

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри

підпис, дата

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

Тема роботи: Установка розділення суміші вода – оцтова кислота. Розробити тарілчасту ректифікаційну колону.
Separation unit for water – acetic acid mixture. Develop plate rectification column

Виконав:
студент групи ХМдн – 84гд
Пирогов Хома Сергійович

підпис

Залікова книжка
№ 20320423

Кваліфікаційна робота бакалавра
захищена на засіданні ЕК

з оцінкою _____

" ____ " _____ 20 ____ р.

Підпис голови
(заступника голови) комісії

Керівник:

канд. техн. наук, ст. викладач

Острога Руслан Олексійович

підпис, дата

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

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

Курс 4 Група ХМдн – 84гд Семестр 8

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студенту Пирогову Хомі Сергійовичу

1 Тема роботи: Установка розділення суміші вода – оцтова кислота. Розробити тарілчасту ректифікаційну колону / Separation unit for water – acetic acid mixture. Develop plate rectification column

2 Вихідні дані: Розробити ректифікаційну колону з ковпачковими тарілками для розділення суміші вода – оцтова кислота. Продуктивність проєктованого апарату становить 1250 кг/год. Вміст легколеткого компонента в початковій суміші 30 % мол.; у дистиляті 90 % мол.; у кубовому залишку 5 % мол. Тиск у колоні прийняти атмосферний.

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

- | | |
|--|------------|
| 1. <u>Технологічна схема ректифікаційної установки</u> | – 0,5 арк. |
| 2. <u>Складальне креслення ректифікаційної колони</u> | – 1,0 арк. |
| 3. <u>Креслення складальних одиниць</u> | – 1,5 арк. |

4 Рекомендована література: 1. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра / укладачі: Р. О. Острога, М. С. Скиданенко, Я. Е. Михайловський, А. В. Іванія. – Суми : СумДУ, 2019. – 32 с.; 2. Машины и аппараты химических производств. Примеры и задачи / Под общ. ред. В. Н. Соколова. – Ленинград : Машиностроение, 1989. – 384 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

ст. викл. Острога Р.О.

ЗМІСТ

ВСТУП	С. 5
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	7
1.1 Опис технологічної схеми ректифікаційної установки	7
1.2 Теоретичні основи досліджуваного процесу	9
1.3 Опис проектованої колони та вибір конструкційних матеріалів	19
2 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРОЦЕСУ ТА АПАРАТУ	22
2.1 Технологічні розрахунки	22
2.2 Конструктивні розрахунки	29
2.3 Гідравлічні розрахунки	35
2.4 Вибір допоміжного обладнання	41
3 РОЗРАХУНКИ АПАРАТА НА МІЦНІСТЬ	46
3.1 Розрахунок товщини стінки корпусу апарата	46
3.2 Розрахунок товщини стінки кришки апарата	48
3.3 Розрахунок опори апарата	49
4 МОНТАЖНІ ТА РЕМОНТНІ РОБОТИ	52
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	57
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	61
ДОДАТКИ	

					XI.P.00.00.00 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Пирогов</i>				Ректифікаційна колона з ковпачковими тарілками Пояснювальна записка	<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Острога</i>						4	62
<i>Реценз.</i>						СумДУ, ХМдн – 84гд		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>	<i>Склябінський</i>							

ВСТУП

Колонні апарати застосовуються для проведення процесів, дуже поширених в хімічній техніці, що вимагають здійснення по можливості повного контакту між оброблюваними рідиною і газом або паром. До них відносяться такі дифузійні процеси, як абсорбція, десорбція, ректифікація, а також охолодження та зволоження промислових газів, мокре очищення газів та інші [1].

Абсорбцією називають процес поглинання газів або пари з газових або парогазових сумішей рідкими поглиначами (абсорбентами). У свою чергу *десорбція* – це зворотний процес виділення газу з рідини. *Ректифікація* – це розділення гомогенних рідких сумішей шляхом багаторазового взаємного обміну компонентами між рідкою та паровою фазами, що рухаються зазвичай протитечією один до одного [1, 2].

Колони являють собою судини, які виготовлені з матеріалів, стійких до дії оброблюваних речовин, розраховані на відповідний тиск. Висота колони зазвичай у кілька разів перевищує її діаметр. Форма перерізу є коло, але іноді буває квадратною або багатокутною, якщо колона зроблена з дерева або природного каменю. Через колони протитечією пропускаються оброблювані рідина і газ (або пара), рідина – самопливом зверху вниз, а газ – знизу вгору.

Для того, щоб максимально розвинути поверхню міжфазового контакту, вживають один із наступних заходів [2]:

- 1) поміщають всередину колони насадки, якими стікає оброблювана рідина;
- 2) рідину розбризкують, завдяки чому поверхня зіткнення її з газом або паром сильно збільшується;
- 3) ділять апарат по висоті на кілька відсіків, змушуючи в кожній із них газ барботувати через шар рідини.

Відповідно до способів збільшення поверхні контакту фаз розрізняють: насадкові колони; розпилюючі колони; тарілчасті колони.

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

Насадкові колони і апарати, в яких рідина розпилюється, використовуювані для очищення, охолодження або зволоження газу, називаються скруберами, а процес, що відбувається в них, – скрубєрним процесом. Дія колон поверхового типу відрізняється від дії барботажних колон. У колонах поверхневого типу зміна концентрації рідини і газу (пари) по висоті відбувається безперервно, а в барботажних колонах вона відбувається ступенями, число яких дорівнює числу відсіків і, отже, числу тарілок [2].

У даній кваліфікаційній роботі запроектована ректифікаційна колона з ковпачковими тарілками, яка призначена для розділення бінарної суміші вода – оцтова кислота. Загалом кваліфікаційну роботу бакалавра виконано у відповідності до методичних вказівок [3] із представленням усіх регламентованих розділів.

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

РОЗДІЛ 1

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис технологічної схеми ректифікаційної установки

Ректифікаційні установки за принципом дії поділяються на періодичні та безперервні. В установках безперервної дії сира суміш, що розділяється, надходить в колону і продукти поділу виводяться з неї безперервно. В установках періодичної дії суміш, що розділяється, завантажують в куб одноразово і ректифікацію проводять до отримання продуктів заданого кінцевого складу.

Технологічну схему ректифікаційної установки безперервної дії представлено на рис. 1.1. Принцип її роботи полягає у наступному. Бінарна суміш після сировинної ємності за допомогою відцентрових насосів подається у підігрівач, де нагрівається до температури початку кипіння. Уже підігріта суміш спрямовується у секцію живлення атмосферної ректифікаційної колони з ковпачковими тарілками. Тарілка живлення розділяє колону на дві умовні частини: верхню – зміцнюючу і нижню – вичерпну. На тарілці живлення склад рідини відповідає складу вихідної суміші.

У результаті розділення суміші з нижньої частини колони відводиться оцтова кислота, яка спрямовується до споживача. Частина оцтової кислоти відбирається із нижньої частини колони і виходить у випарник, де за рахунок тепла насиченої водяної пари відбувається її вскипання. Таким чином утворюється пара висококиплячого компоненту, який повертається під нижню тарілку ректифікаційної колони у якості парового зрошення.

У верхній частині колони відбувається процес зміцнення пари низькокиплячим компонентом за рахунок багатоступеневого контактування на масообмінних тарілках зі стікаючою зверху униз флегмою. Водяні пари, що відводяться з верхньої частини колони, надходять у дефлегматор.

