

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

Кафедра "Процеси та обладнання хімічних
і нафтопереробних виробництв"

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри

підпис, дата

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

Тема роботи: Ректифікаційна установка у виробництві
етилового спирту. Розробити епюраційну колону з
ковпачковими тарілками.

Виконав:
студент групи ХМдн-54-чк
Марціновський Дмитро Віталійович

Підпис

Залікова книжка
№ _____

Кваліфікаційна робота бакалавра
захищена на засіданні ЕК

Керівник:
ст.викладач

з оцінкою _____

Корнієнко Віктор Миколайович

" ____ " _____ 20__ р.

підпис, дата

Підпис голови
(заступника голови) комісії

СУМИ 2020

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра процесів та обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв

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

Курс 3 Група ХМдн-54-чк Семестр

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студент Марціновський Дмитро Віталійович

1 Тема проекту: Ректифікаційна установка у виробництві етилового спирту. Розробити епюраційну колону з ковпачковими тарілками.

2 Вихідні дані: Розробити епюраційну колону з ковпачковими тарілками. Продуктивність 2500 дал /добу. Вміст ЛЛК (% мол.): у початковій суміші –19,34; на верхній тарілці–86,254. Робочий тиск-0,102Мпа.

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

- | | |
|--|-------------------|
| <u>1. Технологічна схема ректифікаційної установки</u> | <u>– 1, 0арк.</u> |
| <u>2. Складальне креслення апарату</u> | <u>– 1,0 арк.</u> |
| <u>3. Складальні креслення вузлів</u> | <u>– 1,0 арк.</u> |

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. Малежик І.Ф. Процеи і апарати харчових виробництв. Курсове проектування/ І.Ф. Малежик. –К. :НУХТ, 2012. –544с.

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 2019 р.

Керівник

ст. викл. Корнієнко В.М.

підпис

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Технологічна частина	
1.1 Опис технологічної схеми виробництва.....	5
1.2 Теоретичні основи процесу.....	6
1.3 Опис об'єкту розроблення та вибір основних конструктивних матеріалів.....	12
2 Технологічні розрахунки процесу і апарата	
2.1 Матеріальний та тепловий баланси процесу.....	15
2.2 Технологічні розрахунки.....	19
2.3 Конструктивні розрахунки.....	22
2.4 Гідрравлічний опір апарата.....	30
2.5 Вибір допоміжного обладнання.....	34
3 Розрахунки апарата на міцність та герметичність	
3.1 Визначення товщини стінки апарата, кришки.....	38
3.2 Розрахунок і фланцевого з'єднання.....	41
3.3. Розрахунок та вибір опори апарата.....	53
4 Монтаж та ремонт апарата	
4.1 Монтаж розробленого апарата.....	56
4.2 Ремонт апарата.....	64
5 Охорона праці.....	66
Висновки.....	73
Список літератури.....	74
Додаток А - Специфікації	

					ПОХНВ.Р.00.00.00 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата				
Розроб.		Марціновський			Ректифікаційна установка у виробництві етилового спирту. Розробити епюраційну колону з ковпачковими тарілками .	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Корнієнко					3	74
Н. контр.		Корнієнко			СумДУ, гр. ХМдн-54чк			
Затв.		Складінський						

ВСТУП

Основним напрямом розвитку економіки нашої країни являється всебічне підвищення ефективності виробництва. Вітчизняні технології не поступаються за ефективністю кращим досягненням європейських держав, вони передбачають виробництво харчових продуктів широкого асортименту та високої якості.

Але наявне устаткування переважно має низькі техніко-економічні показники (не високу продуктивність, велику матеріальну та енергетичну ємність), що обумовлює підвищення собівартості та зниження якості продукції.

Спиртове та лікєро-горілочне виробництво в Україні – одна з важливих галузей харчової промисловості, від якої значною мірою залежить надходження коштів до Державного бюджету. В країні створено потужну виробничо-технічну базу з виробництва спирту, що налічує 80 спиртових заводів загальною потужністю понад 68 млн. дал спирту на рік.

Нині практично всі українські виробники спирту об'єднані в державний концерн «Укрспирт», до якого входять 8 обласних державних об'єднань спиртової та лікєро-горілочної промисловості.

Ємність алкогольного ринку України спеціалісти оцінюють у 32-33 млн. дал горілки та міцних лікєро-горілочаних напоїв на рік

Прискорення науково-технічного прогресу в спиртовій промисловості вимагає створення безвідходних технологій, максимальної механізації і автоматизації виробництва, втілення нових видів високопродуктивного обладнання та підвищення якості продукції.

Однією з найголовніших операцій при виробництві спирту є його перегонка на браго-ректифікаційних установках (БРУ). Саме від типу БРУ залежить міцність і якість спирту. Найпоширенішими є трьохколонні установки, які включають в себе бражну, епюраційну та ректифікаційну колони. [1]

В даній кваліфікаційній роботі бакалавра передбачена розробка епюраційної колони з ковпачковими контактними пристроями.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис технологічної схеми виробництва [2]

Для виділення спирту з бражки і його очищення застосовується ректифікація. Ректифікацією називається процес поділу суміші, що складаються з двох чи більшого числа компонентів, киплячих при різних температурах.

Ректифікація застосовується для розділення рідких сумішей на компоненти або фракції, що розрізняються летючістю (фугітивністю), і здійснюється шляхом багаторазового двостороннього масо - та теплообміну між протитічно рухомими паровими та рідинними (флегма) потоками.

Взаємодія фаз при ректифікації являє собою дифузію легколеткого компонента з рідини в пару і важколеткого компонент з пари в рідину. Спосіб контактування парів може бути ступінчастим (в тарілчастих колонах) або безперервним (в насадкових колонах).

В даній кваліфікаційній роботі з бродильного відділення бражку насосом подають в підігрівач бражки(поз.5), де підігрівається парами бражного дистилята з бражної колони(поз.1) до 82-86 °С. Підігріта бражка з підігрівача направляється в сепаратор CO₂ (поз.4), а з нього направляють через оглядовий ліхтар на 23 тарілку живлення бражної колони(поз.1), а діоксид вуглецю в суміші з водо спиртовим паром відводять послідовно через конденсатори(поз.7) та спиртовий вловлювач (поз.11) бражної колони в атмосферу. Водноспиртовий конденсат з підігрівача бражки через гідрозатвор відводять безпосередньо в епюраційну колону. При цьому частина дистиляту в кількості 2,0-2,5 літрів на 1 дал спирту для її зрошення флегмою, регулюючи кількість ротаметром.

В бражній колоні з бражки виділяють спирт і легкі компоненти бражки. Барду відводять з куба колони через гідрозатвор у випарювач. З нього барду температурою 78-82 °С виводять через барометричний затвор у збірник барди. Пар самовипарювання барди з гострим паром пароструйного інжектора

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

направляють під нижню тарілку бражної колони для її обігріву. Бражна колона(поз.) гріється через барботер.

Бражний дистилят подається на тарілку живлення епюраційної колони(поз.8).

Водноспиртовий пар з епюраційної колони відводять послідовно в дефлегматор (поз.10), конденсатор(поз. 11) , спиртоловушку(поз.15). Флегма із дефлегматора, конденсатора на верхню тарілку епюраційної колони. Головну фракцію відводять до холодильника(поз.13) для охолодження, з холодильника до ротаметра і потім через ліхтар, контрольний спирто вимірювальний пристрій відводять у спиртоприймальне відділення.

1.2 Теоретичні основи процесу [3]

Для виділення спирту з бражки і його очищення застосовується ректифікація. Ректифікацією називається процес поділу суміші, що складаються з двох чи більшого числа компонентів, киплячих при різних температурах.

Ректифікація застосовується для розділення рідких сумішей на компоненти або фракції, що розрізняються летючістю (фугітивністю), і здійснюється шляхом багаторазового двостороннього масо - та теплообміну між протитічно рухомими паровими та рідинними (флегма) потоками.

Взаємодія фаз при ректифікації являє собою дифузію легколеткого компонента з рідини в пару і важколеткого компонент з пари в рідину. Спосіб контактування парів може бути ступінчастим (в тарілчастих колонах) або безперервним (в насадкових колонах).

Призначення контактних пристроїв (тарілка, насадка) полягає у створенні умов, що сприяють максимальному наближенню парового і рідинного потоків. Щоб ці потоки могли обмінюватися речовиною і енергією, вони повинні бути не рівноважні один одному. При контактуванні парового і рідинного потоків в результаті масо - і теплообміну величина не рівновесності зменшується, потім потоки відокремлюються один від іншого, і процес продовжується шляхом нового

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

контактування цих фаз вже на іншій суміжній щаблі, з іншими рідкими і паровими потоками. У результаті багаторазово повторення на наступних тарілках (ступенях) контактування, що рухаються в протитоку по висоті колони рідини і пари, складу взаємодіючих фаз істотно змінюється. Паровий потік при русі вгору збагачується легколеткими компонентами, а рідинної, стікаючи вниз, збіднюється їм, тобто збагачується важколеткими компонентами.

При досить великому шляху контактування протилежно рухомих потоків, можна отримати пар, що виходить з верхньої частини колони - порівняно чистий дистилят, а з нижньої частини колони - кубовий залишок (багатий важколеткими компонентами).

Флегма утворюється в результаті часткової концентрації парів, що виходять з верхньої частини колони, у спеціальних теплообмінних апаратах - дефлегматорах - або вводиться в колону у вигляді харчування.

Відношення кількості гарячого (при температурі конденсації) зрошення або флегми (L) до кількості дистиляту (D) називається флегмовим числом (R):

$$R = L / D = (G - D) / D, \quad (1.1)$$

де G - кількість пари, що виходить з колони.

Флегмове число може змінюватися від 0 до ∞ . При R=0 не буде масообміну і збагачення пара легколетучими компонентами. При R = ∞ весь конденсат пари, що виходять з колони, повністю надходить на зрошення. У цьому випадку відбір дистиляту дорівнює нулю, колона працює «на себе» (при встановив процесі нижній продукт колони буде мати той же склад, що і початкове харчування). Практично колона повинна працювати при $0 < R < \infty$.

Процес масообміну між паровим і рідинним потоками на контактних пристроях визначається величиною поверхні контакту фаз (F, м²), середньої різницею концентрацій або середньої рушійною силою процесу (ΔC , кг/кг), коефіцієнт масопередачі (K, кг/(м²•год)):

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M=K \cdot F \Delta C, \quad (1.2)$$

де M - потік речовини, кг/год.

Найчастіше поділювану суміш (живлення) в рідкому, пароподібному або змішаному вигляді подають в середню частину колони. Частину колони, що розташована вище вводу живлення називається концентраційної, а частина, розташована нижче- відгонною, або вичерпною.

Верхня тарілка відгонної частини колони називається тарілкою харчування, або живильної.

Колона, що має концентраційну та отгонну частини, називається повною ректифікаційної колоною.

В такій колоні створюються найбільш сприятливі умови для отримання практично в чистому вигляді обох компонентів бінарної суміші, проте можливо і самостійне дію обох компонентів бінарної суміші, проте можливо і самостійне дію отгонної і концентраційної колон. Такі колони мають неповними.

З нижньої частини неповної відгонної колони в рідкому вигляді відводиться практично чистий важколетучий компонент, над верхньою тарілкою виходить пар, збагачений легколетучими компонентами.

В неповну концентраційну колону поділювану суміш вводять в пароподібному вигляді під нижню тарілку. З верхньої частини концентраційної колони відводять в пароподібному вигляді практично чистий легколетучий компонент, а з нижньої тарілки виходить флегма, кілька збагачена важколетучими компонентами.

На відміну від повної колони ректифікації в неповних колонах для подальшого збагачення дистилляту відгонної колони легколетучими компонентами або залишку концентраційної колони важколетучими компонентами необхідна додаткова ректифікація.

Для розділення багатоконпонентних сумішей застосовуються кілька послідовно працюючих ректифікаційних колон, кожна з яких розділяє надходить в неї суміш на дистиллят, що складається з одного або декількох легколетучих

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

компонентів, і залишків з одного або декількох важколетучих компонентів. Наприклад, для поділу суміші, що складається з трьох компонентів, на практично чисті складові необхідні дві повні колони.

У першій з них (варіант 1) суміш може, ділитися на чистий легколетучий компонент А, відбирається у вигляді дистиляту у верхній частині колони, і два менш летких компонентів Б+В, що відбираються у вигляді залишку в нижній частині колони. У другій колоні залишок з першої колони, що складається з двох компонентів, розділяється на свої практично чисті компоненти Б і В. процес поділу може бути організований так, зазначено у другому варіанті. У цьому випадку у другій колоні підлягає поділу дистилят першої колони.

В загальному випадку для розділення суміші з n компонентів вимагає n -1 колон.

Коефіцієнти випаровування суміші і, склади яких виражені в молярних (% мол.), масових (% мас.) або об'ємних (% об.) відсотках, будуть різні. У практиці розрахунок установок для ректифікації спирту зазвичай користуються коефіцієнтами випаровування сумішей, вираженими в молярних або масових відсотках.

У практики виробництва спирту з бражки попередньо відганяють спирт з усіма супутніми летючими домішками.

Для оцінки летючості домішок порівняно з летючістю етилового спирту введено поняття про коефіцієнт ректифікації домішок.

У практиці виробництва спирту з бражки попередньо відганяють спирт з усіма супутніми летючими домішками.

Для оцінки летючості домішок порівняно з летючістю етилового спирту введено поняття про коефіцієнт ректифікації домішок.

$$D_o' = K_{пр.} / C_{e.з} = \beta X / \alpha Y, \quad (1.3)$$

де X і Y - вміст етилового спирту в рідині і парі, %; α і β -вміст домішки в рідині і парі, %;

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$e = Y/X$ - коефіцієнт випаровування спирту; $K_{пр} = \beta / \alpha$ - коефіцієнт випаровування домішки.

