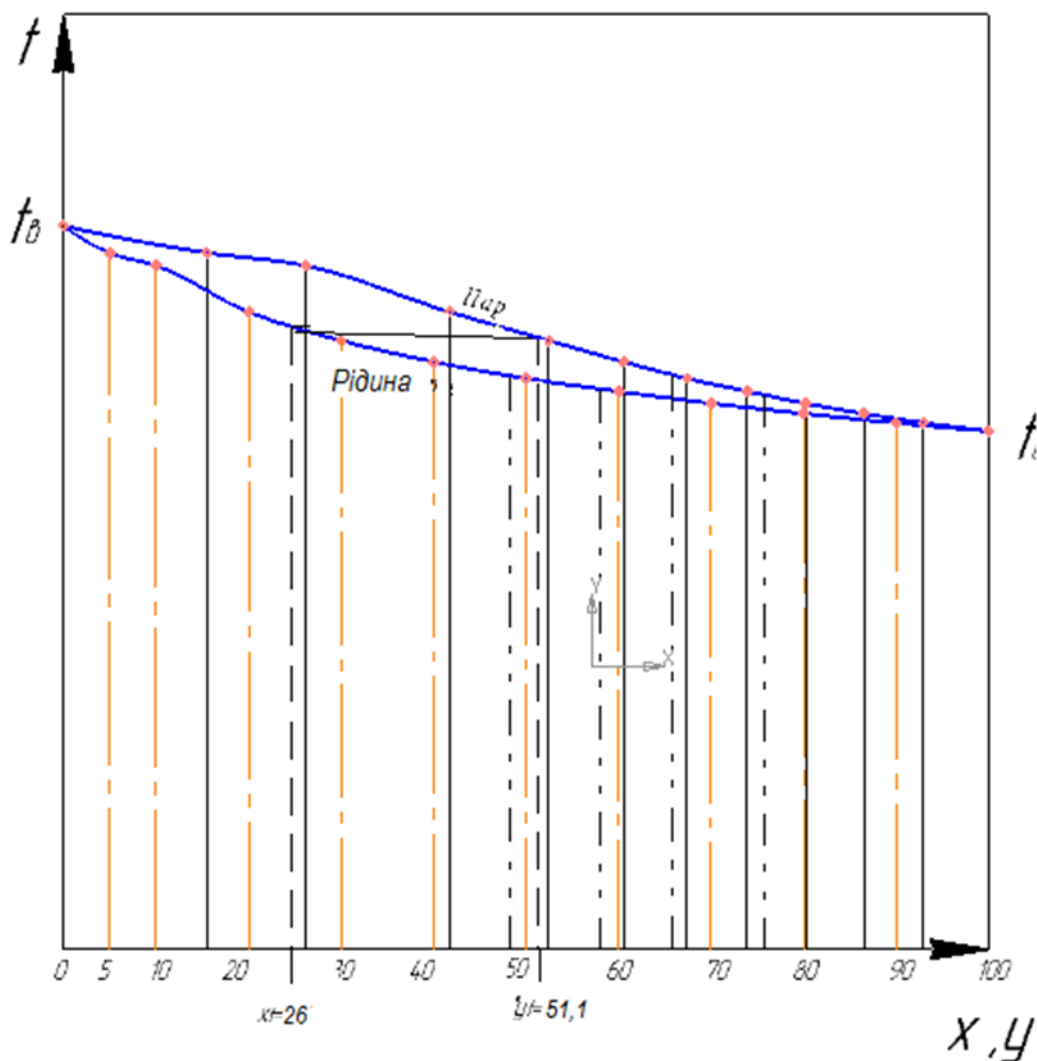


Рисунок 2.2 – Діаграма y-t-x

За цієї температури тиск насиченої пари ацетону $P_A = 1081$ мм рт.ст., бензолу $P_B = 480$ мм рт. ст.

$$\alpha = \frac{1081}{480} = 2,25.$$

Динамічний коефіцієнт в'язкості ацетону при $68,5^\circ\text{C}$ дорівнює $\mu_A = 0,226 \cdot 10^{-3}$ Па·с, бензолу, $\mu_B = 0,539 \cdot 10^{-3}$ Па·с.

Динамічний коефіцієнт в'язкості вихідної суміші:

$$\ln \mu_F = x_F \cdot \ln \mu_A + (1 - x_F) \cdot \ln \mu_B, \quad (2.30)$$

тобто

$$\lg \mu_F = 0,25 \cdot \lg(0,226 \cdot 10^{-3}) + 0,75 \cdot \lg(0,539 \cdot 10^{-3}).$$

Звідки

$$\mu_F = 0,441 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с} = 0,441 \text{ мПа}\cdot\text{с}.$$

Тоді

$$\alpha \cdot \mu_F = 2,25 \cdot 0,441 = 0,992.$$

$$\alpha = 0,48.$$

Довжина шляху рідини на тарілці: $L_{ж} = 0,37 \text{ м}$.

Значення поправки на довжину шляху $\Delta = 0$.

Середній к. к. д. тарілок:

$$\eta_l = \eta \cdot (1 + \Delta) = 0,48 \cdot (1 + 0) = 0,48.$$

Тоді число тарілок:

– у верхній частині колони

$$n'_g = \frac{6}{0,48} = 13;$$

– у нижній частині колони

$$n'_n = \frac{3}{0,48} = 7.$$

					<i>XI.P.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

Загальне число тарілок $n = 20$, із запасом $n = 24$. Із них у верхній частині колони $n_v = 16$ і в нижній частині – $n_n = 6$.

Висота тарілчастої частини колони:

$$H_m = 24 - 1 \cdot 0,4 = 9,2 \text{ м.}$$

Діаметри патрубків визначаємо за формулою [14]:

$$D = \sqrt{\frac{G}{\rho \cdot 3600 \cdot 0,785 \cdot \omega}}, \quad (2.31)$$

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

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

Діаметри патрубка для входу парів:

$$d_v = \sqrt{\frac{1,1}{0,785 \cdot 2,55 \cdot 15}} = 0,231 \text{ м}$$

Приймаємо діаметр патрубка $d_v = 250$ мм.

Діаметри патрубка для виходу парів:

$$d'_v = \sqrt{\frac{0,26}{0,785 \cdot 2,32 \cdot 15}} = 0,17 \text{ м}$$

Приймаємо діаметр патрубка $d'_v = 200$ мм.

Діаметр патрубка для входу флегми:

$$d_R = \sqrt{\frac{1,055}{0,785 \cdot 746 \cdot 1,0}} = 0,042 \text{ м}$$

					<i>XI.P.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

Приймаємо діаметр патрубку $d_R=50$ мм.

Діаметр патрубка для входу вихідної суміші:

$$d_f = \sqrt{\frac{1,49}{0,785 \cdot 746 \cdot 1,0}} = 0,049 \text{ м}$$

Приймаємо діаметр патрубку $d_f=50$ мм.