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		7

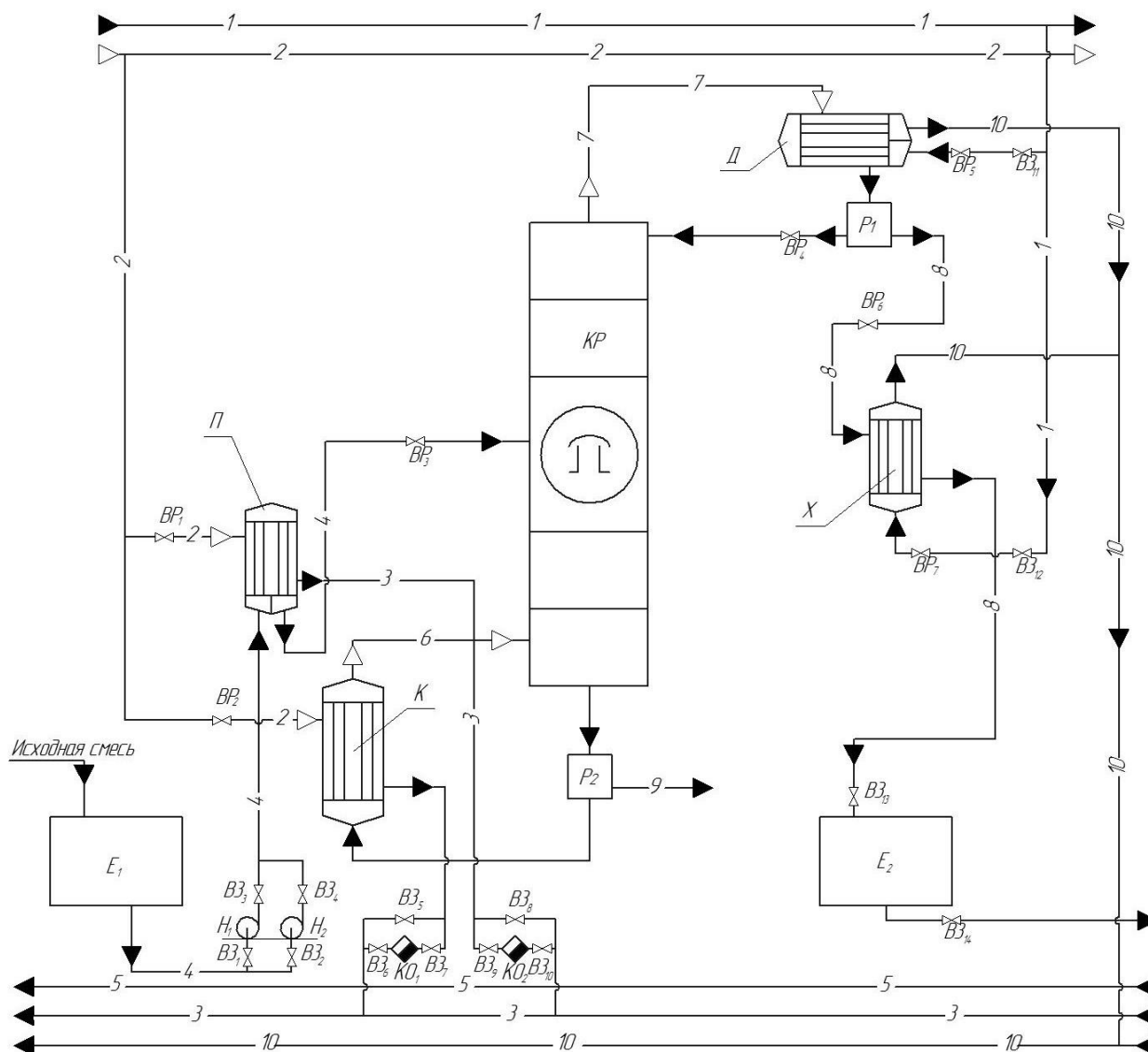


Рисунок 1.1 – Технологічна схема ректифікаційної установки безперервної дії:

E_1, E_2, E_3 – ємності; H_1, H_2 – відцентрові насоси; П – підігрівач;

К – кип'ятильник; КР – колона ректифікаційна; X_1, X_2 – холодильники;

Д – дефлегматор; P_1, P_2 – розподілювачі

Безпосередньо у дефлегматорі водяна пара конденсується у його міжтрубному просторі за рахунок відведення тепла холодоагенту, що рухається по трубах. Частина отриманого конденсату відбирається і у вигляді флегми повертається в колону на зрошення її верхньої частини. Дистилят додатково охолоджується в холодильнику і спрямовується до відповідного збірника. Отримана вода може застосовуватись для технологічних потреб.

1.2 Теоретичні основи досліджуваного процесу [1, 2, 4]

Провальні тарілки відрізняються від інших відсутністю зливних пристроїв. Висота шару рідини на провальних тарілках визначається лише швидкісним напором пари (газу), причому надмірна кількість рідини через отвори (щілини) в тарілках стікає прямо на тарілки, що розташовані нижче.

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

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

Ефективність роботи ковпачкової тарілки визначається такими величинами: навантаженням тарілки по газу та рідині, відстанню між

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

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 (рис. 1.2б). 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.

Основними вихідними геометричними величинами, що входять до гідравлічного розрахунку тарілки є (рис. 1.3):

1) **Глибина занурення ковпачка a** , яка вимірюється від гідравлічного рівня поверхні рідини до верхнього краю зубців прорізів ковпачка, або до нижнього краю ковпачка, якщо він без зубців та прорізів.

2) **Товщина газового струменя, що виходить з-під ковпачка b** , яка вимірюється між верхнім краєм прорізу або зубців та рівнем поверхні під ковпачком. Відстань між рівнем поверхні під ковпачком та тарілкою є **товщиною пасивного шару c** . Товщина шару рідини на тарілці дорівнює сумі цих величин: $h = a + b + c$.

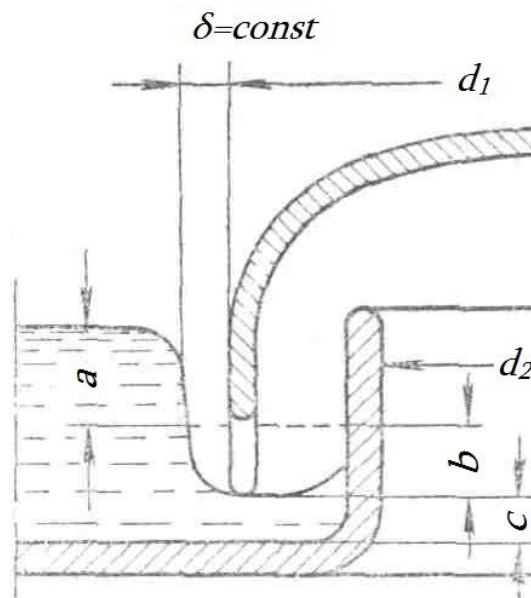


Рисунок 1.3 – Ескіз до гідравлічного розрахунку тарілки

При проектуванні необхідно визначити швидкість газу у вільному перерізі колони W_0 , у момент входу його в рідину W_1 та у перерізі газових патрубків W_2 . Це потрібно тому, що:

- 1) від швидкості газу у вільному перерізі W_0 залежать час контакту, величина бризгоуносу, площа поперечного перерізу апарата і, отже, його діаметр;
- 2) від швидкості газу при вході в рідину W_1 залежить поверхня міжфазового контакту, тобто інтенсивність процесу;
- 3) від швидкості газу в газових патрубках W_2 , через які газ проходить із нижніх тарілок на верхні, залежить опір газовому потоку.

Інтенсивність **барботажу ковпачкової тарілки** визначається величиною питомої витрати газу, що проходиться на одиницю лінії барботажу:

$$U = \frac{V_g}{\Pi}, \quad \text{м}^2 / \text{с}, \quad (1.1)$$

де V_g – кількість газу, що проходить через апарат, $\text{м}^3/\text{с}$;

Π – довжина лінії барботажу, м.

Середня швидкість витікання з-під затоплених отворів складає:

$$W = \mu \cdot \sqrt{\frac{2g \cdot h \cdot \rho_{ж}}{\rho_2}}, \quad \text{м} / \text{с}, \quad (1.2)$$

де h – висота затоплення, м;

μ – коефіцієнт витрати, рівний 0,67.

Висота затоплення $h = a + b$

Глибина занурення ковпачків у шар береться рівною 30–40 мм. Збільшення глибини занурення від 0 до 40 мм збільшує ККД тарілки. При подальшому збільшенні глибини занурення приблизно 100 мм призводить до

					<i>XI.P.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		12

виникнення пульсації газового потоку. Оптимальна швидкість входу газу в рідину W_1 у ковпачкових колонах становить 6–8 м/с, але може бути доведена до 10 м/с.

У звичайних колонах, що працюють при атмосферному тиску, швидкість газів або пари у вільному перерізі колони зазвичай беруть до 1 м/с. Велика товщина пасивного шару погіршує роботу тарілки. Для зменшення пасивного шару небажано працювати з малими швидкостями виходу газу з-під ковпачків W_1 та питомим навантаженням U .

Для того, щоб збільшення газового навантаження не призвело до збільшення бризкоуносу, доводиться збільшувати відстань між тарілками H .

Повний гідравлічний опір ковпачкової тарілки:

$$h_t = \Delta P_1 + \Delta P_2, \quad \text{мм.вод.ст.}, \quad (1.3)$$

де ΔP_1 – втрата напору при барботажі;

ΔP_2 – опір газу при його проході через газові патрубки.

Розрахункові залежності визначення величини ΔP_1 :

При $a > 0$ і $b > \delta$

$$\Delta P_1 = \rho_{жс} g \cdot (a + b) + \rho_{жс} g \cdot a \cdot (45b - 1), \quad \text{мм.вод.ст.}, \quad (1.4)$$

При $a > 0$ і $b < \delta$

$$\Delta P_1 = \rho_{жс} g \cdot (a + b), \quad \text{мм.вод.ст.}, \quad (1.5)$$

Тут величина b для зубчастого краю ковпачка з контурами, показаними на рис. 1.4, можна визначити з виразу:

					<i>XI.P.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		13

$$b(a+b) = 0.338 \cdot \sqrt{\frac{\rho_z}{\rho_{жс}}} \cdot \frac{U}{f}, \quad (1.6)$$

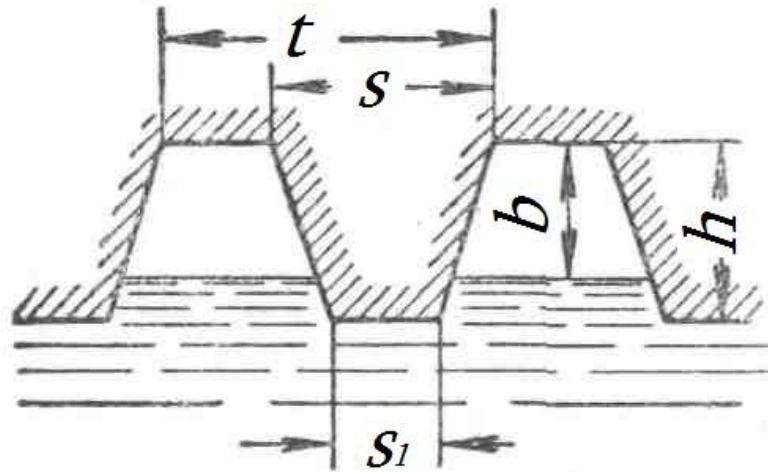


Рисунок 1.4 – Схема до визначення опору тарілки

Коефіцієнт f є відношенням площі поперечного перерізу газового потоку при виході з-під ковпачка до площі, що дорівнює Π , якщо $b < h$, то:

$$f = 1 - \frac{S}{t} + \frac{S - S_1}{2t} \cdot \frac{b}{h}, \quad (1.7)$$

якщо $b > h$, то:

$$f = 1 - \frac{S + S_1}{2t} \cdot \frac{b}{h}, \quad (1.8)$$

Величина δ – це відношення глибини занурення a до ширини струменя газу, що оточує ковпачок (рис. 1.3), яка за експериментальними даними при нормальних навантаженнях є величиною постійною, і дорівнює $\delta = 0,02 = const$.