Коефіцієнт ректифікації показує, наскільки збільшується чи зменшується в парі вміст домішки по відношенню до етилового спирту в порівнянні з рідиною. Він дозволяє в наочній формі представити поведінку домішки в процесі ректифікації.

Коефіцієнти випаровування і ректифікації домішок залежать від концентрації етилового спирту у водному розчині, з якого виділяються домішки. У зв'язку з тим, що в спирті - сирці вміст домішок невелика (зазвичай в сумі не перевищує 0,5 % від кількості етилового спирту), припускають, що летючість окремих домішок не залежить від наявності в розчині інших домішок.

Для мелясного спирту характерно наявність таких домішок, як етилові ефіри пропіонової, масляної та валеріанової кислот, а також масляного альдегіду, ненасичених альдегідів (кретонного та акролеїну), діацетилу, три метиламіну, диетиламіну, етиламіну та інші сполуки.

При двопотоковому зброджуванні меляси утворюється менша кількість домішок - кислот, ефірів, альдегідів, спиртів і гліцерину, - ніж при однопотоковому.

При переробці крахмалевмісної сировини утворюється менше домішок, ніж при переробці меляси.

Пропіоновоетиловий ефір і діацетил можуть зустрічатися і в зерно-картопляному спирті, але в дуже малих кількостях.

При переробці дефектного сировини якісний і кількісний склад домішок значно змінюється. Так, в бражках, з гостродефектного крохмалистої сировини, крім оцтового альдегіду містяться формальдегід, масляний, кретоновий альдегіди і акролеїн. Різко можуть бути змінені також співвідношення і кількість спиртів; як правило, збільшується їх загальний зміст, різко зростає частка пропілового спирту за рахунок відповідного зменшення ізоамілового. Якщо при переробці нормального крохмалистої сировини зміст його складе 3...10 % від загальної

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кількості спиртів сивушного масла, то при переробці дефектного сировини воно може зрости до 50 %.

Деякі домішки, що зумовлюють певний смак або запах, зберігаються на стадіях виробничого процесу без будь - яких змін. Так, при переробці гнилої картоплі, горілого зерна меляси, забрудненої нафтопродуктами або ворванью, летючими сірчистими сполуками, специфічний запах утримується навіть в ректифікованому продукті. При використанні в якості піногасника соапстока з підвищеним вмістом акролеїну погіршуються аналітичні та дегустаційні показники спирту. Розглянемо умови і місце виникнення основних домішок.

Мета процесу очищення спирту - звільнити його від супутніх летких домішок і отримати спирт стандартної концентрації. Одночасно відбираються домішки повинні бути максимально сконцентровані і звільнені від етилового спирту. В цьому випадку втрати спирту з відходами будуть мінімальні. При традиційному веденні процесу процесу брагоректифікації, щоб очистити етиловий спирт необхідно вилучити головні і кінцеві домішки з нього з найменшою кількістю етанолу в концентрованому вигляді, тим самим забезпечити найбільший вихід ректифікованого спирту.

Звичайно відбирають до 5 % ефіро-альдегідної фракції, 0,3-0,5% сивушного спирту. Вихід ректифікованого спирту при переробці меляси складає біля 95 %. При цьому незначна частка домішок-ефірів, альдегідів та вищих спиртів залишається в ректифікованому спирті. Подача флегми на верхню тарілку колони забезпечує в колоні сталість складу фаз, що взаємодіють на контактних елементах верхньої колони.

При перетіканні флегми з тарілки на тарілку зверху вниз відбувається збіднення рідини низькокиплячим компонентом і збагачення висококиплячим компонентом.

У нижній кубовій частині колони відбувається процес вилучення (відгону) низькокиплячого компонента в парову фазу з початкової суміші.

Цей процес проходить за рахунок тепломасообміну між потоками стікаючої рідини і пари, що утворюється у нижній частині колони при випаровуванні рідини

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

та піднімається вгору. Випаровування частини кубової рідини (ВКК) відбувається у виносному кип'ятильнику - випарнику 4 у результаті подачі в нього гарячого теплоносія. Пари ВКК, що утворилися, подаються під нижню тарілку відгінної частини колони, контактують з рідиною, що стікає зверху, при цьому рідина кипить на тарілці та створює висхідний потік пари ВКК відповідної концентрації при температурі кипіння рідини на тарілці.

1.3 Опис об'єкту розроблення та вибір основних конструктивних матеріалів [7]

Отже, епураційна колона являє собою тепломасообмінний апарат, у якому по висоті колони знизу вгору на тарілках знижується температура кипіння рідини від максимальної в кубовій частині до мінімальної на верхній тарілці концентраційної колони. В нижній частині у колони температура практично дорівнює температурі кипіння ВКК при відповідному тиску в колоні, на верхній тарілці колони температура практично дорівнює температурі кипіння НКК. На кожній тарілці колони встановлюється відповідна концентрація компонентів у рідині та відповідна температура кипіння рідини.

Колона безперервної дії звичайно складається із двох частин:

верхньої - зміцнювальної (концентраційної) 1 і нижньої - вичерпної (відгінної) 2.

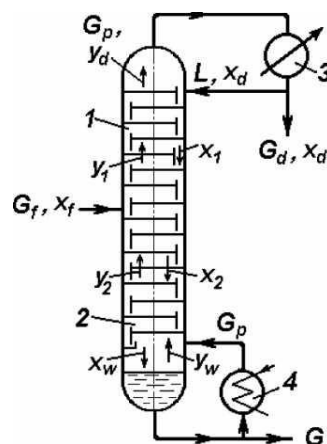


Рис.1.1 - Схема роботи епураційної колони:

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

1- верхня (концентраційна) частина колони; 2 - нижня (відгінна) частина колони; 3 - конденсатор-дефлегматор; 4 - кип'ятильник-випарник

Початкова суміш надходить до колони звичайно підігрітою до температури кипіння та подається на тарілку живлення, розташовану в середній частині між нижньою і верхньою колоною. Пара, що утворюється при кипінні, піднімається вгору по колоні та контактує з рідиною, що стікає зверху вниз.

Під час руху пари із середньої частини колони у верхню частину відбувається процес поступового збагачення парової фази низькокиплячим компонентом. Висококонцентрована парова фаза виводиться із колони в конденсатор - дефлегматор 3, отриманий в результаті конденсації конденсат частково виводиться як готовий продукт - дистилат, а частково подається на верхню тарілку колони у вигляді флегми.

Подача флегми на верхню тарілку колони забезпечує в колоні сталість складу фаз, що взаємодіють на контактних елементах верхньої колони.

При перетіканні флегми з тарілки на тарілку зверху вниз відбувається збіднення рідини низькокиплячим компонентом і збагачення висококиплячим компонентом.

У нижній кубовій частині колони відбувається процес вилучення (відгону) низькокиплячого компонента в парову фазу з початкової суміші. Цей процес проходить за рахунок тепломасообміну між потоками стікаючої рідини і пари, що утворюється у нижній частині колони при випаровуванні рідини та піднімається вгору. Випаровування частини кубової рідини (ВКК) відбувається у виносному кип'ятильнику - випарнику 4 у результаті подачі в нього гарячого теплоносія. Пари ВКК, що утворилися, подаються під нижню тарілку відгінної частини колони, контактують з рідиною, що стікає зверху, при цьому рідина кипить на тарілці та створює висхідний потік пари ВКК відповідної концентрації при температурі кипіння рідини на тарілці. При виборі конструкційного матеріалу основним критерієм є його хімічна і корозійна стійкість в заданому середовищі. В переважній більшості випадків вибирають матеріал абсолютно або достатньо стійкий в середовищі при її робочих і розрахункових параметрах і до

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

розрахункових товщин добавляють на корозію відповідні прибавки в залежності від терміну роботи апарата. Разом з тим слід враховувати і інші види корозії (міжкристалічну, точечну, корозійне розтріскування), до яких схильні деякі матеріали в агресивних середовищах.

Другим критерієм при виборі матеріалу є розрахункова температура стінок апарата, а також, якщо ця температура є задовільною для апаратів, які встановлюються на відкритих площадках або в неопалювальному приміщенні, необхідно враховувати абсолютну мінімальну зимню температуру зовнішнього повітря (для географічного району встановлення апарата), при якій апарат може знаходитися під тиском або вакуумом.

Таким чином, вибір матеріалу повинен проводитися із умов його корозійної стійкості в заданому середовищі і робочих параметрів (тиск, температури стінки - розрахункової і мінімально можливої від'ємної, механічного зносу робочих органів). До всього вищесказаного необхідно додати важливий вплив техніко-економічного фактора. Виходячи з цього при всіх рівнозначних факторах, які впливають на вибір конструкційного матеріалу, перевагу необхідно надати найбільш дешевому і доступному, так як ігнорування останнім тягне за собою збільшення вартості апарату.

Харчова промисловість виносить жорсткі вимоги до органолептичних якостей продукції і виключає попадання продуктів корозії в кінцевий продукт. Тому всі частини, які знаходяться в безпосередньому контакті з водно-спиртовими розчинами і парами, повинні бути виготовленні із високолегованої харчової сталі 12Х18Н10Т ГОСТ 9941-81. А інші, по можливості, із сталі звичайної якості Ст3 ГОСТ 380-94. В якості матеріалу для прокладки слід використовувати параніт.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРОЦЕСУ І АПАРАТА

2.1 Матеріальний та баланси баланси процесу [3]

Визначення продуктів:

Прихід

- бражний дистилят

$$G_f = \frac{7,893 \cdot G_{y.sp}(1+q_{пот})}{x_f} \quad (2.1)$$

де 7,893 – відносна щільність 1 дал безводого спирту до 1 л води(щільність етилового спирту, кг/дал)

$$G_f = \frac{7,893 \cdot 2500 \cdot (1 + 0,008)}{0,4} = 49725,8 \left(\frac{\text{кг}}{\text{добу}} \right) = 2071,9 \text{ кг/год}$$

G_f - флегма з дефлегматора;

P_3 - гріюча пара.

$$P_3 = P_{уд} \cdot G_{y.sp} \quad (2.2)$$

$$P_e = 1 \cdot 2500 = 2500 \text{ кг/добу}$$

Разом

$$59671 + F_3 + 25000 = 74725,1 + F_3 \text{ кг/добу}$$

Витрата

- пара на дефлегматор, G_d ;

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

- епюрат, включаючи конденсат пари(тобто відбір головної фракції біля 3%).

Тоді : $G_w=74825,8$ кг/добу

Разом:

$$G_d + G_w = G_d + 74725,8 \text{ кг/сут} \quad (2.3)$$

Прихід тепла

- бражний дистилят

$$Q_f = G_f \cdot i_f \quad (2.4)$$

де i_f - ентальпія бражного дистиляту, кДж/кг

$$i_f=397 \text{ кДж/кг}$$

Тоді

$$Q_f = \frac{49725,8}{24 \cdot 3600} \cdot 397 = 228,5 \text{ кВт}$$

- гріюча пара

$$Q_p = 0,95 \cdot P_3 \cdot i'' \quad (2.5)$$

де i'' – ентальпія гріючої пари, кДж/кг;

0,95 – коефіцієнт, що враховує втрати тепла і міру сухості пари;

$$i'' =2676 \text{ кДж/кг}$$

$$Q_p = 0,95 \cdot \frac{25000}{24 \cdot 3600} \cdot 2676 = 735,6 \text{ кВт}$$

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- флегма

$$Q_F = F_g \cdot i_F \quad (2.6)$$

де i_f – ентальпія флегми, кДж/кг; $i_f = 232$ кДж/кг

$$Q_F = \frac{F_g}{24 \cdot 3600} \cdot 1200 = 1,39 \cdot 10^{-2} F_g \text{ кВт}$$

- епюрат, включаючи конденсат гріючої пари

$$Q_F = G_w \cdot i_w \quad (2.7)$$

де i_w – ентальпія епюрату, кДж/кг;

$$i_w = 420 \text{ кДж/кг}$$

$$Q_p = \frac{74725,8}{24 \cdot 3600} \cdot 420 = 363,3 \text{ кВт}$$

Разом:

$$Q_F + Q_w = 1,39 \cdot 10^{-2} \cdot F_g + 363,3 \text{ кВт}$$

Визначаємо інші теплові потоки:

$$Q_F = 2,7 \cdot 10^{-3} \cdot 53643 = 144,8 \text{ кВт}$$

$$Q_F = 1,39 \cdot 10^{-2} \cdot 53643 = 745,6 \text{ кВт}$$

Перевіряємо тепловий баланс

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_f + Q_p + Q_F = Q_F + Q_w \quad (2.8)$$

$$228.5 + 735.6 + 144.8 = 745.6 + 363.3$$

1108,9=1108,9 - тепловий баланс вірний.