Діаметр патрубка для виходу кубового залишку:

$$d_w = \sqrt{\frac{1,1 + 0,286}{0,785 \cdot 746 \cdot 1,0}} = 0,048 \text{ м}$$

Приймаємо діаметр патрубку $d_w=50$ мм.

2.4 Гідравлічний опір апарата

Гідравлічний розрахунок проводимо у відповідності до методики [16].

Вибираємо тарілку типу ТС, яка має такі параметри:

- діаметр отворів $d_0 = 4$ мм;
- робоча площа тарілки $F_p = 0,14$ м²;
- площа зливу $F_{зл} = 0,012$ м²;
- периметр зливу $\Pi = 0,48$ м;
- довжина шляху рідини $L_p = 0,37$ м.

Обчислимо гідравлічний опір ситчастої тарілки у верхній і нижній частинах колони:

$$\Delta p_{заг} = \Delta p_{сух} + \Delta p_{\sigma} + \Delta p_{np}, \text{ Па} \quad (2.38)$$

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

Δp_{σ} – опір, зумовлений силами поверхневого натягу, Па;

					<i>XI.P.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

Δp_{np} – опір парорідинного шару, Па.

Гідравлічний опір сухої тарілки:

$$\Delta p_{сyx} = \xi \cdot \frac{\rho_n \cdot \omega_{отв}^2}{2}, \quad (2.39)$$

де ξ – коефіцієнт опору незрошуваних ситчастих тарілок з вільним перетином 7–10 %; $\xi=1,82$ [15];

$\omega_{отв}$ – швидкість пари в отворах тарілки.

Швидкість пари в отворах тарілки:

$$\omega_{отв} = \frac{w}{F}, \quad (2.40)$$

де w – дійсна робоча швидкість парів, м/с;

F – вільний перетин тарілки (сумарна площа отворів).

Опір, зумовлений силами поверхневого натягу:

$$\Delta p_{\sigma} = \frac{4 \cdot \sigma}{d_0}; \quad (2.41)$$

де $\sigma = 31,2 \cdot 10^{-3}$ Н/м – поверхневий натяг рідини при середній температурі у верхній частині колони;

$\sigma=14,6 \cdot 10^{-3}$ Н/м – поверхневий натяг рідини при середній температурі у нижній частині колони;

$d_0=0,004$ м – діаметр отворів тарілки [15].

Опір парорідинного шару на тарілці:

$$\Delta p_{np} = 1,3 \cdot h_{np} \cdot \rho_{np} \cdot g \cdot k, \text{ Па} \quad (2.42)$$

де h_{np} – висота пароріднинного шару, м.

$$h_{np} = h_n + \Delta h, \text{ м} \quad (2.43)$$

де h_n – висота зливної перегородки, м;

Δh – висота шару над зливною перегородкою, м.

$$\Delta h = \left(\frac{V_p}{1,85 \cdot \Pi \cdot k} \right)^{\frac{2}{3}}, \text{ м} \quad (2.44)$$

де V_p – об'ємна витрата рідини, м³/с;

Π – периметр зливної перегородки, м;

$k = \rho_{np} / \rho_p$ – відношення густини пароріднинного шару (піни) до густини рідини, $k \approx 0,5$ [16].

Об'ємна витрата рідини:

$$V_p = \frac{G_D \cdot R \cdot M_{cp}}{M_D \cdot \rho_p} \quad (2.45)$$

де R – флегмове число;

M_{cp} – середня мольна маса рідини, кг/кмоль.

Верхня частина колони.

Швидкість пари в отворах тарілки:

$$\omega_{отв} = \frac{0,8}{0,08} = 10 \text{ м/с.}$$

Гідравлічний опір сухої тарілки:

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

$$\Delta p_{\text{сyx}} = 1,82 \cdot \frac{2,4 \cdot 10^2}{2} = 222 \text{ Па.}$$

Опір, зумовлений силами поверхневого натягу:

$$\Delta p_{\sigma} = \frac{4 \cdot 31,2 \cdot 10^{-3}}{0,004} = 31 \text{ Па.}$$

Об'ємна витрата рідини:

$$V_p = \frac{0,286 \cdot 2,3 \cdot 73}{59,2 \cdot 746} = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с.}$$

Висота шару над зливною перегородкою:

$$\Delta h = \left(\frac{1,1 \cdot 10^{-3}}{1,85 \cdot 0,48 \cdot 0,5} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,020 \text{ м.}$$

Висота пароріднинного шару:

$$h_{np} = 0,04 + 0,020 = 0,060 \text{ м.}$$

Опір пароріднинного шару на тарілці:

$$\Delta p_{np} = 1,3 \cdot 0,060 \cdot 746 \cdot 9,81 \cdot 0,5 = 242 \text{ Па.}$$

Загальний гідравлічний опір тарілки у верхній частині колони:

$$\Delta p'_{\text{заз}} = 222 + 31 + 242 = 495 \text{ Па.}$$

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

Загальний гідравлічний опір у верхній частині колони становить:

$$\Delta p' = \Delta p'_{заг} \cdot N'_{\partial}, \quad (2.46)$$

$$\Delta p' = 495 \cdot 16 = 7920 \text{ Па.}$$

Нижня частина колони.

Гідравлічний опір сухої тарілки:

$$\Delta p_{сух} = 1,82 \cdot \frac{2,05 \cdot 9,2^2}{2} = 158 \text{ Па.}$$

Опір, зумовлений силами поверхневого натягу:

$$\Delta p_{\sigma} = \frac{4 \cdot 14,6 \cdot 10^{-3}}{0,004} = 15 \text{ Па.}$$

Об'ємна витрата рідини:

$$V_p = \left(\frac{G_D \cdot R}{M_D} + \frac{G_F}{M_F} \right) \cdot \frac{M_{cp}}{\rho_p};$$

$$V_p = \left(\frac{0,286 \cdot 2,33}{78} + \frac{1,0}{58} \right) \cdot \frac{64}{746} = 1,37 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с.}$$

Висота шару над зливною перегородкою:

$$\Delta h = \left(\frac{1,37 \cdot 10^{-3}}{1,85 \cdot 0,48 \cdot 0,5} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,021 \text{ м.}$$

					<i>XI.P.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

Висота пароріднинного шару:

$$h_{np} = 0,04 + 0,021 = 0,061 \text{ м.}$$

Опір пароріднинного шару на тарілці:

$$\Delta p_{np} = 1,3 \cdot 0,061 \cdot 820 \cdot 9,81 \cdot 0,5 = 318 \text{ Па.}$$

Загальний гідравлічний опір тарілки у верхній частині колони:

$$\Delta p''_{заг} = 158 + 15 + 318 = 491 \text{ Па.}$$

Загальний гідравлічний опір у нижній частині колони становить:

$$\Delta p'' = \Delta p''_{заг} \cdot N''_{\phi}, \quad (2.47)$$

$$\Delta p'' = 491 \cdot 6 = 2946 \text{ Па.}$$

Загальний гідравлічний опір колони:

$$\Delta p = \Delta p' + \Delta p''; \quad (2.48)$$

$$\Delta p = 7920 + 2946 = 10866 \text{ Па.}$$

2.5 Вибір допоміжного обладнання

Розрахунок і підбір насосу для подачі вихідної суміші [17].