Залежність для визначення величини ΔP_2 дуже проста:

$$\Delta P_2 = \xi \cdot \rho_2 \cdot \frac{W_2^2}{2}, \quad (1.9)$$

де ξ – коефіцієнт опору, що залежить від форми та розмірів ковпачка, рівний 2...2,8;

W_2 – швидкість газу в патрубках:

$$W_2 = \frac{4V_2}{n \cdot \pi \cdot d_2^2}, \quad (1.10)$$

де d_2 – внутрішній діаметр газового патрубка;

n – кількість ковпачків на тарілці.

Переріз газових патрубків визначається за умови рівності швидкостей газу в патрубку та під ковпачком. Із цієї умови отримаємо: $d_2 = 0,7 d_1$, тобто 0,7 діаметра ковпачка.

Висота газових патрубків робиться на 15–20 мм вище за верхній край водозливу або переточної труби. Швидкість W_2 має перевищувати 10–12 м/с. Краще її приймати рівною 7...8 м/с.

Відстань між ковпачками береться такою, щоб можливий більший обсяг рідини був пронизаний бульбашками газу. Вважається, що при швидкості газу, що виходить з-під ковпачків, 6...8 м/с він має дорівнювати 20...40 мм. У разі збільшення швидкості газу відстань між ковпачками пропорційно збільшують.

Висота шару рідини на тарілці визначається заввишки переливу. Переливом може бути край переточних труб, або може бути встановлений спеціальний перелив. Висота шару біля переливу дорівнює

$$h = h_c + h_{II}, \quad (1.11)$$

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

де h_c – висота шару, м;

h_{II} – висота шару рідини над переливом, м.

Значення висоти шару рідини над переливом можна визначити за формулою:

$$h_{II} = \sqrt[3]{\frac{V_{ж}}{3600^2 \cdot l^2 \cdot 2\mu g}}, \text{ м}, \quad (1.12)$$

де l – довжина водозливу, м.

Перебіг рідини по тарілці відбувається за рахунок різниці рівнів у місць введення її на тарілку і біля переливу, причому цей перепад витрачається на подолання тертя рідини деталі тарілки. Величина цього перепаду може бути порахована за рівнянням:

$$\Delta h = \frac{f_{mp} \cdot V_{ж} \cdot L}{2g \cdot \Pi_c^2 \cdot r^2}, \text{ м}, \quad (1.13)$$

де f_{mp} – коефіцієнт тертя, що залежить від Re ;

L – довжина шляху рідини по тарілці, м;

r – гідравлічний радіус, м.

Гідравлічні затвори барботажних апаратів повинні забезпечувати безперешкодне перетікання рідини по переточних трубах з однієї тарілки на іншу і не пропускати газ чи пару.

Глибина затвору h_3 повинна задовольняти умову:

$$h_3 = \frac{h_T}{\rho_{ж} \cdot g}, \text{ м} \quad (1.14)$$

де h_T – опір вищележачої тарілки, мм.вод.ст.;

$\rho_{ж}$ – густина рідини, кг/м³.

Ситчасті тарілки простіші 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 цього типу тарілок в інших галузях промисловості гальмувалося через недостатню вивченість роботи тарілок. У якості недоліків ситчастих тарілок зазвичай вказувалося:

- 1) жорсткість режиму та неможливість коливання продуктивності у значних межах;
- 2) стікання рідини з тарілок у разі зупинення роботи колони;
- 3) чутливість тарілок до порушення горизонтальності їхньої установки;
- 4) схильність малих отворів тарілок до засмічення та роз'їдання.

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.

Клапанні тарілки в 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.

Провальні решітчасті тарілки мають продуктивність у 1,5–2 рази більшу, ніж ковпачкові тарілки, низьку металоємність. Їхня ефективність досить висока, але у вузькому діапазоні робочих швидкостей. Ці тарілки рекомендується застосовувати при великих навантаженнях колони рідини.

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		17

На даний час не існує теоретичних моделей масопередачі, які ґрунтуються на точних, надійно перевірених досвідом гідродинамічних закономірностях. Основною причиною цього слід вважати складність і недостатню вивченість турбулентного руху.

Зважаючи на складність механізму процесів масовіддачі у фазах, для практичних цілей приймають, що швидкість масовіддачі пропорційна рушійній силі, яка дорівнює різниці концентрацій в ядрі і на кордоні фази або (у разі зворотного напрямку перенесення) – різниці концентрацій на кордоні і в ядрі фази.

Відповідно, якщо розподілювана речовина переходить із фази Φ_Y в фазу Φ_X , то основне рівняння масовіддачі, яке визначає кількість M речовини, що переноситься в одиницю часу в кожній із фаз (до кордону фази або у зворотному напрямку), виражається у такий спосіб:

фаза Φ_Y

$$M = \beta_y \cdot F \cdot (\bar{y} - \bar{y}_{ГР}) \quad (1.15)$$

фаза Φ_X

$$M = \beta_x \cdot F \cdot (\bar{x}_{ГР} - \bar{x}) \quad (1.16)$$

Різниці концентрацій $\bar{y} - \bar{y}_{ГР}$ і $\bar{x}_{ГР} - \bar{x}$, які входять у ці рівняння являють собою рушійну силу процесу масовіддачі відповідно у фазах Φ_Y и Φ_X , причому \bar{y} і \bar{x} – середні концентрації в основній масі (ядрі) кожної із фаз, $\bar{y}_{ГР}$ і $\bar{x}_{ГР}$ – концентрації біля кордону відповідної фази.

Коефіцієнти пропорційності β_x і β_y називають коефіцієнтами масовіддачі.

Матеріальний баланс ректифікаційної колони за потоками:

					<i>XI.P.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
						18
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G_F = G_D + G_W; \quad (1.17)$$

Матеріальний баланс ректифікаційної колони за легколетким компонентом:

$$G_F \cdot x_F = G_D \cdot x_D + G_W \cdot x_W, \quad (1.18)$$

де G_F , G_D , G_W – масові або мольні витрати живлення, дистилляту та кубового залишку відповідно;

x_F , x_D , x_W – вміст легколетучого компонента в живленні, дистилляті і кубовому залишку відповідно.

Прихід тепла: із теплоносієм в кип'ятильнику Q_K ; із вихідною сумішшю Q_F ; з флегмою Q_Φ .

Витрата тепла: із парами, які надходять з колони в дефлегматор Q_G ; із залишком Q_W ; втрати в навколишнє середовище $Q_{ВТР}$.

Таким чином, рівняння теплового балансу приймає вигляд:

$$Q_K + Q_F + Q_\Phi = Q_G + Q_W + Q_{ВТР}. \quad (1.19)$$

1.3 Опис проектованої колони та вибір конструкційних матеріалів

Об'єктом нашої розробки є тарілчаста ректифікаційна колона з ковпачковими тарілками (рис. 1.5). Вона являє собою вертикальний циліндричний апарат із привареним днищем. Кришка кріпиться за допомогою фланцевого з'єднання.

Барботажні колони, особливо з ковпачковими тарілками, є найпоширенішим типом колонних апаратів. Робочий простір барботажних колон розділений на кілька камер тарілками (рис. 1.6). На кожній тарілці підтримується шар рідини. Послідовно через шари рідини, число яких дорівнює числу тарілок, пробулькує газ або пара.