$$G_f + F_3 + P_3 = G_d + G_w \quad (2.9)$$

$$49725,8 + 53643 + 25000 = 53643 + 74725,8$$

154046=154046 - матеріальний баланс вірний

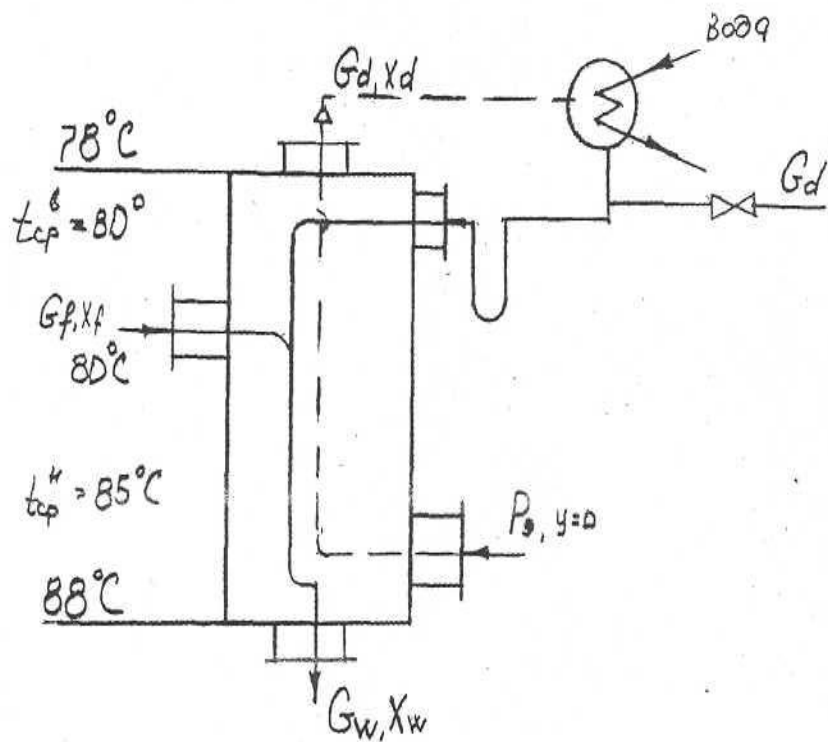


Рис.2.1 Схема теплових і матеріальних потоків

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2.2 Технологічні розрахунки [3]

Положення робочих ліній процесу ректифікації залежить від величини флегмового числа і визначається рівняннями:

- для верхньої (зміцнюючою) частини колони:

$$y = \frac{R}{R+1} \cdot x + \frac{x_d}{R+1} \quad (2.10)$$

- для нижньої частини(вичерпною)

-

$$y = \frac{F+R}{R+1} \cdot x - \frac{F-1}{R+1} \cdot x_w \quad (2.11)$$

Тоді, підставляючи отримані значення в рівняння отримаємо:

$$G_B = \frac{53643}{24 \cdot 3600} \cdot (2.44 + 1) \frac{34.84}{41} = 1.81 \text{ кг/с}$$

$$G_H = \frac{53643}{24 \cdot 3600} \cdot (2.44 + 1) \frac{25.02}{41} = 1.30 \text{ кг/с}$$

Швидкість пари і діаметр колони.

Орієнтовний діаметр колони визначений по рівнянню витрати:

$$D = \sqrt{\frac{4G}{\pi \cdot w \cdot \rho_n}} \quad (2.12)$$

де w - швидкість пари в колоні, м/с;

ρ_n – середня щільність пари, кг/м³ .

Гранично-допустиму швидкість пари в колоні визначаємо по залежності

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$w_y = 0,05 \sqrt{(\rho_{ж} - \rho_{п}) \rho_{п}} \quad (2.13)$$

де $\rho_{ж}$ – середня щільність рідини, кг/м³

Щільність пари знаходимо по формулі

$$\rho_{п} = \frac{M_{п}}{22,4} \cdot \frac{273}{273+t} \cdot \frac{P}{P_0} \quad (2.14)$$

де P – абсолютний середній тиск в колоні, ата;

t - середня температура в колоні.

$$P = 1,02 \text{ ата}; t_{\text{ср}}^B = 80^\circ\text{C}, t_{\text{ср}}^H = 85^\circ\text{C}$$

Тоді щільність пари по формулі

- у верхній частині колоні

$$t_{\text{п.ср}}^B = \frac{34,84}{22,4} \cdot \frac{273}{273 + 80} \cdot \frac{1,02}{1} = 1,22 \text{ кг/м}^3$$

В нижній частині колоні

$$t_{\text{п.ср}}^H = \frac{25,02}{22,4} \cdot \frac{273}{273 + 85} \cdot \frac{1,02}{1} = 0,86 \text{ кг/м}^3$$

Щільність рідини

$$\rho_{ж} = \left[\frac{xM_1}{\rho_{ж1}} + \frac{(1-x)M_2}{\rho_{ж2}} \right]^{-1} \cdot M_{ж} \quad (2.15)$$

де $\rho_{ж1}$ - щільність спирту, кг/м³

$\rho_{ж2}$ - щільність спирту, кг/м³

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Щільність спирту :

- для верхньої частини колони $\rho_{ж1}^B = 731 \text{ кг/м}^3$
- для нижньої частини колони $\rho_{ж1}^H = 728 \text{ кг/м}^3$

Щільність води :

- для верхньої частини колони $\rho_{ж2}^B = 972 \text{ кг/м}^3$
- для нижньої частини колони $\rho_{ж2}^H = 969 \text{ кг/м}^3$

Тоді щільність рідини по формулі

- для верхній частини колони

$$\rho_{ж.ср}^B = \left[\frac{0,5165 \cdot 46,07}{731} + \frac{(1 - 0,5165) \cdot 18}{972} \right]^{-1} 32,49 = 783 \text{ кг/м}^3$$

- для нижньої частини колони

$$\rho_{ж.ср}^H = \left[\frac{0,5165 \cdot 46,07}{728} + \frac{(1 - 0,5165) \cdot 18}{962} \right]^{-1} 32,49 = 873 \text{ кг/м}^3$$

Тоді швидкість пари

- для верхньої частини колони:

$$w_g^B = 0,05 \sqrt{(783 - 1,22) \cdot 1,22} = 1,54 \text{ м/с}$$

- для нижньої колони

$$w_g^H = 0,05 \sqrt{(872 - 0,86) \cdot 0,86} = 1,4 \text{ м/с}$$

Робочу швидкість приймаємо

$$w_p = 0,9 w_g \quad (2.16)$$

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- для верхньої частини колони

$$w_g^B = 0,9 \cdot 1,54 = 1,39 \text{ м/с}$$

- для нижньої частини колони

$$w_g^H = 0,9 \cdot 1,4 = 1,26 \text{ м/с}$$

2.3 Конструктивні розрахунки [5]

Визначаємо діаметр колони (2.12) :

- для верхньої частини колони

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,81}{3,14 \cdot 1,39 \cdot 1,22}} = 1,16 \text{ м}$$

- для нижньої частини колони

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,30}{3,14 \cdot 1,26 \cdot 0,86}} = 1,2 \text{ м}$$

Приймаємо $D=1200$ мм.

При цьому дійсна робоча швидкість пари в колоні

$$w_\phi = w_p \left(\frac{D_\phi}{D} \right)^2 \quad (2.17)$$

- для верхньої частини колони

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

$$w_{\phi}^B = 1,39 \left(\frac{1190}{1200} \right)^2 = 1,36 \text{ м/с}$$

- для нижньої частини колони

$$w_{\phi}^H = 1,26 \left(\frac{1000}{1200} \right)^2 = 1,26 \text{ м/с}$$

Середня швидкість в колоні:

$$w = \frac{w_{\phi}^B + w_{\phi}^H}{2} \quad (2.18)$$

$$w = \frac{1,36 + 1,26}{2} = 1,31 \text{ м/с}$$

Вибір параметрів тарілки

Відповідно до рекомендацій для колони діаметром 1200 вибирає ковпачкову тарілку ТСК-ИИ з наступними конструктивними розмірами

- вільний переріз колони 1.13 м
- довжина лінії барботажу 1,23 м
- периметр зливу 0,818 м
- відносна площа для проходу пари 11,4%
- вільний переріз тарілки 0,129 м
- висота прорізів в ковпачку 20 мм
- висота ковпачка 55 мм
- маса тарілки 68,6 кг
- виконання ковпачка 1

Для графічного визначення числа тарілок

$$B = \frac{xd}{V+1} \quad (2.19)$$

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

де $V=10$ флегмове число;

$$B = \frac{87,9}{10 + 1} = 7,99\% \text{ мол}$$

$$X_M = \frac{48,3}{46,7} / 1,04 + \frac{80}{18,02} * 100 = 13$$

Висота тарілчастої колони

$$H_T = (N_T - 1)h_{MT} \quad (2.20)$$

де $h_{MT}=170$ мм – міжтарілчаста відстань.

$$H_T = (32 - 1) \cdot 0,3 = 9,3 \text{ м}$$

Загальна висота колони без опори :

$$H = H_T + H_{cp} + H_{сеп} + H_{куб} \quad (2.21)$$

де H_{cp} – висота між тарілкою живлення і першою тарілкою концентрації;

$H_{сеп}$ - висота простору сепарації над верхньою тарілкою;

$H_{куб}$ – висота кубової частини

Приймаємо:

$$H_{cp} = 0,35 \cdot D$$

$$H_{сеп} = 0,5 \cdot D$$

$$H_{куб} = 1,5 \cdot D$$

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Для колони діаметром $D=1200$ мм

$$H_{\text{ср}} = 0,35 \cdot 1,2 = 0,42 \text{ м}$$

$$H_{\text{сеп}} = 0,5 \cdot 1,2 = 0,6 \text{ м}$$

$$H_{\text{куб}} = 1,3 \cdot 1,2 = 1,56 \text{ м}$$

Визначення діаметрів штуцерів

Діаметри патрубків визначаємо на основі використання рівняння об'ємної витрати

$$d_{\text{п}} = \sqrt{\frac{V_{\text{с}}}{0,785\omega_{\text{с}}}} \quad (2.22)$$

де $V_{\text{с}}$ - об'ємна витрата середовища, м³/с;

$\omega_{\text{с}}$ - швидкість потоку середовищав патрубку;

Для пари $\omega_{\text{с}} = 10 - 1,5$ м/с

Для рідини $\omega_{\text{с}} = 0,5 - 1,0$ м/с

а) Патрубок введення флегми ($\omega_{\text{с}}=0,5$ м/с)

Об'ємна витрата флегми

$$V_{\text{ф}} = \frac{F_{\text{з}}}{\rho_{\text{ф}}} \quad (2.23)$$

де $\rho_{\text{ф}}$ - щільність флегми.

$$\rho_{\text{ф}} = \left[\frac{x_{\text{д}}M_1}{\rho_1^{\text{ф}}} + \frac{(1-x_{\text{д}})M_2}{\rho_2^{\text{ф}}} \right]^{-1} M_{\text{д}} \quad (2.24)$$

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де ρ_1^ϕ, ρ_2^ϕ - щільність спирту і води при температурі флегми. $\rho_1^\phi = \frac{754 \text{ кг}}{\text{м}^3}$,
 $\rho_2^\phi = 983 \text{ кг/м}^3$.

тоді

$$\rho_\phi = \left[\frac{0,826 \cdot 46,07}{754} + \frac{(1 - 0,826)18}{983} \right]^{-1} = 41,18 = 777 \text{ кг/м}^3$$

Тоді по формулі

$$V_\phi = \frac{53643}{24 \cdot 3600} \cdot \frac{1}{777} = 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$$

Тоді діаметр патрубку введення флегми по формулі буде рівний

$$d = \sqrt{\frac{7,9 \cdot 10^{-4}}{0,785 \cdot 0,5}} = 0,044 \text{ м}$$

Приймаємо $d=50 \text{ мм}$

б) Патрубок виходу пари з колони ($\omega_c=10 \text{ м/с}$)

Об'ємна витрата пари

$$V_d = \frac{G_d}{\rho_d} \quad (2.25)$$

де ρ_d - щільність пари

$$\rho_d = \frac{M_d}{22,4} \cdot \frac{273}{273 + t_d} \cdot \frac{P}{P_0}$$

$$\rho_d = \frac{41,18}{22,4} \cdot \frac{273}{273 + 78} \cdot \frac{1,02}{1} = 1,46 \text{ кг/м}^3$$

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді по формулі

$$V_d = \frac{53643}{24 \cdot 3600} \cdot \frac{1}{1,46} = 0,42 \text{ м}^3/\text{с}$$

Тоді діаметр патрубку виведення пари по формулі(2.12) буде рівний:

$$d = \sqrt{\frac{0,42}{0,785 \cdot 12}} = 0,212 \text{ м}$$

Приймаємо $d=250$ мм

в) Патрубок введення бражного дистилляту($\omega c=0,8$ м/с)

Об'ємна витрата бражного дистилляту

$$V_f = \frac{G_f}{\rho_f} \quad (2.27)$$

де ρ_f - щільність бражного дистилляту.

$$\rho_f = \left[\frac{x_f M_1}{\rho_1^f} + \frac{(1-x_f) M_2}{\rho_2^f} \right]^{-1} M_f \quad (2.28)$$

де ρ_1^f, ρ_2^f - щільність спирту і води при температурі бражного дистилляту.

$$\rho_1^f = 731 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} [4]; \rho_2^f = 972 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} [4],$$

тоді

$$\rho_f = \left[\frac{0,207 \cdot 46,07}{731} + \frac{(1 - 0,207)18}{972} \right]^{-1} 23,11 = 850 \text{ кг/м}^3$$

Тоді по формулі

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_f = \frac{49775,8}{24 \cdot 3600} \cdot \frac{1}{850} = 0,000 + ,8 \text{ м}^3/\text{с}$$

Тоді діаметр патрубкa введення бражного дистилляту по формулі буде рівний

$$d = \sqrt{\frac{6,8 \cdot 10^{-4}}{0,785 \cdot 0,8}} = 0,032 \text{ м}$$

Приймаємо $d=50$ мм

г) Патрубок виходу епюрату ($\omega=0,8\text{м/с}$)

Об'ємна витрата епюрату

$$V_w = \frac{G_w}{\rho_w} \quad (2.28)$$

де ρ_w – щільність епюрату.

$$\rho_w = \left[\frac{x_w M_1}{\rho_1^w} + \frac{(1-x_w) M_2}{\rho_2^w} \right]^{-1} M_w \quad (2.29)$$

де ρ_1^w, ρ_2^w - щільність спирту і води при температурі епюрату.

$$\rho_1^w = 727 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \quad [4]; \quad \rho_2^w = 966 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Заздалегідь визначаємо масу епюрату

$$M_w = M_1 x_w + (1 - x_w) M_2 \quad (4.30)$$

$$M_w = 46,67 \cdot 0,124 + (1 - 0,124) \cdot 18 = 21,48 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}$$

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді, щільність епюрату визначаємо по формулі

$$\rho_w = \left[\frac{0.124 \cdot 46.07}{727} + \frac{(1 - 0.124)18}{966} \right]^{-1} \cdot 21.48 = 895 \text{ кг/м}^3$$

Тоді по формулі

$$V_w = \frac{74725,8}{24 \cdot 3600} \cdot \frac{1}{895} = 9,6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$$

Тоді діаметр патрубкa виходу епюрату по формулі буде рівний

$$d = \sqrt{\frac{9,6 \cdot 10^{-4}}{0,785 \cdot 0,8}} = 0,035 \text{ м}$$

Приймаємо $d=50$ мм

Де: патрубк введення гріючої пари ($\omega_c=15$ м/с)

Об'ємна витрата гріючої пари

$$V_p = \frac{P_3}{\rho_p} \quad (2.31)$$

де ρ_p - щільність гріючої пари.