Для всмоктуючого і напірного трубопроводів приймаємо однакову швидкість плин рідини, яка дорівнює $w = 2,2$ м/с.

Діаметр трубопроводу визначаємо за рівнянням:

$$d = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot w}}, \quad (2.49)$$

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

$$V = \frac{1,389}{780} = 1,78 \cdot 10^{-3} \frac{м^3}{с};$$

$$d = \sqrt{\frac{1,78 \cdot 10^{-3}}{0,785 \cdot 2,2}} = 0,032 \text{ м.}$$

Приймаємо стандартизований діаметр трубопроводу 32 мм.

Визначаємо критерій Рейнольдса для рідини у трубопроводі:

$$Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho_p}{\mu}; \quad (2.50)$$

$$Re = \frac{2,2 \cdot 0,032 \cdot 780}{2,65 \cdot 10^{-4}} = 199245,$$

тобто режим турбулентний. Абсолютну шорсткість трубопроводу приймаємо

$$\Delta = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

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

$$\frac{1}{e} = 160; 560 \cdot \frac{1}{e} = 89600; 10 \cdot \frac{1}{e} = 1600;$$

$$Re > 560 \cdot \frac{1}{e}.$$

Для зони, що є автономною по відношенню до Re :

$$\lambda = 0,11 \cdot e^{0,25}, \quad (2.51)$$

$$\lambda = 0,11 \cdot 0,00625^{0,25} = 0,03.$$

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

Для всмоктуючої лінії:

- 1) вхід у трубу (приймаємо з гострими краями) $\xi_1 = 0,5$;
- 2) 2 коліна з кутом 90° $\xi_2 = 2 \cdot 1,1 = 2,2$.

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

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

Для напірної лінії:

- 1) вентиль прямоочний $\xi_1 = 0,65$;
- 2) 3 коліна з кутом 90° $\xi_2 = 3 \cdot 1,1 = 3,3$;
- 3) 1 кожухотрубний теплообмінник $\xi_3 = 3,05$;
- 4) вихід з труби $\xi_3 = 1$.

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

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

Втрати напору у всмоктуючій лінії знаходимо за рівнянням:

$$h_{П.ВС.} = \left(\lambda \cdot \frac{l}{d_E} + \Sigma \xi \right) \cdot \frac{w^2}{2 \cdot g}, \quad (2.52)$$

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

$$h_{П.ВС.} = \left(0,03 \cdot \frac{3}{0,032} + 2,7 \right) \cdot \frac{2,2^2}{2 \cdot 9,81} = 1,36 \text{ м.}$$

Втрата напору в напірній лінії:

$$h_{П.НАП.} = \left(0,03 \cdot \frac{7}{0,032} + 8 \right) \cdot \frac{2,2^2}{2 \cdot 9,81} = 3,59 \text{ м.}$$

Загальні втрати напору:

$$h_{П} = h_{П.ВС.} + h_{П.НАП.}; \quad (2.53)$$

$$h_{П} = 1,36 + 3,59 = 4,95 \text{ м.}$$

Знаходимо напір насоса за рівнянням:

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho_p \cdot g} + H_{Г} + h_{П}, \quad (2.54)$$

					<i>XI.P.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

де $(P_2 - P_1)$ – різниця тисків у апараті та в ємності, із якої подається рідина. У нашому випадку ця різниця дорівнює 0,06 МПа;

H_r – геометрична висота піднімання рідини.

$$H = \frac{0,06 \cdot 10^6}{780 \cdot 9,81} + 4 + 4,95 = 17,1 \text{ м.}$$

Корисну потужність насосу визначаємо за рівнянням:

$$N_{II} = \rho_p \cdot g \cdot V \cdot H, \quad (2.55)$$

$$N_{II} = 750 \cdot 9,81 \cdot 1,78 \cdot 10^{-3} \cdot 17,1 = 224 \text{ Вт.}$$

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

$$N = \frac{N_{II}}{\eta_{пер} \cdot \eta_n}, \quad (2.56)$$

де $\eta_n, \eta_{пер}$ – коефіцієнти корисної дії відповідно насосу і передачі від електродвигуна до насоса. Приймаємо $\eta_n = 0,6$ і $\eta_{пер} = 1$.

$$N = \frac{224}{1 \cdot 0,6} = 373 \text{ Вт.}$$

За [16] вибираємо відцентровий насос марки X8/30 із наступними параметрами: об'ємна подача насосу 8,64 м³/год.; напір насосу 17,7 м; потужність, яку потребляє насос 4 кВт; частота обертів 48,3 об/с.

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

Розрахунок і вибір ємності для вихідної суміші [17]. Ємність для зберігання вихідної суміші розраховуємо, виходячи з 6–8 годинного резерву робочого часу, а також з урахуванням коефіцієнту заповнення $\psi = 0,8 \dots 0,85$.
Приймаємо $\psi = 0,82$.

Розрахунковий об'єм ємності:

$$V_{EP} = \frac{G \cdot \tau}{\psi \cdot \rho}; \quad (2.57)$$

$$V_{EP} = \frac{5000 \cdot 7}{0,82 \cdot 780} = 54,7 \text{ м}^3.$$

Задамося діаметром ємності $D = 3,6$ м, тоді її висота буде становити:

$$H = \frac{V_{EP}}{0,785 \cdot D^2}; \quad (2.58)$$

$$H = \frac{54,7}{0,785 \cdot 3,6^2} = 5,4 \text{ м}.$$

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

РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНКИ АПАРАТА НА МІЦНІСТЬ

3.1 Визначення товщини стінки апарата, кришки

Розрахунковий тиск для апаратів з робочим надлишковим тиском $P > 0,07$ МПа відповідно до рекомендацій наведених у [18] складе:

$$P_p = 1,1 \cdot p = 1,1 \cdot 0,16 = 0,176 \text{ МПа.} \quad (3.1)$$

Пробний при гідравлічному випробуванні тиск згідно [18] складе:

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

де $[\sigma]_{20}, [\sigma]$ – допустиме напруження для матеріалу корпусу при розрахунковій температурі і температурі 20°C , згідно [18]:

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

$$P_{np} = \max \left\{ \frac{1,5 \cdot 0,176 \cdot 160}{152}, 0,176 + 0,3 \right\} = \max \left\{ 0,28, 0,48 \right\} = 0,48 \text{ МПа.}$$

Розрахункове значення для модуля поздовжньої пружності для матеріалу корпусу, згідно [18]:

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

Коефіцієнт проточності зварного шва, згідно [18], складе: $\varphi = 0,9$.