					<i>XI.P.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
						19
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

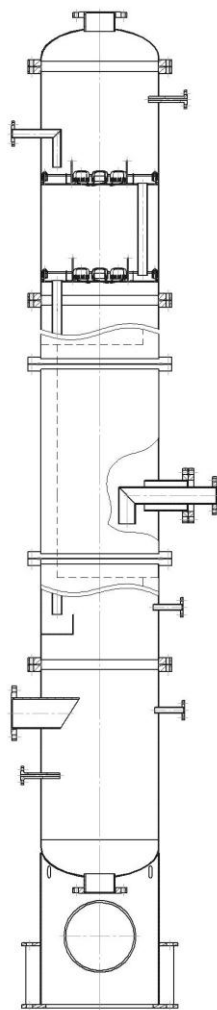


Рисунок 1.5 – Схема тарілчастої колони

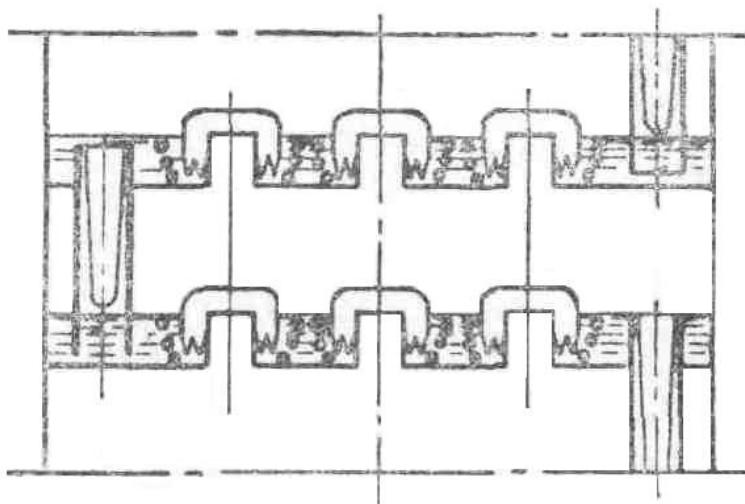


Рисунок 1.6 – Схема барботажно́ї колони

					<i>XI.P.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		20

Рідина стікає з однієї тарілки на іншу по переточним трубам. Кінці переточних трубок занурені в рідину на нижчих тарілках, утворюючи гідрозатвори, що перешкоджають газу або парі проходити знизу вгору, не стикаючись з рідиною. Газ подається в шар рідини або з-під ковпачків або через отвори в перфорованих тарілках. Відповідно розрізняють тарілки: ковпачкові, ситчасті, провальні та клапанні.

Основними вимогами, яким повинні відповідати хімічні апарати, є механічна надійність, довговічність, конструктивну досконалість, простота виготовлення, зручність транспортування, монтажу та експлуатації [5–7].

Тому до конструкційних матеріалів проекрованої апаратури висувають наступні вимоги [6]:

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.

Здійснимо підбір конструкційного матеріалу для виготовлення основних деталей і вузлів ректифікаційної колони. Підбір здійснюємо, враховуючи значення температури та тиску, а також агресивність робочого середовища.

Для деталей колони, які контактують із рідиною вибираємо матеріал – нержавіючу та корозійно стійку сталь 12X18H10T; матеріал опори – сталь ВСтЗсп; для усіх інших елементів – сталь Ст 3.

У якості прокладкового матеріалу (для ущільнення з'єднань) використовуємо пароніт ПОН-1 – це листовий матеріал, виготовлений пресуванням азбокаучукової маси, що складається із азбесту, каучуку і порошкових інгредієнтів.

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

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРОЦЕСУ ТА АПАРАТУ

2.1 Технологічні розрахунки

Технологічні розрахунки виконуємо у відповідності до методики, що представлена у джерелі [8]. У нашому випадку продуктивність колони за бінарною сумішшю задана у масових одиницях (кг/год.), тому необхідно перевести молярні частки легколеткого компоненту також у масові:

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

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

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

$$M_F = M_{\text{ллк}} \cdot x_F + M_{\text{млк}} \cdot (1 - x_F); \quad (2.4)$$

$$M_F = 18 \cdot 0,3 + 60 \cdot (1 - 0,3) = 47,4 \text{ кг/кмоль};$$

$$M_D = M_{\text{ллк}} \cdot x_D + M_{\text{млк}} \cdot (1 - x_D), \text{ кг/кмоль}; \quad (2.5)$$

$$M_D = 18 \cdot 0,9 + 60 \cdot (1 - 0,9) = 22,2 \text{ кг/кмоль};$$

$$M_W = M_{\text{ллк}} \cdot x_W + M_{\text{млк}} \cdot (1 - x_W), \text{ кг/кмоль}; \quad (2.6)$$

$$M_W = 18 \cdot 0,05 + 60 \cdot (1 - 0,05) = 57,9 \text{ кг/кмоль}.$$

$M_{длк}=18$ кг/кмоль, $M_{млк}= 60$ кг/кмоль – молярні маси легколеткого і важколеткого компонентів [9].

$$\bar{x}_f = 0,3 \cdot \frac{18}{47,4} = 0,114;$$

$$\bar{x}_D = 0,9 \cdot \frac{18}{22,2} = 0,730;$$

$$\bar{x}_W = 0,05 \cdot \frac{18}{57,9} = 0,016.$$

Матеріальний баланс ректифікаційної колони складається з потоків [8]:

$$G_f = G_D + G_W; \quad (2.7)$$

за легколетким компонентом:

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

Спільне розв'язання рівнянь (2.7) і (2.8) дозволяє отримати залежність для визначення масових витрат дистилляту і кубового залишку:

$$G_D = G_f \cdot \frac{\bar{x}_f - \bar{x}_W}{\bar{x}_D - \bar{x}_W}; \quad (2.9)$$

$$G_D = \frac{1250}{3600} \cdot \frac{0,114 - 0,016}{0,730 - 0,016} = 0,047 \text{ кг/с};$$

$$G_W = G_f \cdot \frac{\bar{x}_D - \bar{x}_f}{\bar{x}_D - \bar{x}_W}; \quad (2.10)$$

					<i>XI.P.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		23

$$G_w = \frac{1250}{3600} \cdot \frac{0,730 - 0,114}{0,730 - 0,016} = 0,30 \text{ кг/с.}$$

Будуємо рівноважну криву в координатах $y - x$ (див. Додаток Б).

Визначаємо мінімальне флегмове число за рівнянням [8]:

$$R_{\min} = \frac{x_D - y_f^*}{y_f^* - x_f}; \quad (2.11)$$

де y_f^* – склад пари, яка перебуває в рівновазі з вихідної сумішшю; за рівноважною кривою $y_f^* = 0,43$.

$$R_{\min} = \frac{0,9 - 0,52}{0,52 - 0,3} = 1,73.$$

Визначаємо оптимальне флегмове число [8]:

$$R = 1,3 \cdot R_{\min} + 0,35; \quad (2.12)$$

$$R = 1,3 \cdot 1,73 + 0,35 = 2,6.$$

Значення оптимального флегмового числа вирішальним чином впливає на розміри ректифікаційної колони і дозволяє розрахувати масові витрати стікаючої по колоні флегми і парів, що піднімаються [8]:

$$G_R = R \cdot G_D; \quad (2.13)$$

$$G_R = 2,6 \cdot 0,047 = 0,122 \text{ кг/с;}$$

$$G_V = (R + 1) \cdot G_D; \quad (2.14)$$

$$G_V = (2,6 + 1) \cdot 0,047 = 0,169 \text{ кг/с.}$$

Робочі лінії процесу визначаються рівняннями [8]:

– для верхньої частини колони:

$$y = \frac{R}{R + 1} \cdot x + \frac{x_D}{R + 1}; \quad (2.15)$$

– для нижньої частини колони:

$$y = \frac{F + R}{R + 1} \cdot x - \frac{F - 1}{R + 1} \cdot x_W, \quad (2.16)$$

де F – число живлення, що визначається за формулою:

$$F = \frac{G_F}{G_D} \cdot \frac{M_D}{M_F}; \quad (2.17)$$

$$F = \frac{0,347}{0,047} \cdot \frac{22,2}{47,4} = 3,46.$$

Ордината точки А (див. додаток А), в якій перетинаються робочі лінії, визначається за рівнянням (2.15) і (2.16) підстановкою в них замість x значення x_f :

$$y'_f = \frac{2,6}{2,6 + 1} \cdot 0,3 + \frac{0,9}{2,6 + 1} = 0,47;$$

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

$$y_f'' = \frac{3,46 + 2,6}{2,6 + 1} \cdot 0,3 - \frac{3,46 - 1}{2,6 + 1} \cdot 0,05 = 0,47.$$

Рівність значень $y_f' = y_f''$ засвідчує про правильність розрахунків.

Середні молярні концентрації рідини визначаються за середньоарифметичними залежностями:

– у верхній частині колони:

$$x_{cp}' = \frac{(x_f + x_D)}{2}; \quad (2.18)$$

– у нижній частині колони:

$$x_{cp}'' = \frac{(x_f + x_W)}{2}; \quad (2.19)$$

$$x_{cp}' = \frac{(0,3 + 0,9)}{2} = 0,6;$$

$$x_{cp}'' = \frac{(0,3 + 0,05)}{2} = 0,175.$$

Середні молярні концентрації парової фази визначаються за рівняннями робочих ліній:

– у верхній частині колони:

$$y_{cp}' = \frac{R}{R+1} \cdot x_{cp}' + \frac{x_D}{R+1}; \quad (2.20)$$

– у нижній частині колони:

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

$$y_{cp}'' = \frac{F + R}{R + 1} \cdot x_{cp}'' - \frac{F - 1}{R + 1} \cdot x_w; \quad (2.21)$$

$$y_{cp}' = \frac{2,6}{2,6 + 1} \cdot 0,6 + \frac{0,9}{2,6 + 1} = 0,68;$$

$$y_{cp}'' = \frac{3,46 + 2,6}{2,6 + 1} \cdot 0,175 - \frac{3,46 - 1}{2,6 + 1} \cdot 0,05 = 0,26.$$

Середня молярна маса парів розраховується за формулами:

– у верхній частині колони:

$$M_{cp}' = y_{cp}' \cdot M_{лк} + (1 - y_{cp}') \cdot M_{тлк}; \quad (2.22)$$

– у нижній частині колони:

$$M_{cp}'' = y_{cp}'' \cdot M_{лк} + (1 - y_{cp}'') \cdot M_{тлк}; \quad (2.23)$$

$$M_{cp}' = 0,68 \cdot 18 + (1 - 0,68) \cdot 60 = 31,4 \text{ кг/кмоль};$$

$$M_{cp}'' = 0,26 \cdot 18 + (1 - 0,26) \cdot 60 = 49,1 \text{ кг/кмоль}.$$

Середні густини парів визначаються за рівнянням Клайперона:

– у верхній частині колони:

$$\rho_y' = \frac{M_{cp}' \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + t_y')}; \quad (2.24)$$

– у нижній частині колони:

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						27
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\rho_y'' = \frac{M_{cp}'' \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + t_y'')}; \quad (2.25)$$

де $t_y' = 105^\circ\text{C}$ – середня температура пари у верхній частині колони в залежності від концентрації y_{cp}' (визначається за діаграмою [2]);

$t_y'' = 112^\circ\text{C}$ – середня температура пара в нижній частині колони в залежності від концентрації y_{cp}'' (визначається по діаграмі [2]).

$$\rho_y' = \frac{31,4 \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + 105)} = 1,0 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_y'' = \frac{49,1 \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + 112)} = 1,55 \text{ кг/м}^3.$$

Середні густини рідини знаходяться за правилом адитивності:

– у верхній частині колони:

$$\rho_x' = x_{cp}' \cdot \rho_{ллк}' + (1 - x_{cp}') \cdot \rho_{тлк}'; \quad (2.26)$$

– у нижній частині колони:

$$\rho_x'' = x_{cp}'' \cdot \rho_{ллк}'' + (1 - x_{cp}'') \cdot \rho_{тлк}''; \quad (2.27)$$

де $\rho_{ллк}'$, $\rho_{ллк}''$, $\rho_{тлк}'$, $\rho_{тлк}''$ – густини рідини легколеткого і труднолеткого компонентів при температурах t_x' , t_x'' ;

$\rho_{ллк}' = 957 \text{ кг/м}^3$; $\rho_{тлк}' = 971 \text{ кг/м}^3$ при температурі $t_x' = 102^\circ\text{C}$ [9];

					<i>XI.P.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
						28
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$t'_x = 102^\circ\text{C}$ – середня температура рідини у верхній частині колони в залежності від концентрації x_{cp}' ;

$\rho'_{лик} = 953 \text{ кг/м}^3$; $\rho''_{лик} = 968 \text{ кг/м}^3$ при температурі $t''_x = 109^\circ\text{C}$ [9];

$t''_x = 109^\circ\text{C}$ – середня температура рідини в нижній частині колони в залежності від концентрації x_{cp}'' .

$$\rho'_x = 0,6 \cdot 957 + (1 - 0,6) \cdot 971 = 963 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho''_x = 0,175 \cdot 953 + (1 - 0,175) \cdot 968 = 965 \text{ кг/м}^3.$$

2.2 Конструктивні розрахунки

Граничну і робочу швидкості парів у верхній і нижній частинах колони знаходимо за формулами [8]:

$$\omega' = (0,75 \div 0,9) \cdot \omega_{np}; \quad (2.28)$$

де ω_{np} – швидкість газу, що відповідає точці заклинання, м/с.

$$\omega_{np} = c \cdot \sqrt{\frac{\rho_p - \rho_n}{\rho_n}}; \quad (2.29)$$

де c – коефіцієнт, який вибирається у залежності від типу тарілок і відстані між ними. Для ковпачкових тарілок при відстані між тарілками $H = 500$ мм $c = 0,04$.

Гранична швидкість парів:

– для верхньої частини колони

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

$$\omega'_{np} = 0,04 \cdot \sqrt{\frac{963 - 1,0}{1,0}} = 1,24 \text{ м/с};$$

– для нижньої частини колони

$$\omega''_{np} = 0,04 \cdot \sqrt{\frac{965 - 1,55}{1,55}} = 1,0 \text{ м/с}.$$

Робоча швидкість парів:

– для верхньої частини колони

$$\omega' = 0,8 \cdot 1,24 = 1,0 \text{ м/с};$$

– для нижньої частини колони

$$\omega'' = 0,8 \cdot 1,0 = 0,8 \text{ м/с}.$$

Відношення масових витрат рідкої і парової фаз дорівнює [8]:

– у верхній частині колони:

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

– у нижній частині колони:

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

$$\left(\frac{L}{G}\right)' = \frac{2,6}{2,6 + 1} = 0,72;$$

$$\left(\frac{L}{G}\right)'' = \frac{2,6 + 3,46}{2,6 + 1} = 1,68.$$

Об'ємна витрата парів дорівнює:

– у верхній частині колони

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

– у нижній частині колони

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

$$V' = \frac{0,169}{1,0} = 0,169 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$V'' = \frac{0,169}{1,55} = 0,109 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Діаметр колони розраховується за формулою [8]:

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

– для верхньої частини колони:

$$D' = \sqrt{\frac{0,169}{0,785 \cdot 1,0}} = 0,46 \text{ м};$$

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

– для нижньої частини колони:

$$D'' = \sqrt{\frac{0,109}{0,785 \cdot 0,8}} = 0,42 \text{ м.}$$

Найближчий більший діаметр у відповідності до ГОСТ 9617-76 «Посудини й апарати. Ряди діаметрів» становить 500 мм. Але цей номінальний розмір взятий у дужки, а це означає, що він не є рекомендованим. Таким чином, вибираємо наступний більший за рядом розмір 600 мм.

Дійсні робочі швидкості пари в колоні дорівнюють:

$$w_g = 1,0 \cdot \left(\frac{0,46}{0,6} \right)^2 = 0,59 \text{ м/с;}$$

$$w_n = 0,8 \cdot \left(\frac{0,42}{0,6} \right)^2 = 0,39 \text{ м/с.}$$

У результаті побудови горизонтальних і вертикальних відрізків між робочою та рівноважною лініями (див. Додаток А) отримуємо таке число теоретичних тарілок: у верхній частині $N'_m = 6$ шт.; у нижній частині $N''_m = 2$ шт.

Число дійсних тарілок можна визначити за допомогою к.к.д. тарілки:

$$N_d = N_m / \eta, \quad (2.35)$$

де η – середній к.к.д. ковпачкової тарілки [10].

Число дійсних тарілок у колоні складе:

– у верхній частині

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

$$N_{\partial} = 6 / 0,53 \approx 12 \text{ шт.}$$

– у нижній частині

$$N_{\partial} = 2 / 0,53 \approx 4 \text{ шт.}$$

Висота тарільчастої частини колони залежить від числа дійсних тарілок N_d і прийнятої відстані між ними:

$$H_T = (N_{\partial} - 1) \cdot H, \quad (2.36)$$

де $N_{\partial} = 16$ – загальна кількість тарілок у колоні;
 $H = 500$ мм – відстань між тарілками.

$$H_m = (16 - 1) \cdot 500 = 7500 \text{ мм.}$$

На підставі практичних даних [10] відстань між верхньою кришкою колони і її верхньою зміцнюючою тарілкою приймається 600 мм; висота секції живлення становить 1200 мм; відстань між нижнім днищем та нижньою відгінною тарілкою 900 мм.

Таким чином, загальна висота колони складе 9700 мм (без урахування опори).

Діаметр патрубку визначається за формулою [10]:

$$D = \sqrt{\frac{G}{\rho \cdot 3600 \cdot 0.785 \cdot \omega}}, \quad (2.37)$$

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

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		33

Швидкість пари приймається в межах 10–15 м/с, швидкість рідини 0,5–2 м/с [8].

Діаметри патрубків для входу і виходу парів:

$$d_v = \sqrt{\frac{0,169}{1,0 \cdot 0,785 \cdot 12}} = 0,134 \text{ м.}$$

Приймаємо діаметри патрубків $d_v = 150$ мм.

Діаметр патрубка для входу флегми:

$$d_R = \sqrt{\frac{0,122}{963 \cdot 0,785 \cdot 0,5}} = 0,018 \text{ м.}$$

Приймаємо діаметр патрубка $d_R = 20$ мм.

Діаметр патрубка для входу вихідної суміші:

$$d_f = \sqrt{\frac{0,347}{965 \cdot 0,785 \cdot 0,5}} = 0,03 \text{ м.}$$

Приймаємо діаметр патрубка $d_f = 32$ мм.

Діаметр патрубка для виходу кубового залишку:

$$d_w = \sqrt{\frac{0,30}{966 \cdot 0,785 \cdot 0,5}} = 0,028 \text{ м.}$$

Приймаємо діаметр патрубка $d_w = 32$ мм.

2.3 Гідравлічні розрахунки

Визначаємо гідравлічний опір тарілки за методикою, що представлена у джерелі [10]. Відстань між тарілками $H_T = 0,5$ м.