$\rho_p=0,597$ кг/м тоді по формулі

$$V_p = \frac{25000}{24 \cdot 3600} \cdot \frac{1}{0,597} = 0,48 \text{ м}^3/\text{с}$$

Тоді діаметр патрубкa введення гріючої пари по формулі буде рівний

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d = \sqrt{\frac{0,45}{0,785 \cdot 15}} = 0,20 \text{ м}$$

Приймаємо $d=250$ мм

2.4 Гідравлічний опір апарата [5]

Гідравлічний опір тарілок колони

$$\Delta P_{\text{к}} = \Delta P_{\text{В}} \cdot N_{\text{В}} + \Delta P_{\text{Н}} \cdot N_{\text{Н}} \quad (2.32)$$

де $\Delta P_{\text{В}}$ і $\Delta P_{\text{Н}}$ - гідравлічний опір тарілки відповідно верхній і нижньої частин колони, Па.

Повний гідравлічний опір тарілки складається з трьох доданків

$$\Delta P = \Delta P_{\text{с}} + \Delta P_{\text{П}} + \Delta P_{\text{σ}} \quad (2.33)$$

де $\Delta P_{\text{с}}$ – гідравлічний опір сухої (незрошуваною) тарілки;

$\Delta P_{\text{П}}$ - гідравлічний опір газорідинної піни на тарілці;

$\Delta P_{\text{σ}}$ -гідравлічний опір, обумовлений силами поверхневого натягнення.

Гідравлічний опір сухої тарілки

$$\Delta P_{\text{с}} = \xi \frac{\omega^2 \cdot \rho_{\text{у}}}{2F_{\text{с}}^2} \quad (2.34)$$

де ξ - коефіцієнт опору сухої тарілки;

Для колпачкових тарілок $\xi = 4,0 \div 5,0$

ω – середня швидкість парі в колоні, м/с;

$\rho_{\text{у}}$ - середня щільність парі, кг/м³ ;

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

F_c – вільний переріз тарілки, м .

$$\Delta P_c = \frac{5 \cdot 1,31^2 \cdot 1,04}{2 \cdot 0,129^2} = 268 \text{ Па}$$

Гідравлічний опір газорідинної піни:

$$\Delta P_{\Pi} = g \cdot \rho_{\text{см}} \cdot h_0 \quad (2.35)$$

де $g=9,81$ м/с – прискорення вільного падіння;

$\rho_{\text{см}}$ - середня щільність рідини, кг/м³;

h_0 – висота вільного шару рідини, м.

Для колпачкових тарілок висота світлого шару рідини на тарілці

$$h_0 = 0,0419 + 0,19h_{\text{пер}} = 0,0135\omega\sqrt{\rho_{\Pi}} + 2,46q \quad (2.36)$$

де q – лінійна щільність зрошування, м³ /м-с;

$h_{\text{пер}}$ - висота порогу переливання, м.

Лінійна щільність зрошування

$$q = \frac{V_{\text{ж}}}{L_c} \quad (2.37)$$

де $V_{\text{ж}}$ - об'ємна витрата рідини, м³/с;

L_c - периметр зливу, м, $L_c = 0,818$

Об'ємна витрата рідини

$$V_{\text{ж}} = \frac{L}{\rho_{\text{см}}} \quad (2.38)$$

- для верхньої частини колони

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{\text{ж}}^{\text{В}} = \frac{1,44}{783} = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$$

- для нижньої частини колони

$$V_{\text{ж}}^{\text{Н}} = \frac{1,65}{783} = 2,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$$

Тоді лінійна щільність зрошування по формулі

- для верхньої частини колони

$$q_{\text{В}} = \frac{1,8 \cdot 10^{-3}}{0,818} = 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{м} \cdot \text{с}$$

- для нижньої частини колони:

$$q_{\text{Н}} = \frac{2,1 \cdot 10^{-3}}{0,818} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{м} \cdot \text{с}$$

Тоді висота по формул

- для верхньої частини колони

$$h_{0\text{В}} = 0,0419 + 0,19 \cdot 0,055 - 0,0135 \cdot 1,36\sqrt{1,2} + 2,46 \cdot 2,2 \cdot 10^{-3} = 0,031\text{м}$$

- для нижньої частини колони

$$h_{0\text{Н}} = 0,0419 + 0,19 \cdot 0,055 - 0,0135 \cdot 1,26\sqrt{0,86} + 2,46 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} = 0,046\text{м}$$

Тоді опір шару піни по формулі

- для верхньої частини

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

$$\Delta P_{\text{ПФ}} = 9,81 \cdot 783 \cdot 0,031 = 238 \text{ Па}$$

- для нижньої частини колони

$$\Delta P_{\text{ПП}} = 9,81 \cdot 783 \cdot 0,046 = 353 \text{ Па}$$

Гідравлічний опір обумовлений силами поверхневого натягнення

$$\Delta P_{\sigma} = \frac{4\sigma}{d_3} \quad (2.39)$$

де σ – поверхнєве натягнення рідини;

d_3 – еквівалентний діаметр прорізів на ковпачку.

$$\Delta P_{\sigma} = \frac{4 \cdot 40 \cdot 10^{-3}}{0,08} = 2 \text{ Па}$$

Тоді повний опір однієї тарілки

- для верхньої частини колони по формулі

$$\Delta P_{\text{В}} = 268 + 238 + 2 = 508 \text{ Па}$$

- для нижньої частини колони по формулі:

$$\Delta P_{\text{Н}} = 2683 + 353 + 2 = 623 \text{ Па}$$

Повний гідравлічний опір еспураційної колони по формулі

$$\Delta P_{\text{к}} = 508 + 35 + 623 \cdot 4 = 20272 \text{ Па}$$

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Перевіримо чи дотримується при відстані між тарілками $h_{MT} = 0,17$ (м), необхідна для нормальної роботи тарілок умова

$$h > 1,8 \frac{\Delta P_{\max}}{\rho_{cm} \cdot g} \quad (2.40)$$

Умову перевіряємо для нижньої частини колони, оскільки у тарілок нижньої частини колони гідравлічний опір більший, ніж у тарілок верхньої частини. Тоді

$$h = \frac{1,8 \cdot 623}{873 \cdot 9,81} = 0,13 \text{ м} < 0,17 \text{ м}$$

Получене значення менше за прийняте, означає умова, необхідна для нормальної роботи тарілок, виконується.

2.5 Вибір допоміжного обладнання [3]

Визначаємо витрати установок за формулою:

$$G = \frac{\Pi \cdot X}{100} \quad (2.41)$$

де

$$\Pi = \frac{25,000 \cdot 807,48}{24 \cdot 3600} = 0,23 \text{ кг/с}$$

$$X = 2,5\% \text{ мас}$$

Визначаємо витрати Е.А.Ф. по формулі:

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G = \frac{0,23 * 2,5}{100} = 0,00625 \text{ кг/с}$$

При цьому теплоємність конденсатора складе:

$$Q = (G * r + G * c(t_k - t_{ox})) * x \quad (2.42)$$

Питома теплота конденсації визначаємо за формулою:

$$r = a * r_a + (1 - a) * r_6 \quad (2.43)$$

Питома теплота конденсації визначаємо по формулі:

$$r = 0,93 * 879,3 + (1 - 0,93) * 2160 = 968,9 \text{ кДж/кг}$$

Теплоємність конденсатора по формулі:

$$Q = (0,00625 * 968,9 + 0,00625 * 3,5(80 - 18)) * 1,1 = \\ = 20,35 \text{ кВт}$$

Площа теплопередачі конденсатора визначаємо за формулою:

$$F = \frac{Q}{K * \Delta t} \quad (2.44)$$

де

$$\Delta t = \frac{63 - 15}{2,3 \log \frac{63}{15}} = 38,9$$

Площа тепло передачі конденсатора визначаємо по формулі:

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

$$F = \frac{18500}{230 * 38,9} = 2,06 \text{ м}^2$$

Приймаємо до установки вертикальний тепло обмінник де: діаметр кожуха 300 мм; висота апарата 2428 мм; тиск в трубках 300 кПа; тиск в між трубному просторі 150 кПа; маса 242 кг.

Дефлегматор

Визначаємо витрати А.Ф. по формулі:

$$G = 10 * G$$

Визначаємо витрати А.Ф. за формулою:

$$G = 10 * 0,00625 = 0,0625 \text{ кг/с}$$

Теплове навантаження визначаємо по формулі:

$$Q = G * r * x \tag{2.45}$$

Теплове навантаження визначаємо за формулою:

$$Q = 0,0625 * 968,9 * 1,1 = 66,6 \text{ кВт}$$

Тоді визначаємо температуру по формулі:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0 - \Delta t_M}{2,3 \log \frac{\Delta t_0}{\Delta t_M}} \tag{2.46}$$

де

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta t \frac{48 - 18}{2,3 \log \frac{48}{18}} = 31,25$$

Приймаємо до встановлення дефлегматор де: діаметр кожуха 600 мм; довжина апарата 3450 мм; число ходів 6; робочий тиск в трубках 170 кПа; в між трубному просторі 130 кПа; маса 1045 кг.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 РОЗРАХУНКИ АПАРАТУ НА МІЦНІСТЬ ТА ГЕРМЕТИЧНІСТЬ

3.1 Визначення товщини стінки апарату, кришки [6]

Основні розрахункові параметри:

Робоча температура середовища $t = 89^{\circ}\text{C}$.

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

Робочий тиск в апараті $P = 0,102$ МПа.

Здійснимо підбір конструкційного матеріалу для корпусу апарату. Підбір будемо здійснювати, беручи до уваги робочу температуру, агресивність середовища, робочий тиск. Вибираємо [13] матеріал корпусу - сталь X18H10T.

Розрахунковий тиск для апаратів з робочим надлишковим тиском $P > 0,07$ МПа відповідно до рекомендацій наведених (13) складе

$$P_p = 1,1p = 1,1 \cdot 0,102 = 0,1122 \text{ МПа.} \quad (3.1)$$

Приймаємо стандартне значення $0,2$ МПа

Пробне при гідравлічному випробуванні тиск згідно (13) складе:

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

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

$$[\sigma]_{20} = 160 \text{ МПа,}$$

$$[\sigma] = 153 \text{ МПа,}$$

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

$$P_{np} = \max \left\{ \frac{1,5 \cdot 0,25 \cdot 160 / 153}{0,2} \right\} = \max \left\{ \begin{matrix} 0,39 \\ 0,2 \end{matrix} \right\} = 0,39 \text{ МПа.}$$

Розрахунок товщини стінки обичайки корпусу

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

$$S_p = \max \left\{ \begin{matrix} \frac{P_p \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - P_p} \\ \frac{P_{np} \cdot D}{2 \cdot [\sigma]_{np} \cdot \varphi - P_{np}} \end{matrix} \right\} \quad (3.3)$$

де φ - коефіцієнт проточності зварного шва згідно (13) складе: $\varphi = 0,9$.

$$S_p = \max \left\{ \begin{matrix} \frac{0,22 \cdot 1200}{2 \cdot 153 \cdot 0,9 - 0,25} \\ \frac{0,39 \cdot 1200}{2 \cdot 153 \cdot 0,9 - 0,39} \end{matrix} \right\} = \max \left\{ \begin{matrix} 5,8 \\ 6,4 \end{matrix} \right\} = 6,4 \text{ мм}$$

Виконавчу товщину стінки визначимо за формулою:

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

де: C - надбавка на корозію і ерозію $C = 2$.

$$S = 6,1 + 2 = 8,4 \text{ м.}$$

Приймаємо $S = 0,010 \text{ м}$.

Допустиме внутрішнє надлишковий тиск визначається за формулою:

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$[p] = \frac{2[\sigma]\varphi_p(s-c)}{D+(s-c)}, \quad (3.5)$$

$$[p] = \frac{2 \cdot 153 \cdot 0,9 \cdot (0,010 - 0,002)}{1200 + (0,010 - 0,002)} = 1,82 \text{ МПа.}$$

Умова міцності має вигляд:

$$P < (p) \quad (3.6)$$

$$0,39 \text{ МПа} < 1,82 \text{ МПа,}$$

отже, умова міцності виконується.