Товщина стінки циліндричної обичайки, навантаженої внутрішнім надлишковим тиском (див. рис. 3.1):

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

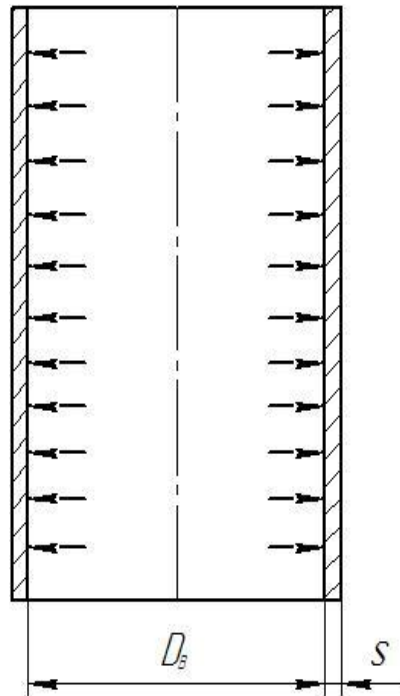


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема обичайки корпусу, навантаженого внутрішнім тиском

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

$$S_k = \frac{0,48 \cdot 1,0}{2 \cdot 152 \cdot 0,9 - 0,48} = 0,0018 \text{ м.}$$

Виконавча товщина стінки:

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

де C – загальне значення прибавки, яка складається зі складових:

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

де C_1 – прибавка на корозію і ерозію, при проникності $\Pi = 0,1$ мм/рік та терміні служби колони $\tau = 15$ років складе

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

$$C_1 = \pi \cdot \tau = 0,3 \cdot 15 = 4,5 \text{ мм};$$

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

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

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

$$C = 4,5 + 0 + 0 = 4,5 \text{ мм.}$$

$$S = 0,0018 + 0,0045 = 0,0063 \text{ м.}$$

Приймаємо $S = 0,008 \text{ м} = 8 \text{ мм}$.

Допустимий внутрішній надлишковий тиск:

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

$$[p] = \frac{2 \cdot 152 \cdot 0,9 \cdot (0,008 - 0,0045)}{1,0 + (0,008 - 0,0045)} = 0,95 \text{ МПа}$$

Умова міцності має вигляд [18]:

$$P < [P]: 0,48 \text{ МПа} < 0,95 \text{ МПа.}$$

Умова міцності виконується.

Номінальна товщина стінки днища (кришки), навантажених внутрішнім надлишковим тиском (див. рис. 3.2):

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

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

де R – радіус кривизни в вершині днища; для еліптичних днищ R = D.

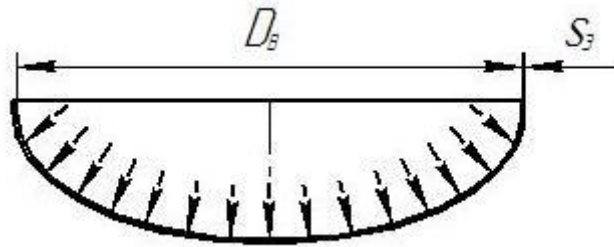


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема днища апарата, навантаженого внутрішнім тиском

$$S_R = \frac{0,48 \cdot 1,0}{2 \cdot 152 \cdot 0,9 - 0,5 \cdot 0,48} = 0,0018 \text{ м.}$$

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

$$C = 4,5 + 0 + 0 = 4,5 \text{ мм.}$$

$$S = 0,0018 + 0,0045 = 0,0063 \text{ м.}$$

Приймаємо S=0,008 м = 8 мм.

Допустимий внутрішній надлишковий тиск:

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

$$[p] = \frac{2 \cdot (0,008 - 0,0045) \cdot 0,9 \cdot 152}{1,0 + 0,5 \cdot (0,008 - 0,0045)} = 0,95 \text{ МПа,}$$

що більше пробного, а отже, умова міцності виконується.

3.2 Розрахунок опори апарата

Визначимо навантаження порожнього апарата на опору по формулі:

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

де M_{an} – маса порожнього апарата;

$$M_{an} = M_{\kappa} + M_{\partial n} + M_{\kappa p} + M_m + M_{\phi л} , \quad (3.10)$$

де M_{κ} , $M_{\partial n}$, $M_{\kappa p}$, M_m , $M_{\phi л}$ – відповідно маси корпусу, днища, кришки, тарілок, фланців і арматури:

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

де ρ – щільність матеріалу корпусу $\rho=7800$ кг/м³;

$$M_{\kappa} = 15,2 \cdot 3,14 \cdot 1,0 \cdot 0,008 \cdot 7800 = 2978 \text{ кг}$$

$$M_{\partial n} = M_{\kappa p} = F \cdot s \cdot \rho , \quad (3.12)$$

де F – площа внутрішньої поверхні еліптичного днища (кришки)
 $F=1,16$ м²;

$$M_{\partial n} = M_{\kappa p} = 1,16 \cdot 0,008 \cdot 7800 = 72 \text{ кг.}$$

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

Маса тарілок:

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

де $m_m = 41,5$ кг – маса однієї тарілки.

$$M_m = 29 \cdot 41,5 = 1204 \text{ кг.}$$

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

Маса порожнього апарата складе:

$$M_{an} = 2978 + 2 \cdot 72 + 1204 + 1000 = 5326 \text{ кг;}$$

Навантаження апарату на опору під час гідравлічних випробувань:

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

де M_g – маса залитої в апарат води, кг.

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

де V – об'єм апарату, м^3 .

$$V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H = \frac{3,14 \cdot 1,0^2}{4} \cdot 15,2 = 11,9 \text{ м}^3;$$

$$M_g = 11,9 \cdot 1000 = 11900 \text{ кг;}$$

					<i>XI.P.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		48

$$Q_{an}^u = (5326 + 11900) \cdot 9,81 = 168987 \text{ Н.}$$

За ОСТ 26-467-78 вибираємо циліндричну опору виконання 1 (рис. 3.3).