Визначаємо навантаження за парою і навантаження за рідиною тарілки:

$$G_n = 0,169 \text{ кг/с};$$

$$G_p = 0,347 + 0,122 = 0,469 \text{ кг/с}.$$

За даними табл. 8.6 [10] вибираємо тарілку типу ТСК-1 для колони діаметром $D = 600$ мм. Ця тарілка має наступні параметри: робоча площа тарілки $F_p = 0,125 \text{ м}^2$; площа проходу парів $F_0 = 0,027 \text{ м}^2$; площа зливу $F_{зл} = 0,12 \text{ м}^2$; периметр зливу $\Pi = 0,480$ м; довжина шляху рідини по тарілці $l_p = 0,37$ м; кількість ковпачків на тарілці $m = 13$; діаметр ковпачка $d_k = 80$ мм.

У завдання подальших гідравлічних розрахунків основних параметрів тарілки входить визначення висоти зливного порога $h_{нор}$, підпору рідини над зливним порогом $h_{зл}$, висоти прорізів ковпачка h_{np} і опору тарілки ΔP .

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

$$h_{зл} = 0,68 \cdot \left(\frac{V_p}{\Pi} \right)^{0,67}, \quad (2.38)$$

$$\text{де } V_p = \frac{G_p}{\rho_p} = \frac{0,469}{965} = 4,86 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}.$$

$$h_{зл} = 0,68 \cdot \left(\frac{4,86 \cdot 10^{-4}}{0,480} \right)^{0,67} = 6,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

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

Для визначення висоти зливного порога розраховуємо висоту прорізів у ковпачках за рівнянням:

$$h_{np} = 0,46 \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{V_n}{m \cdot z \cdot b}\right)^2 \cdot \frac{\rho_n}{\rho_p - \rho_n}}. \quad (2.39)$$

Прийmemo ковпачок з прямокутними прорізами шириною $b = 4$ мм. Кількість прорізів в одному ковпачку $z = 20$. Загальна кількість ковпачків на тарілці $m = 13$. За цих даних отримаємо:

$$h_{np} = 0,46 \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{0,169}{13 \cdot 20 \cdot 0,004}\right)^2 \cdot \frac{1,55}{965 - 1,55}} = 0,016 \text{ м.}$$

Приймаємо за табл. 8.4 [10] висоту прорізу $h_{np} = 20$ мм.

У цьому випадку пара буде проходити через повністю відкриті прорізи і частково через нижню кромку ковпачка. Для забезпечення цього прийmemo висоту установки ковпачка $h_y = 10$ мм.

Глибина барботажу при атмосферному тиску складе:

$$h_{z.б.} = \left(\frac{0,7}{\rho_p}\right) \cdot P^{0,35}; \quad (2.40)$$

$$h_{z.б.} = \left(\frac{0,7}{965}\right) \cdot (0,1 \cdot 10^6)^{0,35} = 0,04 \text{ м.}$$

Знаходимо висоту зливного порога за рівнянням:

$$h_{nop} = h_{z.б.} - h_{zl} + h_{np} + h_y, \quad (2.41)$$

$$h_{nop} = 0,04 - 0,0067 + 0,02 + 0,01 = 0,063 \text{ м.}$$

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

Висота піни, що утворюється на тарілці, складе:

$$h_{nn} = \frac{k_2}{\sigma^{0,33}} \cdot (k_3 \cdot w'^2 \cdot \rho_n + k_4 \cdot h_{3л} + h_{nop}), \quad (2.42)$$

де σ – поверхневий натяг рідини на кордоні з парою або газом, Н/м;

Значення коефіцієнтів, що входять в рівняння k_2, k_3, k_4 визначаємо за табл. 8.3 [10] у залежності від типу тарілки. Для ковпачкової тарілки $k_2 = 0,23$, $k_3 = 4,4 \cdot 10^{-2}$, $k_4 = 4,6$.

$$h_{nn} = \frac{0,23}{0,02^{0,33}} \cdot (4,4 \cdot 10^{-2} \cdot 0,39^2 \cdot 1,55 + 4,6 \cdot 0,0067 + 0,063) = 0,087 \text{ м.}$$

Величина відносного унесення рідини:

$$Y = \frac{k_1}{\sigma} \cdot \left(\frac{w'}{H_T - h_{nn}} \right)^{n_1}. \quad (2.43)$$

Значення коефіцієнта k_1 і показника ступеня n_1 також визначаємо за табл. 8.3 [10] у залежності від типу тарілки. Для ковпачкової тарілки $k_1 = 23 \cdot 10^{-5}$, $n_1 = 1,16$.

$$Y = \frac{23 \cdot 10^{-5}}{0,02} \cdot \left(\frac{0,39}{0,5 - 0,087} \right)^{1,16} = 0,01 < 0,1.$$

Отже, відстань між тарілками вибрано правильно.

Дійсне навантаження зливного пристрою за рідиною розраховуємо за рівнянням:

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

$$V_{p.d.} = V_p + \frac{G_n \cdot Y}{\rho_p}, \quad (2.44)$$

$$V_{p.d.} = 4,86 \cdot 10^{-4} + \frac{0,169 \cdot 0,01}{965} = 4,88 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Дійсна величина підпору рідини над зливним порогом:

$$h_{зл.д.} = 0,68 \cdot \left(\frac{4,88 \cdot 10^{-4}}{0,480} \right)^{0,67} = 6,7 \cdot 10^{-3}.$$

Отримана величина не відрізняється від раніше розрахованої.

Перевіримо працездатність зливної пристрою тарілки за умовами:

$$w_{p.зл} = \frac{V_{p.d.}}{F_{зл}} < k_5 \cdot H_T^{n_2}; \quad (2.45)$$

$$w_{p.з.} = \frac{V_{p.d.}}{\Pi \cdot a} < 0,45. \quad (2.46)$$

Значення коефіцієнта k_5 і показника ступеня n_2 визначаємо за табл. 8.5 [10] в залежності від фактору піноутворення рідини: $k_5 = 0,250$, $n_2 = 0,65$.

Для тарілок типу ТСК-1 зазор під зливним стаканом $a = 0,035$ м.

Розрахуємо швидкість рідини в зливному пристрої:

$$w_{p.зл} = \frac{4,88 \cdot 10^{-4}}{0,12} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}.$$

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		38

Далі розраховуємо комплекс:

$$k_5 \cdot H_T^{n_2} = 0,250 \cdot 0,5^{0,65} = 0,159.$$

Отже, умова (2.45) виконується і захлинання зливного пристрою не відбудеться.

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

$$w_{p.z.} = \frac{4,88 \cdot 10^{-4}}{0,480 \cdot 0,035} = 0,029 \frac{m}{c} < 0,45 \frac{m}{c}.$$

Із розрахунків виходить, що обрана однопоточна тарілка забезпечить нормальну роботу зливних пристроїв.

Опір сухої тарілки визначаємо за рівнянням:

$$\Delta P_c = \zeta_c \cdot \rho_n \cdot \frac{w_0^2}{2}, \quad (2.47)$$

де швидкість пари в парових патрубках

$$w_0 = \frac{V_n}{F_0}; \quad (2.48)$$

$$w_0 = \frac{0,109}{0,027} = 4 \text{ м/с.}$$

Коефіцієнт опору для ковпачка діаметром $D = 80$ мм складе

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		39

$$\xi_c = 1,73 \cdot D^{-0,25}; \quad (2.49)$$

$$\xi_c = 1,73 \cdot 0,08^{-0,25} = 3,25;$$

$$\Delta P_c = 3,25 \cdot 1,55 \cdot \frac{4^2}{2} = 40 \text{ Па.}$$

Величина перепаду рівня рідини на тарілці:

$$\Delta h = 0,1 \cdot \lambda_e \cdot \frac{l_p \cdot V_{p.д.}^2}{\Pi^2 \cdot (h_{нор} + h_{зл.д.})^3 \cdot g}, \quad (2.50)$$

де λ_e – еквівалентний коефіцієнт опору перетоку рідини по тарілці. Для нормалізованих тарілок з капсульними ковпачками можна прийняти $\lambda_e \approx 16 \cdot l_p$.

$$\Delta h = 0,1 \cdot 16 \cdot 0,37 \cdot \frac{0,37 \cdot (4,88 \cdot 10^{-4})^2}{0,480^2 \cdot (0,063 + 6,7 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 9,81} = 6,8 \cdot 10^{-5} \text{ м.}$$

Опору шару рідини на тарілці розраховуємо за рівнянням:

$$\Delta P_p = \left(h_{с.б.} + \frac{h_{np} + \Delta h}{2} \right) \cdot \rho_p \cdot g; \quad (2.51)$$

$$\Delta P_p = \left(0,04 + \frac{0,020 + 6,8 \cdot 10^{-5}}{2} \right) \cdot 965 \cdot 9,81 = 474 \text{ Па.}$$

Загальний опір тарілки дорівнює:

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

$$\Delta P = \Delta P_c + \Delta P_p ; \quad (2.52)$$

$$\Delta P = 40 + 474 = 514 \text{ Па.}$$

Гідрравлічний опір усієї колони:

$$\Delta P_K = (N_{HP} + N_{BP}) \cdot \Delta P ; \quad (2.53)$$

$$\Delta P = (4 + 12) \cdot 514 = 8224 \text{ Па.}$$

2.4 Вибір допоміжного обладнання

Розрахунок і підбір насосу для подачі вихідної суміші у колону [11].

Для всмоктуючого і напірного трубопроводів приймаємо однакову швидкість течіння рідини, як дорівнює $w = 1,5$ м/с.