Розрахунок товщини стінки днища

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

$$S_p = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{P_p \cdot R}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - 0,5 \cdot P_p} \\ \frac{P_{np} \cdot R}{2 \cdot [\sigma]_{np} \cdot \varphi - 0,5 \cdot P_{np}} \end{array} \right\} \quad (3.7)$$

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

$$S_p = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{0,1122 \cdot 1200}{2 \cdot 153 \cdot 0,9 - 0,5 \cdot 0,25} \\ \frac{0,39 \cdot 1200}{2 \cdot 153 \cdot 0,9 - 0,5 \cdot 0,39} \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 5,8 \\ 6,4 \end{array} \right\} = 6,4 \text{ мм}$$

Загальне значення прибавки до товщини стінки кришки, днища складе:

$$S = 6,1 + 2 = 8,4 \text{ м;}$$

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Приймаємо $S = 0,010$ м Допустиме внутрішнє надлишковий тиск визначимо за формулою:

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

$$[p] = \frac{2 \cdot (0,010 - 0,002) \cdot 0,9 \cdot 153}{1200 + 0,5 \cdot (0,010 - 0,002)} = 1,83 \text{ МПа,}$$

що більше пробного, отже, умова міцності виконується.

3.2 Розрахунок фланцевого з'єднання

Визначення конструктивних параметрів фланця

Конструкцію з'єднання кришки і корпусу апарату при $D_a = 1200$ мм і $P = 0,25$ МПа вибираємо згідно табл. 13.7 [6] з плоским приварними фланцями і ущільнювальної поверхнею типу «шип - паз».

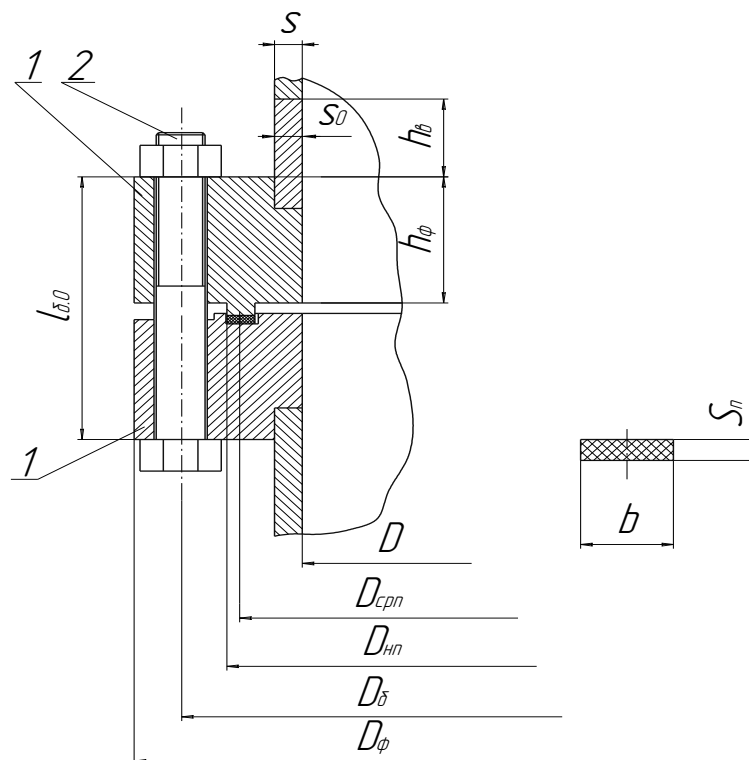


Рисунок 3 – Фланцеве з'єднання

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Товщину втулки фланця кришки приймаємо $S_0=10$ мм, что удовлетворяет условию $S_0 \geq S$, то есть $10 \geq 10$.

Висоту втулки фланця визначаємо за формулою:

$$h_g > 0,5 \cdot \sqrt{D \cdot (s_0 - c)}, \quad (3.9)$$

$$h_g > 0,5 \cdot \sqrt{1200 \cdot (10 - 1,47)} = 56,2 \text{ мм}, \text{ приймаємо } h_b = 150 \text{ мм}.$$

Діаметр болтової окружності визначаємо за формулою або відповідно до табл. 13.7 [6]

$$D_g \geq D + 2 \cdot (2 \cdot s_0 + d_g + u), \quad (3.10)$$

де d_g – зовнішній діаметр болта, при $D = 1200$ мм і $P = 0,25$ МПа – $d_g = 23$ мм;

u – нормативний зазор між гайкою і втулкою, $u = 4 \div 6$ мм.

$$D_g = 1200 + 2 \cdot (2 \cdot 12 + 23 + 5) = 1304 \text{ мм},$$

Приймаємо $D_g = 1310$ мм.

Зовнішній діаметр фланця визначаємо за формулою і відповідно до табл. 13.7 [6]:

$$D_\phi \geq D_g + a, \quad (3.11)$$

де a – конструктивна добавка для розміщення гайок по діаметру фланця, приймаємо $a = 40$ мм.

$$D_\phi = 1310 + 40 = 1350 \text{ мм}.$$

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зовнішній діаметр прокладки визначаємо за формулою:

$$D_{nn} = D_{\delta} - l, \quad (3.12)$$

де l – нормативний параметр, що залежить від товщини прокладки, $l=45$ мм.

$$D_{nn} = 1310 - 45 = 1265 \text{ мм.}$$

Середній діаметр прокладки визначається за формулою:

$$D_{cn} = D_{nn} - b, \quad (3.13)$$

де b – ширина прокладки, яка приймається згідно табл. 13.7 [6], $b=13$ мм.

$$D_{cn} = 1265 - 13 = 1252 \text{ мм.}$$

Приймаємо матеріал прокладки пароніт по ГОСТ 481-80 з товщиною $S_{п} = 2$ мм.

Кількість болтів, необхідне для забезпечення герметичності з'єднання визначаємо за формулою:

$$n_{\delta} \geq \frac{\pi \cdot D_{\delta}}{t_{ш}}, \quad (3.14)$$

де $t_{ш}$ - рекомендований крок розташування болтів, рекомендується для болтів М20 и $P_y = 1,6$ МПа $t_{ш} = (2 \div 5) \cdot d_{\delta}$, $t_{ш} = 90$ мм.

$$n_{\delta} = \frac{3,14 \cdot 1310}{90} = 45,7 \text{ шт.}$$

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо кількість болтів $n_b = 48$, кратне чотирьом. Висоту фланця h_ϕ визначаємо за формулою:

$$h_\phi \geq \lambda_\phi \cdot \sqrt{D \cdot s_s}, \quad (3.15)$$

де λ_ϕ – коефіцієнт, який визначається за графіком рис.13.14 [2], $\lambda_\phi = 0,32$;

S_s – еквівалентна товщина втулки фланця, так як фланець плоский, то $\beta_1 = S_1/S_0 = 1$, приймаємо $S_s = S_0 = 10$ мм.

$$h_\phi = 0,32 \cdot \sqrt{1200 \cdot 10} = 38,4 \text{ мм.}$$

Приймаємо висоту фланця $h_\phi = 60$ мм.

Розрахункова довжина болта визначається за формулою:

$$l_b = l_{b0} + 0,28 \cdot d_b, \quad (3.16)$$

де l_{b0} – відстань між опорними поверхнями головки болта і гайки при товщині прокладки $S_n = 2$ мм,

$$l_{b0} = 2 \cdot (h_\phi + s_n), \quad (3.17)$$

$$l_{b0} = 2 \cdot (60 + 2) = 124 \text{ мм.}$$

$$l_b = 124 + 0,28 \cdot 20 = 129,6 \text{ мм.}$$

Приймаємо розрахункову довжину болтів $l_b = 130$ мм.

Визначення навантажень діючих на фланець

Рівнодіючу внутрішнього тиску визначаємо за формулою:

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{\sigma} = \frac{\pi \cdot D_{cn}^2}{4} \cdot P, \quad (3.18)$$

$$F_{\sigma} = \frac{3,14 \cdot 1,252^2}{4} \cdot 1,0 = 1,23 \text{ МН}.$$

Реакція прокладки визначається за формулою:

$$R_n = \pi \cdot D_{cn} \cdot b_0 \cdot K_{np} \cdot P, \quad (3.19)$$

де K_{np} – коефіцієнт, що залежить від матеріалу і конструкції прокладки,
 $K_{np} = 2,5$;

b_0 – еквівалентна ширина прокладки, $b_0 = b = 13$ мм, так як $b < 15$ мм.

$$R_n = 3,14 \cdot 1,252 \cdot 0,013 \cdot 2,5 \cdot 1,0 = 0,128 \text{ МН}.$$

Зусилля, що виникає від температурних деформацій, визначається за формулою:

$$F_t = \frac{y_{\sigma} \cdot n_{\sigma} \cdot f_{\sigma} \cdot E_{\sigma} \cdot (\alpha_{\phi} \cdot t_{\phi} - \alpha_{\sigma} \cdot t_{\sigma})}{y_n + y_{\sigma} + 0,5 \cdot y_{\phi} \cdot (D_{\sigma} - D_{cn})^2}, \quad (3.20)$$

де α_{ϕ} – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу фланця, $\alpha_{\phi} = 13,8 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$;

α_{σ} – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу болта (приймаємо для болта сталь 38ХА), $\alpha_{\sigma} = 12,9 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$;

t_{ϕ} – розрахункова температура неізольованих фланців,

$$t_{\phi} = 0,96 \cdot t = 0,96 \cdot 165 = 158,4 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

t_{δ} – розрахункова температура неізольованих болтів,

$$t_{\delta} = 0,95 \cdot t = 0,95 \cdot 85 = 156,8 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

y_{δ} – лінійна податливість болтів, що визначається за формулою

$$y_{\delta} = \frac{l_{\delta}}{E_{\delta} \cdot f_{\delta} \cdot n_{\delta}}, \quad (3.21)$$

де E_{δ} – модуль поздовжньої пружності матеріалу болта, $E_{\delta} = 2,00 \cdot 10^5$ МПа.

f_{δ} – розрахункова площа поперечного перерізу болта по внутрішньому діаметру, згідно табл. 13.27 [2], $f_{\delta} = 2,35 \cdot 10^{-4}$ м²;

$$y_{\delta} = \frac{0,130}{2,00 \cdot 10^5 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 60} = 4,6 \cdot 10^{-5} \text{ м/МН.}$$

y_n – лінійна податливість неметалевої прокладки, що визначається за формулою

$$y_n = \frac{K_n \cdot h_n}{E_n \cdot \pi \cdot D_{cn} \cdot b}, \quad (3.22)$$

де K_n – коефіцієнт обтиску прокладки, для прокладок з параніту при S_n не більше 2 мм $K_n = 0,9$;

E_n – модуль поздовжньої пружності для матеріалу прокладки, $E_n = 2000$ МПа.

h_n – висота прокладки, $h_n = S_n = 2$ мм.

$$y_n = \frac{0,9 \cdot 0,002}{2000 \cdot 3,14 \cdot 1,252 \cdot 0,013} = 1,76 \cdot 10^{-4} \text{ м/МН.}$$

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

y_ϕ – кутова податливість фланця, що визначається за формулою:

$$y_\phi = \frac{[1 - \nu \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda'_\phi)] \cdot \psi_2}{h_\phi^2 \cdot E_\phi}, \quad (3.23)$$

де ν , λ_ϕ – безрозмірні параметри, що визначаються за формулами

$$\lambda'_\phi = \frac{h_\phi}{\sqrt{D \cdot s_0}}, \quad (3.24)$$

$$\lambda'_\phi = \frac{0,060}{\sqrt{1,2 \cdot 0,010}} = 0,5.$$

$$\nu = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot \lambda'_\phi \cdot \left(1 + \psi_1 + \frac{h_\phi^2}{s_0^2}\right)}, \quad (3.25)$$

де ψ_1 – коефіцієнт, визначаємо за формулою

$$\psi_1 = 1,28 \cdot \lg \frac{D_\delta}{D} = 1,28 \cdot \lg \frac{1350}{1200} = 0,045.$$

$$\nu = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot 0,5 \cdot \left(1 + 0,044 + \frac{0,06^2}{0,010^2}\right)} = 0,08.$$

ψ_2 – коефіцієнт, який визначається за формулою

$$\psi_2 = \frac{D_\delta + D}{D_\delta - D} = \frac{1350 + 1200}{1350 - 1200} = 17; \quad (3.26)$$

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

E_ϕ – модуль поздовжньої пружності для матеріалу фланця, $E_\phi = 1,84 \cdot 10^5$ МПа.

$$y_\phi = \frac{[1 - 0,08 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,5)] \cdot 17}{0,06^2 \cdot 1,84 \cdot 10^5} = 2,47 \cdot 10^{-2} \text{ м/МН.}$$

$$F_t = \frac{4,6 \cdot 10^{-5} \cdot 60 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 2,00 \cdot 10^5 \cdot (13,8 \cdot 10^{-6} \cdot 158,4 - 12,9 \cdot 10^{-6} \cdot 156,8)}{1,35 \cdot 10^{-4} + 4,6 \cdot 10^{-5} + 0,5 \cdot 2,47 \cdot 10^{-2} \cdot (1,310 - 1,252)^2},$$

$$F_t = 1,45 \text{ МН.}$$

Коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання визначаємо за формулою:

$$K_{жс} = \frac{y_\delta + 0,5 \cdot y_\phi \cdot (D_\delta - D - s_{эк}) \cdot (D_\delta - D_{cn})}{y_n + y_\delta + y_\phi \cdot (D_\delta - D_{cn})^2}, \quad (3.27)$$

$$K_{жс} = \frac{4,6 \cdot 10^{-5} + 0,5 \cdot 2,47 \cdot 10^{-2} \cdot (1,31 - 1,2 - 0,010) \cdot (1,31 - 1,252)}{1,35 \cdot 10^{-4} + 4,6 \cdot 10^{-5} + 2,47 \cdot 10^{-2} \cdot (1,31 - 1,252)^2} = 0,174.$$