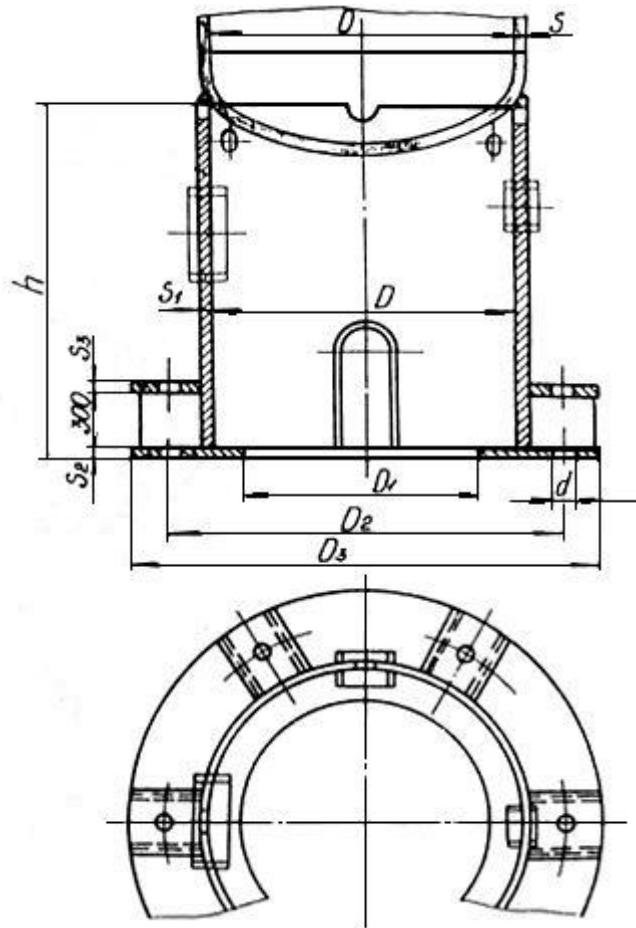


Рисунок 3.3 – Схематичне зображення циліндричної опори

РОЗДІЛ 4 МОНТАЖ ТА РЕМОНТ АПАРАТА

4.1 Монтаж апарата [19, 20]

При монтажі повністю зібраного апарата спочатку апарат збирається із блоків, а потім приварюється опора. Частини апарата, що стикуються, підтягують один до одного трубоукладачами або тракторами. Для збігу стиків по всьому периметру до кромки однією зі стикуючих частин приварюють вісім і більше напрямних планок, які після прихватки стику короткими звареними швами зрізають газокисневим різанням. Стиковку роблять за заводськими контрольними рисками, нанесеними на корпусах. Відхилення розмірів ділянок, що стикуються, повинні бути в межах допустимих норм: зміщення кромки 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

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

таким вимогам: відхилення довжини не повинно перевищувати 0,3 % від проектного; кривизна циліндра на ділянці 1 м повинна бути не більше 2 мм, а для апаратів вище 10 м – не більше 3 мм.

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.

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.

4.2 Ремонт апарата [19]

Перед початком ремонту працівники технологічного цеху (оператори) виконують підготовчі роботи. Потім до роботи приступає ремонтний персонал

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

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

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

Очищення стінок міжтарілкового 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 парою 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 кожну 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

					<i>XI.P.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		53

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.

					<i>XI.P.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		54

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Організація пожежної охорони промислових підприємств. Протипожежні вимоги щодо забезпечення вимушеної евакуації людей із будівель.

Враховуючи, що однією з найважливіших складових загальної безпеки будь-якого сучасного об'єкта є його надійний захист від пожеж, то і система управління пожежною безпекою має посісти відповідне місце у сфері загального управління [21].

Основними завданнями пожежної охорони є:

- здійснення контролю за дотриманням протипожежних вимог;
- запобігання пожежам і нещасним випадкам;
- гасіння пожеж, рятування людей та надання допомоги в ліквідації наслідків аварій, катастроф і стихійного лиха [22].

На жаль, у діючих нормативних актах з питань пожежної безпеки майже зовсім відсутні конкретні вимоги і практичні рекомендації щодо створення, впровадження та забезпечення функціонування систем управління пожежною безпекою для окремих галузей і різноманітних категорій об'єктів. Тому пропонується розглянути загальні питання стосовно системи управління пожежною безпекою (надалі – СУПБ) на прикладі підприємства.

Забезпечення пожежної безпеки на підприємствах здійснюється наступними основними компонентами виробництва:

- технічною системою, яка передбачає надійність обладнання, використання безпечних технологій, визначає обсяг вибухопожежонебезпечних речовин, проектні рішення, впровадження систем виявлення та гасіння пожеж тощо;
- персоналом, його підготовкою, забезпеченням регламентами і правилами роботи;
- системою управління.

Організація діяльності підприємств щодо забезпечення пожежної безпеки повинна стати невід'ємною складовою частиною і пріоритетним завданням функціонування управлінь, структурних підрозділів, служб пожежної безпеки, посадових осіб і забезпечити контроль за показниками пожежної небезпеки, виконання протипожежних вимог, дотримання протипожежного режиму, аналіз пожежної небезпеки і протипожежного стану об'єктів, спеціальну підготовку персоналу, розробку, прийняття і реалізацію рішень щодо запобігання, обмеження розповсюдження та ліквідації пожеж, забезпечення безпеки людей і навколишнього середовища.

Рівень деталізації та складності СУПБ, обсяг необхідної документації та ресурсів визначаються в залежності від рівня пожежної небезпеки, масштабу та характеру діяльності підприємства.

Державне управління системою пожежної безпеки здійснюється Державною пожежною охороною та іншими органами державної виконавчої влади.

Підприємство повинно гарантувати забезпечення функціонування СУПБ і надати людські, матеріальні та фінансові ресурси, необхідні для реалізації завдань щодо забезпечення пожежної безпеки.

Управління пожежною безпекою досягається зміною стану підприємства (об'єкта) шляхом переведу його у менш небезпечний стан.

До основних функцій СУПБ відносяться:

1. Кількісна оцінка ризику (ймовірності виникнення пожежі).

Математичний розрахунок ризику, урахування його значення у планах локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій, пожежогасіння, сертифікатах підприємств, деклараціях безпеки небезпечних промислових об'єктів, оцінках впливу на довкілля.

2. Регламентування пожежної безпеки.

Розробка, впровадження, нагляд за виконанням загальнодержавних, відомчих нормативних актів, інструкцій, положень, інших документів з питань пожежної безпеки, визначення та встановлення протипожежного режиму.

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

3. Забезпечення пожежної безпеки технологічних процесів, виробничого обладнання, будівель і споруд.

Систематичне проведення аналізу пожежної небезпеки, розробка і впровадження відповідних протипожежних заходів. Повне і своєчасне виконання приписів Держпожнагляду, служб пожежної безпеки, актів пожежно-технічних комісій.

4. Розробка і реалізація програм запобігання пожежам і зниження втрат від них.

Збалансоване покращення протипожежного стану та технічної системи підприємства, включаючи системи протипожежного захисту, підвищення кваліфікації і підготовки персоналу, вдосконалення правил і систем пожежної безпеки. Підготовка плану протипожежних заходів на основі передового досвіду споріднених підприємств, досліджень і розробок, вимог Державного пожежного нагляду, їхнє фінансування та контроль за виконанням.

5. Створення пожежної охорони, служби пожежної безпеки, забезпечення та організація їх діяльності.

Розробка та затвердження відповідних положень, планувальної та робочої документації. Визначення функцій, створення і впровадження механізму їх реалізації. Фінансове, матеріально-технічне та кадрове забезпечення.

6. Створення та організація роботи добровільних пожежних дружин і пожежно-технічних комісій.