Діаметр трубопроводу визначаємо за рівнянням:

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

де V – об’ємна витрата суміші, що подається в колону, м³/с.

$$V = \frac{0,347}{960} = 3,61 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с};$$

$$d = \sqrt{\frac{3,61 \cdot 10^{-4}}{0,785 \cdot 1,5}} = 0,0175 \text{ м.}$$

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

Приймаємо стандартизований діаметр трубопроводу 20 мм.
Визначаємо критерій Рейнольдса для рідини у трубопроводі:

$$\text{Re} = \frac{w \cdot d \cdot \rho_p}{\mu}; \quad (2.55)$$

$$\text{Re} = \frac{1,5 \cdot 0,02 \cdot 960}{6,5 \cdot 10^{-4}} = 44308,$$

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

$$e = \frac{\Delta}{d} = \frac{2 \cdot 10^{-4}}{0,02} = 0,01; \quad \frac{1}{e} = 100; \quad 560 \cdot \frac{1}{e} = 56000; \quad 10 \cdot \frac{1}{e} = 1000.$$

Для зони, що є автотомельною по відношенню до Re:

$$\lambda = 0,11 \cdot e^{0,25}, \quad (2.56)$$

$$\lambda = 0,11 \cdot 0,01^{0,25} = 0,035.$$

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° $\xi_2 = 2 \cdot 1,1 = 2,2$.

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

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

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

Для напірної лінії:

- 1) вентиль прямоточний $\xi_1 = 0,65$;
- 2) 3 коліна з кутом 90° $\xi_2 = 3 \cdot 1,1 = 3,3$;
- 3) 1 кожухотрубний теплообмінник $\xi_3 = 3,05$;
- 4) вихід з труби $\xi_4 = 1$.

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

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

Втрату напору у всмоктуючій лінії знаходимо за рівнянням:

$$h_{П.ВС.} = \left(\lambda \cdot \frac{l}{d_E} + \Sigma \xi \right) \cdot \frac{w^2}{2 \cdot g}, \quad (2.57)$$

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

$$h_{П.ВС.} = \left(0,035 \cdot \frac{4}{0,02} + 2,7 \right) \cdot \frac{1,5^2}{2 \cdot 9,81} = 1,1 \text{ м.}$$

Втрата напору в напірній лінії:

$$h_{П.НАП.} = \left(0,035 \cdot \frac{7,5}{0,02} + 8 \right) \cdot \frac{1,5^2}{2 \cdot 9,81} = 2,4 \text{ м.}$$

Загальні втрати напору:

$$h_{П.} = h_{П.ВС.} + h_{П.НАП.}; \quad (2.58)$$

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
						43
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$h_{II} = 1,1 + 2,4 = 3,5 \text{ м.}$$

Знаходимо напір насосу за рівнянням:

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho_{ж} \cdot g} + H_r + h_{II}, \quad (2.59)$$

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

H_r – геометрична висота піднімання рідини, м.

$$H = 0 + 4,5 + 3,5 = 8 \text{ м.}$$

Корисну потужність насосу визначаємо за рівнянням:

$$N_{II} = \rho_p \cdot g \cdot V \cdot H, \quad (2.60)$$

$$N_{II} = 960 \cdot 9,81 \cdot 3,61 \cdot 10^{-4} \cdot 8 = 27,2 \text{ Вт.}$$

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

$$N = \frac{N_{II}}{\eta_{пер} \cdot \eta_n}, \quad (2.61)$$

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

					<i>XI.P.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		44

$$N = \frac{27,2}{1 \cdot 0,6} = 45,3 \text{ Вт.}$$

Вибираємо відцентровий насос марки НМШ 8-3,5/18-5 із наступними параметрами: об'ємна подача насосу 3,5 м³/год.; напір насосу 18 м; потужність, яку потребує насосом 5,25 кВт; частота обертів 1050 об/хв.

Розрахунок і вибір ємності для вихідної суміші [10]. Ємність для зберігання вихідної суміші розраховуємо, виходячи із 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:

$$V_{EP} = \frac{G \cdot \tau}{\psi \cdot \rho}; \quad (2.62)$$

$$V_{EP} = \frac{1250 \cdot 7}{0,82 \cdot 960} = 11,1 \text{ м}^3.$$

Задамося діаметром ємності $D = 2,2$ м, тоді її висота буде становити:

$$H = \frac{V_{EP}}{0,785 \cdot D^2}, \quad (2.63)$$

$$H = \frac{11,1}{0,785 \cdot 2,2^2} = 3 \text{ м.}$$

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

РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНКИ АПАРАТА НА МІЦНІСТЬ

3.1 Розрахунок товщини стінки корпусу апарата

Основні розрахункові параметри: усереднена температура середовища становить 105°C; робоча температура стінки (приймаємо на 5°C меншою) дорівнює 100°C; робочий тиск у колоні 0,1 МПа.

Розрахунковий тиск для апаратів з робочим надлишковим тиском $P > 0,07$ МПа відповідно до рекомендацій наведених у [12] складе:

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

Пробний тиск при гідравлічному випробуванні [13]:

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

де $[\sigma]_{20}, [\sigma]$ – допустиме напруження для сталі 12X18Н10Т при температурі 20°C і температурі 100°C відповідно [12]: $[\sigma]_{20} = 160$ МПа; $[\sigma] = 152$ МПа.

$$P_{np} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,5 \cdot 0,11 \cdot 160 / 152 \\ 0,11 + 0,3 \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,17 \\ 0,41 \end{array} \right\} = 0,41 \text{ МПа.}$$

Розрахункове значення для модуля поздовжньої пружності для сталі 12X18Н10Т [12]: $E_{20} = 2 \cdot 10^5$ МПа; $E = 2 \cdot 10^5$ МПа.

Коефіцієнт міцності зварного шва, згідно [12], складе: $\varphi = 0,9$.

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

Товщина стінки циліндричної обичайки, навантаженої внутрішнім надлишковим тиском [12]:

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

$$S_{\kappa} = \frac{0,41 \cdot 0,6}{2 \cdot 152 \cdot 0,9 - 0,41} = 9 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Виконавча товщина стінки [13]:

$$S \geq S_{\kappa} + C, \quad (3.4)$$

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 $\tau = 10$ років складе

$$C_1 = \Pi \cdot \tau = 0,1 \cdot 10 = 1,0 \text{ мм};$$

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.

					<i>XI.P.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
						47
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C = 1,0 + 0 + 0 = 1,0 \text{ мм};$$

$$S = 0,0009 + 0,001 = 0,0019 \text{ м.}$$

Приймаємо $S = 4 \text{ мм}$.

Допустимий внутрішній надлишковий тиск:

$$[P] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \phi_p \cdot (S - C)}{D + (S - C)}; \quad (3.6)$$

$$[P] = \frac{2 \cdot 152 \cdot 0,9 \cdot (0,0041 - 0,001)}{1 + (0,0041 - 0,001)} = 0,85 \text{ МПа.}$$

Умова міцності виконується:

$$P < [P]: 0,41 \text{ МПа} < 0,85 \text{ МПа.}$$

3.2 Розрахунок товщини стінки кришки апарата

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

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

де $R = D$ (для еліптичних днищ) – радіус кривизни у вершині днища [12].

$$S_R = \frac{0,41 \cdot 0,6}{2 \cdot 152 \cdot 0,9 - 0,5 \cdot 0,41} = 9 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

					<i>XI.P.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		48

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

$$C = 1,0 + 0 + 0 = 1,0 \text{ мм};$$

$$S = 0,0009 + 0,001 = 0,0019 \text{ м.}$$

Також приймаємо $S = 4 \text{ мм}$.

3.3 Розрахунок опори апарата

Визначимо навантаження порожнього апарату на опору за формулою:

$$Q_{an} = M_{an} \cdot g, \quad (3.8)$$

де M_{an} – маса порожнього апарату, кг;

$$M_{an} = M_k + M_{дн} + M_{кр} + M_m + M_{фл}, \quad (3.9)$$

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

Маса циліндричного корпусу становить:

$$M_k = H \cdot \pi \cdot D \cdot s \cdot \rho, \quad (3.10)$$

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

$$M_k = 9,7 \cdot 3,14 \cdot 0,6 \cdot 0,004 \cdot 7800 = 570 \text{ кг.}$$

Маса еліптичної кришки (днища):

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		49

$$M_{\text{дн}} = M_{\text{кр}} = F \cdot s \cdot \rho, \quad (3.11)$$

де $F=0,79 \text{ м}^2$ – площа внутрішньої поверхні еліптичної кришки (днища).

$$M_{\text{дн}} = M_{\text{кр}} = 0,79 \cdot 0,004 \cdot 7800 = 25 \text{ кг.}$$

Маса контактних тарілок:

$$M_m = N_{\text{д}} \cdot m_m, \quad (3.12)$$

де $m_m = 36,3 \text{ кг}$ – маса тарілки ТСК-1 діаметром 600 мм.

$$M_m = 16 \cdot 36,3 = 580 \text{ кг.}$$

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

Таким чином, маса порожнього апарату складе:

$$M_{\text{ан}} = 570 + 2 \cdot 25 + 580 + 1000 = 2200 \text{ кг.}$$

Вага порожнього апарата складе:

$$Q_{\text{ан}} = 2200 \cdot 9,81 = 21582 \text{ Н.}$$

Навантаження апарату на опору під час гідравлічних випробувань:

$$Q_{\text{ан}}^{\text{с}} = (M_{\text{ан}} + M_{\text{с}}) \cdot g, \quad (3.13)$$

де $M_{\text{с}}$ – маса залитої в апарат води, кг.