Болтові навантаження в умовах монтажу (до подачі внутрішнього тиску) визначаємо за формулою:

$$F_{б1} = \max \left\{ \begin{array}{l} K_{жс} \cdot F_\delta + R_n \\ 0,5 \cdot \pi \cdot D_{cn} \cdot b_0 \cdot P_{н.р} \end{array} \right\}, \quad (3.28)$$

де $P_{н.р}$ – тиск віджимання прокладки, для параніту $P_{н.р} = 20$ МПа.

$$F_{б1} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,418 \cdot 1,149 + 0,092 \\ 0,5 \cdot 3,14 \cdot 1,252 \cdot 0,013 \cdot 20 \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,342 \\ 0,511 \end{array} \right\} = 0,511 \text{ МН.}$$

Болтові навантаження в робочих умовах визначаємо за формулою:

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{\delta 2} = F_{\delta 1} + (1 - K_{жк}) \cdot F_{\delta} + F_t, \quad (3.29)$$

$$F_{\delta 2} = 0,511 + (1 - 0,174) \cdot 1,23 + 1,45 = 2,98 \text{ МН}.$$

Наведений вигинальний момент обчислюємо за формулою:

$$M_0 = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot (D_{\delta} - D_{cn}) \cdot F_{\delta 1} \\ 0,5 \cdot [(D_{\delta} - D_{cn}) \cdot F_{\delta 2} + (D_{cn} - D - s_{\delta}) \cdot F_{\delta}] \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} \end{array} \right\}, \quad (3.30)$$

$$M_0 = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot (1,31 - 1,252) \cdot 0,511 \\ 0,5 \cdot [(1,31 - 1,252) \cdot 2,98 + (1,31 - 1,2 - 0,010) \cdot 1,23] \cdot \frac{160}{144} \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,015 \\ 0,115 \end{array} \right\} = 0,115 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

Перевірка міцності та герметичності фланцевого з'єднання

Умова міцності болтів визначається за формулою:

- в умовах монтажу

$$\frac{F_{\delta 1}}{n_{\delta} \cdot f_{\delta}} < [\sigma]_{\delta}^{20}, \quad (3.31)$$

- в робочих умовах

$$\frac{F_{\delta 2}}{n_{\delta} \cdot f_{\delta}} < [\sigma]_{\delta}^{165}, \quad (3.32)$$

де $[\sigma]_{\delta}^{20}$ – межа міцності для матеріалу болтів при температурі 20 °С,
 $[\sigma]_{\delta}^{20} = 230$ МПа;

$[\sigma]_{\delta}^{95}$ – межа міцності для матеріалу болтів при температурі 95 °С, $[\sigma]_{\delta}^{95} = 227$ МПа.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\frac{0,534}{60 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4}} < 230, \quad 37,87 \text{ МПа} < 230 \text{ МПа}, \text{ умова виконується.}$$

$$\frac{2,98}{60 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4}} < 230, \quad 211,3 \text{ МПа} < 230 \text{ МПа}, \text{ умова виконується.}$$

Умова міцності неметалевої прокладки (з пароніту) визначається за формулою:

$$\frac{F_{\sigma \max}}{\pi \cdot D_{cn} \cdot b} \leq [P_{n.p}] \quad (3.33)$$

де $[P_{n.p}]$ – допустиме тиск на прокладку по табл. 13.28 [6], $[P_{n.p}] = 130$ МПа.

$$F_{\sigma \max} = \max\{F_{\sigma 1}; F_{\sigma 2}\} = \max\{0,534; 2,98\} = 2,98 \text{ МН.}$$

$$\frac{2,98}{3,14 \cdot 1,31 \cdot 0,013} \leq 130, \quad 55,7 \text{ МПа} < 130 \text{ МПа}, - \text{ умова виконується.}$$

Умова міцності втулки фланця для перетину обмеженого розміром S_0 перевіряємо по формулі:

$$\sqrt{(\sigma_0 + \sigma_m)^2 + \sigma_t^2} - (\sigma_0 + \sigma_m) \cdot \sigma_t \leq \varphi \cdot [\sigma_0] \quad (3.34)$$

де σ_0 – максимальна напруга в перетині, обмеженому розміром S_0 , яке визначається за формулою

$$\sigma_0 = \psi_3 \cdot \sigma_1, \quad (3.35)$$

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де ψ_3 – параметр, визначається за графіком на рис.13.18 [6], при відношенні $S_1/S_0 = 1$ и $D^* = D = 1,6$ м, так как $D > 24 \cdot S_0$ ($1,2 > 24 \cdot 0,010 = 0,24$ м), $\psi_3 = 1,0$;

σ_1 – максимальна напруга в перетині S_1 фланця, що визначається за формулою

$$\sigma_1 = \frac{T_\phi \cdot M_0 \cdot \nu}{D^* \cdot (s_1 - c)^2}, \quad (3.36)$$

де T_ϕ – безрозмірний коефіцієнт, який визначається за формулою:

$$T_\phi = \frac{D_\phi^2 \cdot \left[1 + 8,55 \cdot \lg\left(\frac{D_\phi}{D}\right) \right] - D^2}{(1,05 \cdot D^2 + 1,945 \cdot D_\phi^2) \cdot \left(\frac{D_\phi}{D} - 1\right)}, \quad (3.37)$$

$$T_\phi = \frac{1,35^2 \cdot \left[1 + 8,55 \cdot \lg\left(\frac{1,35}{1,2}\right) \right] - 1,2^2}{(1,05 \cdot 1,2^2 + 1,945 \cdot 1,35^2) \cdot \left(\frac{1,35}{1,2} - 1\right)} = 0,76$$

$$\sigma_1 = \frac{0,46 \cdot 0,115 \cdot 0,08}{1,2 \cdot (0,010 - 0,00147)^2} = 31,8 \text{ МПа}$$

$$\sigma_0 = 1,0 \cdot 31,8 = 31,8 \text{ МПа.}$$

σ_t – тангенціальна напруга у втулці від внутрішнього тиску, визначаємо за формулою

$$\sigma_t = \frac{P_p \cdot D}{2 \cdot (s_0 - c)}, \quad (3.38)$$

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_t = \frac{1,0 \cdot 1200}{[2 \cdot (10 - 1,47)]} = 56,98 \text{ МПа}$$

σ_m – меридіональне напруження у втулці від внутрішнього тиску, визначаємо за формулою

$$\sigma_m = \frac{P_p \cdot D}{[4 \cdot (s_0 - c)]}, \quad (3.39)$$

$$\sigma_m = \frac{1,0 \cdot 1200}{[4 \cdot (10 - 1,47)]} = 28,49 \text{ МПа}$$

σ_0 – допустиме напруження для фланця в перерізі S_0 при кількості навантажень з'єднання (складання-розбирання) не більше $2 \cdot 10^3$ з умов:

$$[\sigma]_0 = 0,003 \cdot E \text{ при } P_p < 4 \text{ МПа};$$

$$[\sigma]_0 = 0,003 \cdot 1,84 \cdot 10^5 = 552 \text{ МПа.}$$

Умова міцност

$$\sqrt{(31,8 + 28,49)^2 + 56,48^2} - (31,8 + 28,49) \cdot 56,48 \leq 1,0 \cdot 552$$

58,48 МПа < 579 МПа, умова міцності виконується.

Окружне напруження в кільці фланця визначаємо за формулою:

$$\sigma_k = M_0 \cdot [1 - \nu \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda'_\phi)] \cdot \frac{\psi_2}{(D \cdot h_\phi^2)}, \quad (3.40)$$

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

$$\sigma_{\kappa} = 0,115 \cdot [1 - 0,08 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,5)] \cdot \frac{17}{(1,2 \cdot 0,06^2)} = 33,3 \text{ МПа.}$$

Умова герметичності фланцевого з'єднання визначається кутом повороту фланця за формулою:

$$\theta = \left(\frac{\sigma_{\kappa}}{E} \right) \cdot \left(\frac{D}{h_{\phi}} \right) \leq [\theta], \quad (3.41)$$

де $[\theta]$ – допускається кут повороту фланця, що приймається для плоских фланців $[\theta] = 0,013$ рад;

$$\theta = \left(\frac{33,3}{1,84 \cdot 10^5} \right) \cdot \left(\frac{1,2}{0,06} \right) = 0,004 \text{ рад} < 0,013 \text{ рад,}$$

умова герметичності фланцевого з'єднання виконується.

3.3 Розрахунок та вибір опори апарата

Визначимо навантаження порожнього апарату на опору по формулі:

$$Q_{an} = M_{an} \cdot g; \quad (3.42)$$

де M_{an} – маса пустого апарату ;

$$M_{an} = M_{\kappa} + M_{дн} + M_{кр} + M_{т} + M_{фл} + M_{нас} \quad (3.58)$$

де M_{κ} , $M_{дн}$, $M_{кр}$, $M_{т}$, $M_{фл}$, $M_{нас}$ – відповідно маси корпусу, днища, кришки, тарілок, фланців і арматури, насадки.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{\kappa} = H \cdot \pi \cdot D \cdot s \cdot \rho, \quad (3.43)$$

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

$$M_{\kappa} = 23,8 \cdot 3,14 \cdot 1,2 \cdot 0,01 \cdot 7850 = 7040\text{кг}$$

$$M_{\text{он}} = M_{\text{кр}} = 93,2 \text{ кг [2]}$$

Маса тарілок $M_m = N \cdot m_m$,

де $m_m=77 \text{ кг}$

$$M_m = 52 \cdot 77 = 4004 \text{ кг}$$

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

Масу насадки приймемо 1500 кг

Тоді маса порожнього апарату

$$M_{\text{ан}} = 7040 + 2 \cdot 93,2 + 4004 + 1000 + 1500 = 16675,4 \text{ кг}$$

$$Q_{\text{ан}} = 16675,4 \cdot 9,81 = 163585,7 \text{ Н}$$

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

$$Q_{\text{ан}}^u = (M_{\text{ан}} + M_{\text{в}}) \cdot g, \quad (3.44)$$

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

$$M_{\text{в}} = V \cdot \rho_{\text{в}}, \quad (3.45)$$

де V об'єм апарата

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \cdot 16,25 = 26,9 \text{ м}^3,$$

$$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3.$$

$$M_e = 26,9 \cdot 1000 = 26900 \text{ кг}$$

$$Q_{an}^u = (16675,4 + 26900) \cdot 9,81 = 427474,7 \text{ Н}$$

Виходячи з $Q_{\max} = Q_{ап}^u$ и $Q_{\min} = Q_{ап}$ за таблицями 14.9, 14.10, и 14.11 [6] вибираємо циліндричну опору 3-1200-63-32-1200 (рис.3.4) згідно ОСТ 26-467-78 з наступними основними розмірами:

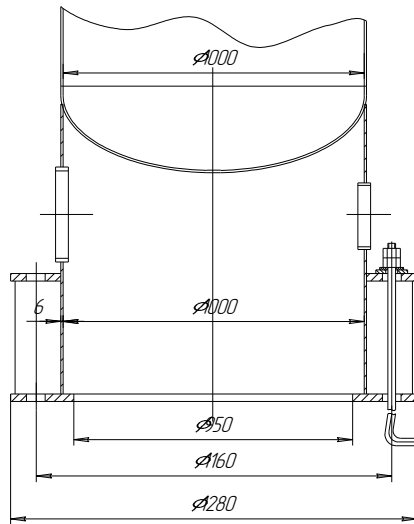


Рисунок 3.4 Опора циліндрична

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

4 РЕМОНТ І МОНТАЖ ОБЛАДНАННЯ

4.1 Монтаж розробленого апарата [12]

БРУ (бражна ректифікаційна установка) та обладнання, спиртоприймального відділень розміщуються у відокремлених будівлях або в частині будівлі, відокремленою від решти капітальними стінами. Приміщення повинні відповідати вимогам СнИП до приміщень для виробництва категорії А.

Монтаж апаратури і обладнання БРУ повинен бути виконаний в строгій відповідності з технологічною схемою. В установках рух спиртопродукти з апаратури в апаратуру організовується самопливом і насосної подачею. Для цього обладнання слід розміщувати з дотриманням відповідних перепадів висотних відміток, починаючи від позначка монтажного (умовного) нуля.

При розміщенні обладнання в плані і по висоті необхідно передбачити забезпечення зручностей обслуговування ремонту обладнання трубопроводів.

Компонування слід вирішувати за найбільш навантаженим майданчиків - обслуговування і дефлегматорной. У компонуванні повинен бути чітко позначений фронт обслуговування колон, контрольних спиртовимірювальних апаратів, дефлегматорів, конденсаторів, ротаметрів та іншого обладнання і приладів.

Осьова лінія розміщення колон повинна бути віддалена від стіни не менше ніж на 1,5 діаметра колони, найбільшою за діаметром в ряду колон. Між дефлегматорами, встановленими паралельно, повинен бути прохід не менше 1 м для огляду.

При розташуванні колон в лінію, вздовж якої є вільний фронт не менше 2.5 м, між теплоізолюваними колонами відстань повинна бути не менше 1 м. При розташуванні колон у дві лінії між осьовими лініями колон має бути відстань не менше 2,5 діаметра колони, найбільшої в рядах.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Дефлегматори розташовують над колонами. Місце їх встановлення вибирають з урахуванням мінімальної протяжності спиртових труб від колони, зручності очищення та заміни теплообмінних труб. При розташуванні дефлегматорів перпендикулярно до стіни, відстань від кришки дефлегматора до стіни повинно бути не менше 1 м. З протилежного боку дефлегматора до стіни має бути вільний простір не менше довжини теплообмінної труби дефлегматора.