Підготовка та прийняття рішення щодо створення ДПД і ПТК. Визначення та затвердження їх складу. Розробка, реалізація і контроль за виконанням обов'язків членів і планів роботи.

7. Організація вивчення правил пожежної безпеки, протипожежна пропаганда.

Визначення рівнів вивчення правил пожежної безпеки (хто має проходити протипожежні інструктажі, а хто і пожежно-технічний мінімум) для кожної посадової особи та працівника. Розробка і затвердження програм.

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

Планування, організація і проведення навчання з питань пожежної безпеки і заходів протипожежної пропаганди.

8. Дії при пожежах і надзвичайних ситуаціях.

Використання попередньо сформованих і підготовлених сил та засобів щодо захисту людей, локалізації і ліквідації пожеж і надзвичайних ситуацій, яке засноване на заздалегідь розроблених планах.

9. Вдосконалення.

Розробка і чітке виконання планів, створення системи мотивації дій щодо забезпечення пожежної безпеки на усіх ділянках роботи, забезпечення контролю за прийняттям рішень і поточних дій усіх учасників процесу.

Органами управління СУПБ є:

- керівники підприємств;
- керівники структурних підрозділів та служб;
- фахівці служби пожежної безпеки;
- особи, призначені відповідальними за пожежну безпеку;
- добровільні пожежні дружини (команди);
- диспетчерські служби;
- охорона.

Об'єктами управління СУПБ є:

- керівники, посадові особи, персонал апаратів управління;
- власники, керівники, посадові особи та персонал підприємств;
- виробнича діяльність підприємств;
- пожежна безпека технологічних процесів, виробничого обладнання, будівель, споруд, речовин і матеріалів;
- виробниче та прилегле середовище.

Для введення в дію СУПБ підприємства:

- створюють служби пожежної безпеки або вводять посади для фахівців служби пожежної безпеки;

- визначають обов'язки керівників і посадових осіб щодо забезпечення пожежної безпеки;

- встановлюють порядок взаємодії апаратів управлінь, окремих служб і структурних підрозділів щодо запобігання пожежам і їх гасінням.

Основні напрями і заходи щодо впровадження і забезпечення ефективного функціонування СУПБ:

1. Організація та координація робіт в галузі пожежної безпеки.

Формування органів управління пожежною безпекою, визначення та встановлення прав і обов'язків посадових осіб, служб, підрозділів, відповідальних за пожежну безпеку.

2. Планування роботи.

Розробка і формування комплексних, перспективних і поточних планів. Вибір оптимальних і пріоритетних напрямів здійснення протипожежних заходів, вкладення відповідних інвестицій.

3. Кадрове і професійне забезпечення.

Відбір спеціалістів і працівників, якісне комплектування служби пожежної безпеки, спеціальна підготовка, постановка завдань щодо забезпечення пожежної безпеки. Забезпечення потреби підприємства у кваліфікованих кадрах, спроможних забезпечити ефективне функціонування СУПБ.

4. Проектно-конструкторське забезпечення.

Розробка проектно-технічної документації на об'єкти та технологічні процеси, які створюються, будуються або реконструюються. Врахування у проектній технічній документації усіх вимог діючих нормативних актів з питань пожежної безпеки.

5. Технологічне забезпечення.

Приведення діючих технологічних процесів у відповідність до діючих стандартів з метою забезпечення необхідного рівня протипожежного захисту виробничих об'єктів нормативним, зниження пожежної небезпеки.

					ХІ.Р.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

6. Технічне забезпечення.

Підтримання справності, безвідмовності, пожежної безпеки технологічного, інженерного, виробничого та допоміжного устаткування і обладнання. Зниження пожежної небезпеки за рахунок своєчасного та якісного обслуговування, проведення регламентів і планово-попереджувальних ремонтів устаткування та обладнання.

7. Енергетичне забезпечення.

Безперебійне забезпечення підприємства та відповідних систем протипожежного захисту потрібними енергетичними ресурсами. Звести до мінімуму, унеможливити виникнення аварійних ситуацій, перебоїв у роботі технічних систем протипожежного захисту.

8. Метрологічне забезпечення.

Підтримання у працездатному стані засобів вимірювань з метою одержання точної інформації. Отримання точної та оперативної інформації, визначення необхідних контрольних параметрів технологічних процесів, середовища тощо.

9. Матеріально-технічне забезпечення підприємств.

Придбання пожежної техніки, обладнання, первинних засобів пожежогасіння, фінансування монтажу та експлуатації систем протипожежного захисту, спеціального навчання та підготовки персоналу, програм управління та забезпечення пожежної безпеки, інших протипожежних заходів. Повне задоволення потреб підприємства у впровадженні необхідних заходів пожежної безпеки, виконанні приписів Держпожнагляду.

10. Правове забезпечення.

Створення умов для ефективного функціонування СУПБ на основі правового регулювання. Неприпустимість прийняття управлінських рішень і введення в дію документів, що не відповідають правовим нормам.

11. Інформаційне забезпечення.

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

Формування інформаційного поля, в якому функціонує СУПБ. Накопичення необхідної маси інформації для прийняття вірних рішень щодо забезпечення пожежної безпеки.

12. Контроль за станом пожежної безпеки.

Організація контрольно-інспекційної діяльності щодо виконання всього комплексу протипожежних заходів. Запобігання діям персоналу, проектним, інженерним, технологічним, виробничим рішенням, що суперечать вимогам нормативних актів з питань пожежної безпеки.

13. Облік, аналіз та оцінка показників стану пожежної безпеки та функціонування СУПБ.

Одержання відповідної інформації для прийняття управлінських рішень на всіх рівнях СУПБ. Розробка прогнозів, перспективних планів, поліпшення загальних характеристик пожежної безпеки.

СУПБ має бути організаційною структурою, яка шляхом постійного моніторингу і періодичного аналізу повинна підтримувати ефективність функціонування з урахуванням змін внутрішніх і зовнішніх чинників.

Впровадження СУПБ повинно забезпечити сумісне виконання планових завдань у галузі пожежної безпеки всіма функціональними ланками підприємства. До участі у впровадженні СУПБ повинні залучатись всі працівники, починаючи з найвищих рівнів управління [22].

Керівники підприємств, а також уповноважені ними особи повинні суворо слідкувати за дотриманням протипожежного режиму, підготовкою планів евакуації та їх практичним відпрацюванням, утриманням евакуаційних шляхів і виходів у належному стані, щоб унеможливити нещасні випадки та затримку під час евакуації людей у разі виникнення пожеж.

Проведення організованої евакуації з виробничих та інших приміщень і будівель, запобігання проявам паніки і недопущення загибелі людей забезпечується шляхом:

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

- планування евакуації людей (складання плану евакуації з приміщення з розробленням схеми евакуаційних шляхів та виходів);
- визначення зон, придатних для розміщення евакуйованих з потенційно небезпечних зон;
- організації управління евакуацією;
- навчання людей діям під час проведення евакуації.