					ХІ.Р.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		50

$$M_g = V \cdot \rho_g, \quad (3.14)$$

де V – об'єм апарату, м^3 :

$$V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H = \frac{3,14 \cdot 0,6^2}{4} \cdot 9,7 = 2,74 \text{ м}^3;$$

$$M_g = 2,74 \cdot 1000 = 2740 \text{ кг.}$$

Вага апарату під час його гідравлічних випробувань:

$$Q_{an}^g = (2200 + 2740) \cdot 9,81 = 48461 \text{ Н.}$$

Вибираємо за [12] циліндричну опору другого типу.

					<i>XI.P.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		51

РОЗДІЛ 4

МОНТАЖНІ ТА РЕМОНТНІ РОБОТИ [13]

При монтажі повністю зібраного апарата спочатку апарат збирається із блоків, а потім приварюється опора. Частина 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 (див. рис. 4.1), які після прихватки стику короткими звареними швами зрізають газокисневим різанням.

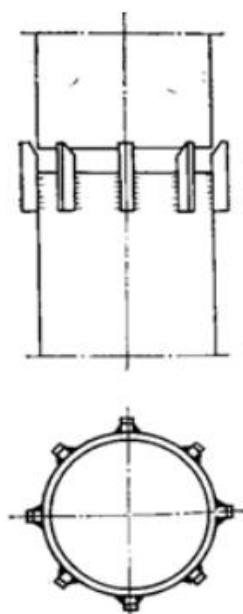


Рисунок 4.1 – Стиковка обичайок

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

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		52

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 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 (рис. 4.2).

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.

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		53

– 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.

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

					<i>XI.P.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		55

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 (сегментам). 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 легкого обстукування молотком вагою від 0,5 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 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.

					<i>XI.P.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		56

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Пожежна профілактика під час проектування і будівництва промислових підприємств. Класифікація приміщень за ступенем пожежної небезпеки та вибухопожежонебезпеки.

Пожежі та вибухи на промислових об'єктах становлять велику небезпеку для персоналу цих об'єктів та населення і можуть завдати величезних матеріальних збитків. Питання забезпечення пожежної безпеки виробничих та споруд мають велике значення та регламентуються спеціальними державними рішеннями та постановами. Пожежна безпека може бути забезпечена заходами пожежної профілактики та активного пожежного захисту [14].

Поняття пожежної профілактики включає комплекс заходів, вкладених у попередження виникнення пожежі та створення умов запобігання шкоди від них. Під **активним пожежним захистом** розуміються заходи, що забезпечують успішну боротьбу із пожежами або вибухонебезпечною ситуацією [14].

При пожежі на промислових підприємствах створюється складна обстановка для пожежогасіння, тому потрібна розробка комплексу заходів та протипожежного захисту. Цей комплекс включає заходи профілактичного характеру та влаштування систем пожежогасіння. Пожежна профілактика є складовою частиною технологічних процесів виробництва, містобудування, планування та забудови населених пунктів. Її заходи враховуються при проектуванні, будівництві, реконструкції, експлуатації об'єктів, будівель, споруд, транспортних засобів та у побуті. Організацією пожежної профілактики займаються органи Державного пожежного нагляду [14].

Пожежна профілактика досягається [14]:

- розробкою, використанням пожежних правил на об'єктах і контролю над їх дотриманням;
- веденням конструювання та проектування створюваних об'єктів із урахуванням їхньої пожежної безпеки;

- удосконаленням та утриманням у готовності протипожежних засобів;
- регулярним проведенням пожежно-технічних обстежень об'єктів, житлових та громадських будівель;
- пропагування пожежно-технічних знань серед населення.

Заходи щодо пожежної профілактики поділяються на **організаційні, технічні, режимні та експлуатаційні.**

Організаційні заходи передбачають [15]:

- правильну експлуатацію обладнання та транспорту;
- правильне утримання будівель, споруд та території;
- протипожежний інструктаж робітників та службовців об'єкта;
- організацію добровільних пожежних формувань, пожежно-технічних комісій;
- видання наказів із питань посилення пожежних формувань тощо.

До технічних заходів відносяться [15]:

- дотримання протипожежних правил та норм при проектуванні будівель, влаштуванні електропроводів та обладнання, опалення, вентиляції, освітлення;
- правильне розміщення устаткування.

Заходи режимного характеру – це заборона куріння у невстановлених місцях виробництва зварювальних та інших вогневих робіт у пожежонебезпечних приміщеннях [15].

Експлуатаційними заходами є своєчасні профілактичні огляди, ремонти та випробування технологічного обладнання [15].

Пожежна профілактика на промислових об'єктах організується на основі загальних вимог до всіх об'єктів, а також відповідно до категорії пожежної небезпеки технологічних процесів на кожному із них.

Підвищити вогнестійкість будівель і споруд можна облицюванням або оштукатурюванням металевих конструкцій, захистом дерев'яних конструкцій

оштукатурюванням (вапняно-цементне, азбоцементне, гіпсове покриття або просочування їх антипіренами (фосфорно-кислий амоній, сірчано-кислий) [14].

Влаштування протипожежних розривів між будинками. Величини протипожежних розривів між основними та допоміжними будинками визначають з урахуванням їхньої вогнестійкості вони можуть перебувати в межах від 9 до 18 метрів [14].

Зонування території. Цей захід полягає у групуванні при генеральному плануванні підприємств в окремі комплекси об'єктів, споріднених за функціональним призначенням та ознакою пожежної небезпеки [14].

Влаштування внутрішньозаводських доріг, які повинні забезпечувати безперешкодний зручний проїзд пожежних автомобілів до будь-якої будівлі об'єкта; вибір місць розташування пожежних депо. Одна зі сторін підприємства повинна примикати до дороги загального користування.

Влаштування внутрішнього протипожежного водопроводу та установок пожежогасіння, пожежної сигналізації [14]:

- заміна займистих перекриттів на вогнетривкі;
- встановлення електрообладнання в пиловологонепроникному виконанні;
- систематизація зберігання горючих матеріалів, створення буферних складів, що унеможливають накопичення горючих матеріалів на робочих місцях;
- відділення особливо небезпечних технологічних ділянок виробництва протипожежними перешкодами (протипожежні стіни, перекриття, люки, двері, ворота, тамбур-шлюзи та вікна).

Протипожежні стіни виконуються з вогнетривких матеріалів і повинні мати межу вогнестійкості не менше 2,5 год. і спиратися на фундаменти. Протипожежні двері, вікна та ворота у протипожежних стінах повинні мати межу вогнестійкості не менше 1 години, а протипожежні перекриття – не менше 1 години. Перекриття не повинні мати отвори, через які можуть проникати в приміщення продукти горіння при пожежі [15].

Також у чистоті та справності підтримуються шляхи евакуації людей під час пожежі. При виникненні пожежі люди повинні залишити будівлю в мінімальний час, що визначається найкоротшою відстанню від їхнього місцезнаходження в будівлі до зовнішнього виходу. Число евакуаційних виходів із будівель, приміщень та кожного поверху будівлі визначається розрахунком, але має становити не менше двох. Виходи повинні бути розосереджені [14].

Приміщення виробничого та складського призначення незалежно від їх функціонального призначення за пожежною та вибухопожежною небезпекою поділяються на наступні категорії [16]:

1. Підвищена вибухопожежобезпечність (А). Характеризуються присутністю в них горючих газів, легкозаймистих рідин з температурою спалаху не більше 28°C у такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні парогазоповітряні суміші, та деякими іншими показниками.

2. Вибухопожежобезпечність (Б). Характеризуються присутністю в них горючих пилів або волокон, легкозаймистих рідин з температурою спалаху понад 28°C та деякими іншими показниками.

3. Пожежна небезпека (В1 – В4). Характеризуються присутністю в них горючих та важкогорючих рідин, твердих горючих та важкогорючих речовин та матеріалів (у тому числі пилів та волокон) та деякими іншими показниками.

4. Помірна пожежна небезпека (Г). Характеризуються присутністю в них негорючих речовин та матеріалів у гарячому, розпеченому чи розплавленому стані.

5. Знижена пожежна небезпека (Д). Характеризуються присутністю в них негорючих речовин та матеріалів у холодному стані.

Методи визначення категорій приміщень А і Б, віднесення приміщень до категорій В1, В2, В3 або В4 встановлені Зведенням правил «Визначення категорій приміщень, будівель та зовнішніх установок із вибухопожежної та пожежної небезпеки» (СП 12.13130.2009) [16].

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		60

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

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

13. 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.

14. Пожежна профілактика при проектуванні та будівництві промислових підприємств [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://studfile.net/preview/9122947/page:5/>

15. Пожежна профілактика при проектуванні та будівництві промислових підприємств. Вогнестійкість будівельних конструкцій [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://studfile.net/preview/4520361/page:8/>

16. Охрана труда в машиностроении : Учебн. для машиностр. вузов / Под ред. Юдина Е. Я., Белова С. В. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1983. – 432 с.

					XI.P.00.00.00 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		62