Конденсатори й спиртоловушки розташовують біля дефлегматорів. Для зручностей обслуговування конденсатори рекомендується групувати, наприклад, 1 група - конденсатори БК і ЕК, група 2 - конденсатори РК і колони остаточного очищення та їх спиртоловушка.

Всі засоби керування роботою БРУ зосереджують на майданчику обслуговування (як правило, 2-й поверх БРУ).

Колектор котельного пара рекомендується розміщувати на спеціально обладнаному майданчику між перекриттями 1-го і 2-го поверхів приміщення БРУ. При цьому від вентилів для ручного регулювання подачі пари в колони БРУ виводять штурвали з маховиками на рівень площадки обслуговування.

Для забезпечення самопливу продуктів за технологічною схемою необхідно чітко дотримувати норми розміщення обладнання по висотних позначок. В БРУ взаємне розташування колон з урахуванням робочих тисків їх експлуатації, дефлегматорів та іншого обладнання, крім БК, вимагає чіткого узгодження.

За відмітками монтажу РК узгоджують позначки ЕК і колон остаточного очищення і сивушної.

Відмітка, на якій встановлюють ЕК, повинна бути не менше ніж на 2 м вище штуцера введення епюрата в РК.

Відмітка, на якій встановлюють колону остаточного очищення, вибирається з урахуванням забезпечення перепаду висот не менше 1,5 м між рівнем відбору спирту з РК і рівнем введення спирту в КОО. Крім того, між кубом КОО і тарілкою харчування РК перепад висот повинен бути не менше 1,8 м.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відмітка, на яку встановлюють дефлегматори колон, повинна забезпечувати перепад висот не менше 1,2 м між флегмовими штуцерами дефлегматора і відповідної йому колони.

При монтажі трубопроводів необхідно керуватися наступними правилами:

- строга відповідність діаметрів комунікацій і штуцерів в апаратах, до яких приєднуються комунікації. При невідповідності ускладнюється управління та автоматизація установки;

- при установці регулюючих клапанів прямих ділянок до і після клапана повинна бути не менше 8 діаметрів трубопроводу;

- дотримуватися необхідні нахили, не допускати П-подібних ділянок і прогинів на горизонтальних ділянках трубопроводів;

- на П-подібних ділянках переточних водяних комунікацій, зєднуючі по воді дефлегматори і конденсатори, встановити дренажні воздушники висотою 1,5 ... 2 м з арматурою;

- ділянки трубопроводів, що підводять гріючий пар в колони, повинні бути виконаними П-образно висотою 1,2 ... 1,5 м вище рівнів введення пари в колони;

- паропроводи на всьому своєму протязі повинні мати нахили, що забезпечують стік конденсаторів.

При монтажі БРУ особливу увагу слід приділяти збірці колон. Необхідно, щоб колони були встановлені строго вертикально, а тарілки знаходилися в строго горизонтальному положенні.

При цьому необхідно ретельно збирати царги колони. При складанні царги повинні стикуватися вільно і щільно, встановлюючи одна на іншу без зазору між ними. В іншому випадку слід ретельно оглянути кріпильні стійки між тарілками і при необхідності збільшити або зменшити їх висоту.

При складанні царг необхідно уважно стежити за їх правильною установкою з дотриманням чергування розташування переливних склянок.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після монтажу установки, колони, дефлегматори, конденсатори, кип'ятильники і трубопроводи, під'єднання до кожного виду обладнання в обов'язковому порядку потребують випробувань на герметичність.

Особа, що відповідає за експлуатацію установки, в обов'язковому порядку повторно перевіряє правильність монтажу обладнання, відповідність монтажних відміток, кріплення обладнання і трубопроводів, звертаючи особливу увагу на те, щоб на трубопроводах не було прогинів.

Одночасно перевіряється маркування регулюючої арматури, пускові пристрої електроприводів насосів, засоби КІПіА. Випробування на герметичність обладнання, що працює під атмосферним, надлишковим і зниженим тиском (вакуумом), проводять стисненим повітрям.

Перед випробуванням з приміщення прибирають всі сторонні предмети, проводять прибирання приміщення, маркують обладнання і арматуру на трубопроводах.

Експлуатація брагоректифікаційної установки дозволяється тільки після проведення пневматичних випробувань на герметичність:

У всіх випадках пуск установок здійснюють у наступній послідовності. Першою пропускають ректифікаційну колону, потім епюраційну. Після пропуску основних колон установки пропускають сивушну колону та колону кінцевого очищення спирту.

Перед пуском установки пропускають воду на всі поверхні теплообміну (дефлегматори, конденсатори, холодильники), перевіряють надходження води на вказані теплообмінники і приступають до пропуску колон.

Прогрів всіх колон установки, за виключенням колони кінцевого очищення, здійснюють при відкритій подачі пари в колони на барботери, вмонтовані у виварних камерах колон. Після повного пропуску установки переходять на закритий обігрів кип'ятильника при їх наявності в схемі БРУ.

Випробування на парі і воді вважають закінченим, коли ліквідовані всі нещільності і протікання, всі комунікації забезпечують протікання необхідної

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

кількості продуктів, води, пари, на комунікаціях, особливо малих діаметрів, відсутні вигини і не порушені необхідні схили.

Випробування обладнання брагоректифікаційної установки на герметичність.

Пневматичні випробування обладнання БРУ виконуються лише після позитивних результатів зовнішнього і внутрішнього огляду апаратів, які підтверджують відсутність видимих пошкоджень або зносу елементів апарату, запис про що робиться в ремонтному журналі особою, що відповідає за проведення випробувань.

Перед випробуванням на щільність апарату в обов'язковому порядку промивають водою, охолоджують і відключають від інших апаратів і трубопроводів, що не потребують перевірки. Перед випробуванням ретельно перевіряють справність запобіжного обладнання (запобіжних клапанів або вакуумпереривачів).

Апарати, що не були в роботі і пройшли ретельне очищення, на герметичність випробують стисненим повітрям.

Кожну колону, що входить в комплект установки, випробують разом з її дефлегматором і конденсатором. Перед випробуванням на всіх штуцерах колони встановлюють заглушки. До одного з штуцерів у виварній камері колони підключається трубопровід для подачі повітря від компресора. У виварній камері колони і над верхньою тарілкою до штуцера в кришці колони чи до штуцера на паропроводі від колони до дефлегматора встановлюють пружинний манометр з циферблатом на тиск до 1,0 атм. Готують мильний розчин (розчиняють 0,5 кг мила в 5 л гарячої води).

Якщо при нагнітанні стисненого повітря тиск в колоні не створюється, це свідчить про те, що в колоні є великі нещільності, в які виходить повітря. Ці нещільності легко виявити по звуку, характерному для повітря, що виходить з отвору. В цьому випадку, не припиняючи подачу в колону стисненого повітря, знаходять і відмічають нещільності. Перед усуненням нещільностей подачу стисненого повітря в колону припиняють.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після виявлення нещільностей тиск в апараті плавно знижують до атмосферного, після чого надійно усувають нещільності.

Усунення дефектів і підтяжка з'єднань в апаратах, що знаходяться під тиском, забор'онена.

При пневматичному випробуванні заборонено обстукування або будь-які удари по корпусу апарата чи трубопроводу, що знаходяться під тиском.

Після усунення великих нещільностей поновлюють подачу повітря в колону і нагнітають його до того часу, поки надлишковий тиск в колоні не досягне 150 кПа (0,5 атм.). При досягненні вказаного тиску, припиняють подачу повітря в колону, всі фланцеві з'єднання колони і штуцерів, шви, заклепки за допомогою щітки покривають шаром мильної емульсії. У місцях незначного пропуску утворюються добре помітні мильні бульбашки.

Невеликі нещільності звичайно мають місце на фланцевих з'єднаннях, їх усувають додатковою підтяжкою болтів та заміною прокладок.

Після усунення всіх виявлених нещільностей проводять повторне випробування стисненим повітрям.

При повторному випробуванні необхідно мати на увазі, що навіть при повній відсутності пропусків повітря, відмічених появою мильних бульбашок, може мати місце незначне падіння тиску, що спостерігається за манометром, яке може бути обумовлене зміною температури і об'єму стисненого повітря в колоні.

Вимірювання початкового тиску і обчислення вказаного часу проводиться після виварювання температур всередині і зовні апарату. Замір температури повітря в апараті повинен робитись або шляхом установки ртутних термометрів в апараті гільзи, або укріплення термометрів на поверхні апарату з надійною теплоізоляцією заповненої ртуттю частини термометра і місця його установки від зовнішнього середовища.

Апарат визнається таким, що витримав випробування на герметичність і придатним до експлуатації, якщо спад тиску за одну годину не перевищує 0,2% для знову встановлених апаратів і 0,5 % для апаратів, що підлягали повторному випробуванню.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати випробувань апаратів і трубопроводів з вказанням початкових і кінцевих тисків, температур і тривалості випробувань заносяться у ремонтний журнал (карту) або спеціальний акт за підписом осіб, що проводять випробування.

Впевнившись в надходженні води на всі поверхні теплообмін)', організують подачу пару на колектор і приступають до підігріву колон.

Першою прогрівають ректифікаційну колону. Її обігрівають подачею гострого пару з колектору на барботер у виварній камері колони.

Одночасно здійснюють налагодження і включають в роботу контури регулювання витрат пари в колону і води на дефлегматор.

По мірі нагрівання колони і її роботи під парою спостерігають за рівнем рідини у виварній камері колони і при заповненні виварної камери на 1/3 -1/2 висоти організують відкачку рідини в напірний збірник. Одночасно налагоджують і включають в роботу прилади контуру стабілізації рівня у виварній камері колони.

Аналогічно ректифікаційній прогрівають епюраційну колону також подачею гострої пари з колектора на барботер в кубі колони. По мірі прогріву епюраційної колони ведуть спостереження за вимірюванням тиску (вакууму) і рівнем рідини в кубі колони. При заповненні кубу на 1/2 - 1/3 висоти відкривають арматуру на комунікації епюрата і організують відведення рідини з кубу епюраційної колони на 16 (живильну) тарілку ректифікаційної колони.

Після підігріву епюраційної і ректифікаційної колон роблять огляд кип'ятильника ректифікаційної колони, кип'ятильника епюраційної колони, збірника і комунікацій бражного дистилляту, арматури на комунікаціях бражного дистилляту і переходять до прогріву бражної колони.

Епюраційну колону обігрівають відкритим вводом котельної пари з колектора на барботер в кубі колони. При підігріві колони і появи в кубі рідини організують її відведення по комунікації барди.

При повному прогріванні бражної колони і комунікації пари бражного дистилляту слідкують за прогрівом кип'ятильника ректифікаційної і епюраційної колон. При їх повному прогріві відкривають арматуру на комунікаціях бражного

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дистиляту, що відводиться з кип'ятильників в збірник бражного дистиляту. При заповненні збірника на 1/2 - 2/3 по висоті відкривають арматуру на комунікації для подачі бражного дистиляту на живильну тарілку епюраційної колони. При цьому здійснюють налагодження і включають в роботу прилади контуру автоматичного регулювання і стабілізації рівня в збірнику бражного дистиляту. У випадках збільшеного перепаду висот між живильною тарілкою епюраційної колони і збірником бражного дистиляту для нормального самопливу в комунікацію бражного дистиляту подають котельну пару від колектора пари.

Після прогріву всіх колон установки, настройки і включення в роботу приладів автоматичного регулювання переходять до випробувань і перевірки трубопроводів.

Роз'єднують фланцеве з'єднання і закривають арматуру на спиртовій комунікації перед спиртовим ліхтарем, почергово відкривають крани відбору спирту на колоні, заповнюють рідиною спиртову комунікацію і холодильник спирту. Ретельно оглядають спиртову комунікацію, холодильник спирту, всі фланцеві з'єднання і арматуру, виявляють і усувають нещільності і течі. Потім відкривають арматуру перед спиртовим ліхтарем і випускають рідину на каналізацію через попередньо під'єднану воронку зі шлангом.

Планові, аварійні та інші зупинки БРУ здійснюють починаючи із зупинки бражної колони. Потім зупиняють епюраційну, ректифікаційну та інші колони.

При підготовці колоного апарату до ремонту слід відключити його від парових магістралей і електромережі і встановити заглушки згідно з існуючою в цеху схемою установки заглушок; продути апарат азотом до отримання задовільних аналізів на вміст горючих речовин (до 0,5%); Далі необхідно провести ретельний зовнішній і внутрішній огляд корпусу колони з метою виявлення можливих дефектів, що утворилися в процесі експлуатації (механічні пошкодження, тріщини, корозія і т.д.). Звернути особливу увагу на стан зварних швів і ущільнювальних поверхонь корпусу і кришки.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Ремонт апарата [11]

При зупинці установки на тривалий час або для виконання ремонтних робіт, пов'язаних із зварюванням, здійснюють повне стягання спирту з усіх колон і всього допоміжного обладнання, заздалегідь припиняють подачу бражки на бражний насос, а замість бражки на насос подають воду, якою бражка витісняється з усіх комунікацій і підігрівників бражки. При підвищенні температури на живильній тарілці бражної колони до 100 С через 10 хв припиняють подачу води і пари в бражну колону, при цьому необхідно слідкувати за тим, щоб крани на трубопроводах, які сполучають колону з вакуум-переривниками, були обов'язково відкриті. Потім звільняють від рідини вакуум-переривники, паро й водо регулятори, гідравлічні затвори, теплообмінники та інші елементи установки. Відкривають кришки люків і лазів колон, знімають кришки теплообмінників, все устаткування добре промивають, очищають і оглядають для виявлення дефектів. Незалежно від стану установки під час зупинки проводять ревізію насосів, всі внутрішні деталі бражної колони очищають від накипу (осаду), перепаковують всі фланцеві з'єднання, які мали витіки, приводять у порядок запірну арматуру (притирання й набивання сальників), очищають від бруду й накипу теплообмінну апаратуру, оглядають внутрішні частини колон, спрацьовані деталі ремонтують або заміняють новими, тарують і регулюють контрольно-вимірвальні прилади, промивають і очищають від бруду водяний колектор, водонапірний бак, очищають і промивають скло на ліхтарях і ротаметрах.