Працівники охорони в разі виявлення пожежі, спрацювання засобів пожежної сигналізації та автоматичного пожежогасіння повинні діяти за заздалегідь розробленою інструкцією, в якій визначаються їхні обов'язки з контролю за додержанням протипожежного режиму. Заступаючи на чергування, вони зобов'язані пересвідчитися в тому, що шляхи евакуації не захарашено, а двері евакуаційних виходів у разі потреби без перешкод відчиняються.

На підприємстві має бути встановлено порядок оповіщення людей про пожежу, з яким необхідно ознайомити всіх працівників.

Після оповіщення про пожежу до початку евакуації проходить певна затримка залежно від того, яку із систем оповіщення було використано для повідомлення про надзвичайну ситуацію.

До всіх будівель і споруд необхідно забезпечити вільний доступ.

Протипожежні розриви між будинками, спорудами, відкритими майданчиками повинні відповідати вимогам будівельних норм. Їх не дозволяється захарашувати, використовувати для складування матеріалів, устаткування, стоянок транспорту, індивідуальних гаражів, будівництва тощо.

Територія підприємств та інших об'єктів повинна мати зовнішнє освітлення, яке забезпечує швидке знаходження пожежних драбин, протипожежного обладнання, евакуаційних виходів будинків та споруд.

На території промислових будівель чи споруд на видних місцях мають розміщуватися плани евакуації, таблички із зазначенням порядку виклику пожежної охорони, знаки місць розміщення первинних засобів пожежогасіння.

					<i>XI.P.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		62

У разі перепланування приміщень, зміни їх функціонального призначення, застосування нового технологічного устаткування необхідно дотримуватися протипожежних вимог чинних нормативних документів будівельного та технологічного проектування. Не дозволяється зниження проектних меж вогнестійкості конструкцій та погіршення умов евакуації людей.

Стаціонарні зовнішні пожежні сходи, сходи на перепадах висот і огорожі на дахах будівель та споруд повинні утримуватися постійно справними та бути пофарбованими.

У разі необхідності встановлення на вікнах приміщень, де перебувають люди, ґрат, останні повинні розкриватися, розсуватися або зніматися. Під час перебування в цих приміщеннях людей ґрати має бути відчинено (знято).

Установлювати незнімні ґрати дозволяється у квартирах, банках, касах, складах, коморах, кімнатах для зберігання зброї і боєприпасів, на об'єктах торгівлі, розрахованих на одночасне перебування до 50 осіб, та в інших випадках, передбачених нормами і правилами, затвердженими в установленому порядку.

Як евакуаційні виходи можуть використовуватись дверні отвори, якщо вони ведуть з приміщень:

- безпосередньо назовні;
- на сходовий майданчик з виходом назовні безпосередньо або через вестибюль;
- у прохід або коридор з безпосереднім виходом назовні або на сходову майданчик;
- у сусідні приміщення того ж поверху з вогнестійкістю не нижче III ступеня, що не містять виробництв, які належать за вибухопожежною та пожежною небезпекою до категорій А, Б і В і мають безпосередній вихід назовні або на сходовий майданчик.

У разі потреби при вимушеній евакуації можуть використовуватися виходи, якими не користуються при звичайному русі (так звані запасні виходи).

До евакуаційних шляхів відносять такі, які ведуть до евакуаційного виходу і забезпечують рух протягом певного часу.

Найпоширенішими шляхами евакуації є проходи, коридори, сходи, тамбури, фойє, холи, вестибюлі.

Наявність та напрямок руху до евакуаційних шляхів та виходів має бути позначено відповідними знаками безпеки згідно з ГОСТ 12.4.026-76 та змінами, внесеними в нього ДСТУ ISO 6309:2007.

Для безпечної евакуації шляхи та виходи мають відповідати таким вимогам:

- евакуаційні шляхи і виходи повинні утримуватися вільними, не зашарашуватися та у разі потреби забезпечувати евакуацію всіх людей, які перебувають у приміщеннях;
- кількість та розміри евакуаційних виходів, їх конструктивні рішення, умови освітленості, забезпечення незадимленості, протяжність шляхів евакуації, їх оздоблення повинні відповідати протипожежним вимогам будівельних норм;
- якщо евакуаційні виходи і шляхи евакуації з будівель, які є пам'ятками архітектури та історії, неможливо привести у відповідність до вимог будівельних норм, то їх експлуатація дозволяється за наявності проектної документації, узгодженої з органами державного пожежного нагляду відповідно до вимог чинних нормативно-правових актів;
- у разі розміщення технологічного, експозиційного та іншого обладнання у приміщеннях повинні забезпечуватися евакуаційні проходи до сходових майданчиків та інших шляхів евакуації відповідно до будівельних норм;

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

- розміщення крісел в актових і конференц-залах, залах зборів і нарад та в інших подібних приміщеннях повинно відповідати протипожежним вимогам будівельних норм;
- у приміщенні, яке має один евакуаційний вихід, дозволяється одночасно розміщувати не більше 50 осіб. При перебуванні в приміщенні понад 50 осіб, в ньому повинно бути щонайменше два виходи, які відповідають вимогам будівельних норм;
- двері на шляхах евакуації повинні відчинятися в напрямку виходу з будівель (приміщень). Допускається влаштування дверей з відчиненням усередину приміщення у разі одночасного перебування в ньому щонайбільше 15 осіб, а також у санвузлах, з балконів, лоджій, майданчиків зовнішніх евакуаційних сходів (за винятком дверей, що ведуть у повітряну зону незадимлюваного сходового майданчика);
- за наявності людей у приміщенні двері евакуаційних виходів можуть замикатися лише на внутрішні запори, які легко відмикаються;
- килими, килимові доріжки й інше покриття підлоги у приміщеннях з масовим перебуванням людей повинні надійно кріпитися до підлоги і бути помірно небезпечними щодо токсичності продуктів горіння, мати помірну димоутворювальну здатність;
- сходові марші та майданчики повинні мати справні огорожі із поруччям, які не повинні зменшувати їх ширину, встановлену будівельними нормами.

На сходових майданчиках (за винятком незадимлюваних) дозволяється встановлювати прилади опалення, сміттепроводи, поверхові сумісні електрощити, поштові скриньки та пожежні крани за умови, що це обладнання не зменшує нормативної ширини проходу сходовими майданчиками та маршами.

На незадимлюваних сходових майданчиках допускається встановлювати лише прилади опалення.

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

Сходові майданчики, внутрішні відкриті та зовнішні сходи, коридори, проходи та інші шляхи евакуації мають забезпечуватися евакуаційним освітленням відповідно до вимог будівельних норм та правил улаштування електроустановок. Світильники евакуаційного освітлення повинні вмикатися з настанням сутінків у разі перебування в будівлі людей.

Шляхи евакуації, які не мають природного освітлення, повинні постійно освітлюватися електричним світлом (у разі наявності людей).

У готелях, лікувальних закладах, приміщеннях інших громадських і допоміжних будівель, де можуть перебувати одночасно більше 100 осіб, у виробничих приміщеннях без природного освітлення за наявності більше 50 працівників (або якщо площа перевищує 150 кв. м), а також в інших випадках, зазначених у нормативно-правових документах, евакуаційні виходи повинні позначатися світловими покажчиками з написом «Вихід» білого кольору на зеленому фоні, підключеними до джерела живлення евакуаційного (аварійного) освітлення, або такими, що переключаються на нього автоматично у разі зникнення живлення на основних джерелах живлення.

Світлові покажчики «Вихід» повинні постійно бути справними. У залах для глядачів, виставкових, актових залах та інших подібних приміщеннях їх слід вмикати на весь час перебування людей.

На випадок відключення електроенергії персонал будівель, де у вечірній та нічний час можливе масове перебування людей (кінотеатри, готелі, гуртожитки, ресторани, лікарні, інтернати, дитячі дошкільні заклади тощо), повинен мати електричні ліхтарі. Кількість ліхтарів визначається адміністрацією, з огляду на особливості об'єкта, наявність чергового персоналу, кількість людей у будівлі (але не менше одного ліхтаря на кожного працівника, який чергує на об'єкті у вечірній або нічний час).

При влаштуванні евакуаційних шляхів та виходів не допускається:

- улаштовувати на шляхах евакуації пороги, виступи, турнікети, двері розсувні, підйомні, такі, що обертаються;

							XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				66

- захищати шляхи евакуації меблями, обладнанням, різними матеріалами та готовою продукцією, навіть якщо вони не зменшують нормативну ширину;
- забивати, заварювати, замикати на навісні замки, болтові з'єднання та інші запори, що важко відчиняються зсередини, зовнішні евакуаційні двері будівель;
- застосовувати на шляхах евакуації (крім будівель V ступеня вогнестійкості) горючі матеріали для облицювання стін і стель, а також сходів та сходових майданчиків;
- розташовувати у тамбурах виходів, за винятком квартир та індивідуальних житлових будинків, гардероби, вішалки для одягу, сушарні, пристосовувати їх для торгівлі, а також зберігання, у тому числі тимчасового, будь-якого інвентарю та матеріалу;
- захищати меблями, устаткуванням та іншими предметами двері, люки на балконах і лоджіях, переходи в суміжні секції та виходи на зовнішні евакуаційні драбини;
- знімати встановлені на балконах (лоджіях) драбини;
- улаштовувати на сходових майданчиках приміщення будь-якого призначення, у т.ч. кіоски, ятки, а також виходи з вантажних ліфтів (підйомників), прокладати газопроводи, трубопроводи з ЛЗР та ГР, повітроводи;
- улаштовувати у загальних коридорах комори і вбудовані шафи, за винятком шаф для інженерних комунікацій;
- зберігати в шафах (нішах) для інженерних комунікацій горючі матеріали, а також інші сторонні предмети;
- розташовувати в ліфтових холах комори, кіоски, ятки тощо;
- установлювати телекамери в проходах таким чином, щоб вони перешкоджали евакуації людей;

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

- робити засклення або закладання жалюзі і отворів повітряних зон на незадимлюваних сходових майданчиках;
- знімати передбачені проектом двері вестибюлів, холів, тамбурів і сходових майданчиків;
- замінити армоване скло на звичайне у дверях та фрамугах всупереч передбаченому за проектом;
- знімати пристрої для самозачинення дверей сходових майданчиків, коридорів, холів, тамбурів тощо, а також фіксувати самозакривні двері у відчиненому положенні;
- розвішувати на сходових майданчиках на стінах стенди, панно тощо; улаштовувати слизьку підлогу на шляхах евакуації [23].

					<i>XI.P.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		68

ЛІТЕРАТУРА

1. Процесс ректификации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://otherreferats.allbest.ru/manufacture/00243947_0.html
2. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин. – Москва : Химия, 1973. – 752 с.
3. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра / укл.: Р. О. Острога, М. С. Скиданенко, Я. Е. Михайловський, А. В. Іванія. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 32 с.
4. Використання ацетону (техніка безпеки) [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://systopt.ub.ua/analitic/24002-vikoristannya-acetonu-tehnika-bezpeki.html>
5. Для чего потрібний ацетон [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.systopt.com.ua/article-dlya-chego-nuzhen-aceton>
6. Матеріал з Вікіпедії. Бензен [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D0%BD%D0%D0%BD>
7. Бензол: основні властивості, застосування, особливості та переваги [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://kurs.if.ua/society/benzol-osnovni-vlastyvosti-zastosuvannya-osoblyvosti-ta-perevagy>
8. Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии / И.Л. Иоффе. – Ленинград : Химия, 1991. – 352 с.
9. Плановский А. Н. Процессы и аппараты химической и нефтяной технологии / А. Н. Плановский, П. И. Николаев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Химия, 1972. – 494 с.
10. Лазинский А. А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры / А. А. Лазинский, А. Р. Толчинский. – Ленинград : Машиностроение, 1970. – 752 с.
11. Лазинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов : Справочник / А. А. Лазинский. – Ленинград : Машиностроение, 1981. – 382 с.

						XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			69

12. Марочник сталей и сплавов / В. Г. Сорокин, А. В. Волосникова, С. А. Вяткин [и др.]. – Под общ. ред. Сорокина В. Г. – Москва : Машиностроение, 1989. – 640 с.

13. Методичні вказівки до курсового проектування з дисципліни «Процеси та апарати хімічних виробництв» / укл.: Я. Е. Михайловський, М. П. Юхименко. – Суми : Сумський державний університет, 2020. – 24 с.

14. Кузнецов А. А. Расчеты основных процессов и аппаратов переработки углеводородных газов : Справочное пособие / А. А. Кузнецов, Е. Н. Судаков. – Москва : Химия, 1983. – 224 с.

15. Врагов А. П. Матеріали до розрахунків процесів та обладнання хімічних і газонафтопереробних виробництв: Навчальний посібник / А. П. Врагов, Я. Е. Михайловський, С. І. Якушко. – За ред. А. П. Врагова. – Суми : Вид-во СумДУ, 2008. – 170 с.

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

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

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

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

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

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

21. Організація пожежної охорони промислових підприємств [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/3270560/page:4/>

22. Білим П.А. Основи пожежної безпеки : конспект лекцій для студентів денної та заочної форм навчання освітнього рівня «бакалавр» за спеціальністю 263 – Цивільна безпека / П.А. Білим. – Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2018. – 45 с.

23. Вимоги пожежної безпеки до утримання евакуаційних шляхів і виходів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://korosten-rada.gov.ua/news/upravlinnya-z-nadzvichaynih-situatsiy/pamyatka-vimogi-pozhezhnoyi-bezpeki-do-utrimannya-evakuatsiynih-shlyahiv-i-vihodiv.html>

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71