Накип може бути видалений з поверхні теплопередачі в дефлегматорах механічним або хімічним способом. Механічна очистка здійснюється шарошками, а потім металевими щітками, йоржами, а хімічна - спочатку розчином соди (суміш кальцинованої й каустичної), а потім після 5 - 10-хвилинного промивання водою - розчином соляної кислоти.

Випробування апарату

Випробування змонтованого апарату проводиться з метою перевірки герметичності всіх частин апарату та правильної їх взаємодії між собою.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевірку герметичності колон апарату рекомендується проводити стиснутим повітрям, а перевірку на герметичність інших частин апарату – водою під тиском, в такому порядку, як і при монтажі.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

5 ОХОРОНА ПРАЦІ [10]

Управління охороною праці - це підготовка, прийняття та реалізація рішень по здійсненню організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на збереження здоров'я та працездатності людини в процесі трудової діяльності. Система управління охороною праці (СУОП) є складовою частиною загальної системи керування підприємством, установою. Управління охороною праці передбачає участь у цьому процесі майже всіх служб та підрозділів підприємства. Об'єктом управління є діяльність структурних підрозділів, яка спрямована на створення безпечних і здорових умов праці. Управління охороною праці підприємства або установи в цілому здійснює роботодавець, а в підрозділах (цехах, відділах, службах) керівники або головні фахівці. Координує всю цю діяльність служба охорони праці. Підпорядковується служба охорони праці безпосередньо власнику.

Система управління охороною праці підприємства (СУОП) включає службу охорони праці та керівництво підприємства і керується у своїй діяльності законодавством України про охорону праці і про працю, міжгалузевими і галузевими нормативними актами з охорони праці і Положенням про службу охорони праці.

Основними функціями управління охороною праці, що розробляє і втілює служба охорони праці, є:

1. Створення ефективної системи управління (СУОП), яка б сприяла удосконаленню діяльності кожного структурного підрозділу і кожної посадової особи.

2. Здійснення оперативного-методичного керівництва роботою з охорони праці.

3. Розробка разом із структурними підрозділами заходів по забезпеченню норм безпеки, гігієни праці та виробничого середовища або їх підвищення (якщо вони досягнуті), а також підготовка розділу "Охорона праці" колективного договору.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.Розробка змісту та методики проведення інструктажу з питань охорони праці.

5.Забезпечення працюючих правилами, стандартами, нормами, положеннями, інструкціями та іншими нормативними актами.

6.Проведення паспортизації цехів, дільниць, робочих місць щодо відповідності їх вимогам безпеки.

7.Здійснення оперативного та поточного контролю за станом охорони праці на підприємстві.

8.Розробка перспективних та поточних планів роботи підприємства щодо створення безпечних та нешкідливих умов праці.

9.Пропаганда та агітація безпечних і нешкідливих умов праці шляхом проведення консультацій, конкурсів, бесід, лекцій, наочної агітації та методичної роботи кабінету охорони праці.

10.Участь у комісіях по введенню в дію цехів, дільниць, нового устаткування або після капітального ремонту.

11.Забезпечення працюючих колективними та індивідуальними засобами захисту від шкідливих та небезпечних чинників виробництва, лікувально-профілактичним харчуванням, миючими засобами, санітарно-побутовими приміщеннями, надання передбачених законодавством пільг і компенсацій, пов'язаних із важкими і шкідливими умовами праці.

Перелік шкідливих та небезпечних виробничих чинників, що діють у варильному відділенні наведені в таблиці 7.1

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.1.

Джерела виникнення небезпечних і шкідливих виробничих чинників	Шкідливі та небезпечні виробничі чинники
1 Спиртовловлювач	1 Пари етилового спирту
2 Конденсатор	2 Пари етилового спирту
3 Колона бражна	3 Тепловиділення, пари етилового спирту
4 Дефлегматор бражної колони	4 Пари етилового спирту підвищена температура
5 Кип'ятильник (Зшт.)	5 Підвищений тиск, тепловиділення, гостра пара
6 Колона епюраційна	6 Тепловиділення, пари етилового спирту
7 Конденсатор епюраційної колони	7 Тепловиділення, пари ефіро-альдегідної фракції
8 Колона ректифікаційна	8 Тепловиділення, пари етилового спирту, пари сивушного масла, пари ефіро-альдегідної фракції
9 Конденсатор ректифікаційної колони	9 Пари ефіро-альдегідної фракції
10 Збірник епюрату	10 Пари головної фракції
11 Холодильник спирту	11 Тепловиділення, пари етилового спирту
12 Холодильник сивушного масла	12 Тепловиділення, пари етилового спирту, пари сивушного масла

У відділенні, що проектується повинні дотримуватися наступних заходів безпеки:

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

- Робота брагоректифікаційних і ректифікаційних установок, якщо є пропуски пари чи рідини у зварних або фланцевих з'єднаннях, лючках, заклепках чи штуцерах, не допускається.

- На паропроводі, який підводить пару у відділення брагоректифікації, мусять встановлюватися автоматичні регулювальні пристрої, що виключають можливість подання пари в апарати з тиском вище встановленої величини.

- Усі колони брагоректифікаційних і ректифікаційних установок, які працюють при атмосферному тиску, знизу й згори мусять обладнуватися вакуум-переривниками. Установлення запірних пристроїв між установками і вакуум-переривниками не допускається. У брагоректифікаційних установках, колони які працюють під тиском нижче атмосферного, встановлюється загальний вакуум-переривник на комунікації між барометричним конденсатором і вакуум-насосом.

- Для уловлювання спиртової пари, яка виходить з повітровиків установок, повинні встановлюватися спиртові уловлювачі.

- Повітровики мусять бути споряджені вогнеперешкоджувачами. Не допускається скидати рідини, які містять спирт у бродильні установки.

- Електроустаткування і електроосвітлення у

- відділенні брагоректифікації має бути виконано у відповідності до вимог ПУЕ. Корпуси електродвигунів та іншого електроустаткування, спиртоприймачі, мірильники мають бути заземлені згідно вимог.

- У приміщенні відділення брагоректифікації мусять застосовуватися інструменти, який виключає іскроутворення.

- У приміщенні відділення брагоректифікації треба передбачити:

а) напірний бак з півгодинним запасом води на випадок припинення подавання її з водопровідної мережі;

б) аварійне освітлення;

в) телефонний зв'язок;

г) пожежогасіння, парогасіння та первинні протипожежні засоби.

- Збірники і мірильники спирту і спиртопродуктів повинні мати герметичні люки, що зачиняються та сполучаються з атмосферою за допомогою

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повітровиків, споряджених дихальними клапанами і вогнеперешкоджувачами. Рекомендується встановлювати перед вогнеперешкоджувачами спиртоуловлювач насадкового типу. Повітровики повинні виводитись за межі приміщення згідно з вимог.

- У відділенні брагоректифікації мають бути індивідуальні засоби захисту; шланговий протигаз з виносним шлангом, переносний електросвітильник напругою не вище 12 В. у вибухозахищеному виконанні або акумуляторний ліхтар УАС — 3В, запобіжний пояс з рятувальною вірвовкою, протигаз фільтруючий з коробкою А-2 комплекта, аптечка з необхідними медикаментами тощо.

- Чищення та ремонт брагоректифікаційних, ректифікаційних установок можуть дозволятися лише після їхньої зупинки, охолодження, промивання водою, відключення Трубопроводів за допомогою заглушок, провітрювання приміщення та улаштування риштування, яке має міцну огорожу.

- Приміщення відділення брагоректифікації повинно бути обладнано системою автоматичного попередження накопичення вибухонебезпечних концентрацій парів ЛЗР а ввімкненням звукової сигналізації та аварійної вентиляції.

Розрахунок штучного освітлення у відділенні браго- ректифікації.

Виробничий цех має розміри довжина $A = 18$ м; ширина $B = 12$ м, висота підвіски світильника 3 м. -

Мінімальна освітленість ламп розжарювання за нормами $E_{тіп} = 100$ лк Коефіцієнт відбиття стелі $\rho_{ст.} = 70\%$, стін $\rho_{ст.} = 50\%$. Напруга в мережі 220 В.

Визначаємо індекс приміщення за формулою

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A+B)} \quad (7.1)$$

де A - довжина приміщення, м;

B - ширина приміщення, м;

H_p - висота світильника над робочою поверхнею, м

Визначаємо індекс приміщення за формулою 7.1

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$i = \frac{18 \cdot 12}{3 \cdot (18 + 12)} = 2,4$$

Згідно даних при $i=2,4$; $p_{\text{ся}}=70\%$; стін $p_{\text{стн}}= 50\%$ коефіцієнт світлового потоку приймаємо $n = 0,52$; $z=1,15$; $K = 1,5$.

Для досягнення найбільшої рівномірності освітлення приймається відношення $L : H = 1$ тоді відстань між центрами світильників визначається за формулою (в м)

$$L = 1,4 \cdot H \quad (7.2)$$

Визначемо відстань між центрами світильників за формулою 7.2

$$L = 1,4 \cdot 3 = 4,2$$

Визначаємо необхідну кількість ламп в (шт) за формулою

$$n = \frac{S}{L^2} \quad (7.3)$$

Визначаємо необхідну кількість ламп за формулою 7.3

$$n = \frac{18 \cdot 12}{4,2^2} = 13 \text{ шт}$$

При розмішені ламп в 3 ряди по 5 шт. кількість світильників становитиме $5 \times 3 = 15$ шт.

Визначаємо світловий потік однієї лампи в (лм) за формулою

$$\Phi = \frac{E \cdot S \cdot Z \cdot K}{n \cdot \eta} \quad (7.4)$$

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де Φ - світловий потік, що освітлює поверхню, лк ,

$E_{\text{мін}}$ - мінімальна освітленість даного робочого місця за нормами,
лк;

S - площа приміщення, м²;

K - коефіцієнт запасу;

z - коефіцієнт мінімального освітлення.

Визначаємо світловий потік однієї лампи за формулою 7.4

$$\Phi = \frac{100 \cdot 12 \cdot 18 \cdot 1,15 \cdot 1,5}{15 \cdot 0,52} = 4777$$

Приймаємо лампу потужністю 500 Вт, яка має світловий потік 6800 лм.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

ВИСНОВКИ

В даному проекті розраховано і розроблено ректифікаційну установку безперервної дії у виробництві етилового спирту продуктивністю 2500 дал умовного спирту за добу, запроєктовано епюраційну колону з ковпачковими тарілками.

Наведені теоретичні основи і особливості процесу ректифікації, обґрунтований вибір матеріалу та конструкція апарата при виготовленні колони.

Проведені технологічні розрахунки , розрахунки матеріального і теплового балансів, визначені конструктивні розміри ректифікаційного колонного апарату.

Проведені розрахунки гідравлічного опору апарата та вибір допоміжного обладнання .

Виконані розрахунки на міцність підтвержують працездатність колони.

Визначена методика проведення монтажу обладнання та встановлені способи проведення ремонтних робіт .

Для забезпечення виконання необхідних вимог з охорони праці визначені причини можливих небезпек і шкідливих умов праці передбачені способи їх усунення.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Шиян П.Л., Сосницький В.В., Олійнічук С.Т. Інноваційні технології спиртової промисловості. Теорія і практика: Монографія. – К.: Видавничий дім «Асканія», 2009. – 424 с.
2. Технологія спирту /В.О. Маринченко, В.А. Домарецький, П.Л. Шиян, В.М.Швець, П.С. Циганков, І.Д. Жолнер// Під ред. проф. В.О. Маринчека. – Вінниця: Поділля-2000, 2003. – 496 с.
3. Цыганков П.С. Ректификационные установки спиртовой промышленности, – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 336с.
4. Марценюк О.О.,Мельник Л.М.Процеси і апарати харчових виробництв.-К.,НУХТ,2011.- 407 с.
5. Малезик І.Ф. Процеси і апарати харчових виробництв.Курсове проектування-К.,НУХТ,2012.- 543 с.
- 6.Лацинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. – Л., Машиностроение, 1970.- 752 с
7. Бачурин П.Я. , Устинников Б.А. , Оборудование для производства спирта и спиртпродуктов . – М. : Агропромиздат , 1975.-343с.
- 8.Яровенко В.Л. , Устинников Б.А. , Богданов Ю.П. ,Справочник по производству спирта . – М. : Легкая и пищевая промышленность , 1981.-336с.
- 11.Фарамазов В.Н. Ремонт и монтаж химического и нефтеперерабатывающего оборудования: -М.: Химия, 1985.-246с.
12. Циганков П.С. Монтаж і експлуатація брагоректифікаційних установок.- Київ: Техніка,1970.-264с.
- 10.Основи охорони праці / М. П. Купчик, М. П. Гандзюк, І. Ф. Степанець та ін.// К.: Основа, 2000. – 416 с.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		