

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: Брагоректифікаційна установка у  
виробництві етилового спирту. Розробити бражну колону  
з ситчатими тарілками .

Виконав:  
студент групи ХМдн-54-чк  
Ветка Константин Юрійович

\_\_\_\_\_  
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

**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 Ветка Константин Юрійович

1 Тема проекту: Брагоректифікаційна установка у виробництві етилового спирту. Розробити бражну колону з ситчатими тарілками.

2 Вихідні дані: Розробити кожухотрубний кондентсатор бражної колони . Продуктивність 3600 дал /добу. Вміст ЛЛК (%мас.): у початковій суміші –8,0; на верхній тарілці–45,1. Робочий тиск-0,102Мпа.

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

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

4 Рекомендована література: 1. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра / укладачі: Р. О. Острога, М. С. Скиданенко, Я. Е. Михайловський, А. В. Іванія. – Суми : СумДУ, 2019. – 32 с.; 2.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.....	6
1.2 Теоретичні основи процесу.....	8
1.3 Опис об'єкту розроблення та вибір основних конструктивних матеріалів.....	12
2 Технологічні розрахунки процесу і апарата	
2.1 Матеріальний та тепловий баланси.....	15
2.2 Технологічні розрахунки.....	19
2.3 Конструктивні розрахунки апарата.....	20
2.4 Гідравлічний опір апарата.....	25
2.5 Вибір допоміжного обладнання.....	27
3 Розрахунки апарата на міцність та герметичність	
3.1 Визначення товщини стінки апарата, кришки.....	33
3.2 Розрахунок трубної решітки.....	36
3.3. Розрахунок опор апарата.....	46
4 Монтаж та ремонт апарата	
4.1 Монтаж розробленого апарата.....	50
4.2 Ремонт апарата.....	54
5 Охорона праці.....	62
Висновки.....	69
Список літератури.....	70
Додаток А - Специфікації	

					ПОХНВ.Р.00.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата			
Розроб.		Ветка			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Корнієнко			3	70	
Н. контр.		Корнієнко			СумДУ, гр. ХМдн-54чк		
Затв.		Складінський					

## ВСТУП

До пріоритетних напрямків програми запровадження ресурсо- та енергозберігаючих технологій, освоєння технологій моторного палива з рослинної сировини, використання в технологічних процесах альтернативних та відновлювальних джерел енергії та сировини.

До загальнодержавних пріоритетів належить впорядкування переліку статистичних підприємств, до яких належать і підприємства спиртової галузі, проведення науково-технічного аудиту щодо їхнього спрямування на інноваційну модель розвитку.

При входженні України в СОТ, та у зв'язку з будівництвом в країнах СНД великої кількості спиртових підприємств, вітчизняна спиртова галузь опинилася в умовах жорсткої конкуренції як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках, що поставило під загрозу існування більшості спиртових заводів в Україні.[1]

Для підвищення конкурентоспроможності вітчизняній спиртовій промисловості за ініціативою Державного концерну «Україна» за участю провідних наукових установ була розроблена та прийнята на державному рівні програма «Еталон» (Постанова КМ України №1044 від 04. 07. 2000 року).

На виконання поставлених завдань без залучення бюджетного фінансування було розроблено інноваційні енергозаощаджні технології, використання високоефективних спіральних теплообмінників, пластинчатих та повітряних дефлегматорів, підвищення концентрації сухих речовин зернового сусла до 26...29 % та концентрації спирту в бражці до 13...15 од., повернення частки фільтрату барди на приготування замісу, застосування нових, селекційних рис спиртових дріжджів, рекуперативне використання вторинних теплових потоків у браго ректифікаційних установках із ступеневим перепадом тиску в колових та вакуумних браго ректифікаційних установках (БРУ). Розроблені теоретичні основи використання теплових насосів в системі БРУ.

Для підвищення власної конкурентоспроможності вітчизняні виробники мають орієнтуватися на випуск продукції найвищої якості, впровадження енерго-

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

та ресурсозберігаючих, мало- та безвідходних екологічно безпечних технологій з максимальною утилізацією відходів виробництва. [1]

Для спиртного виробництва характерні наявність спеціалізованого високоефективного устаткування, комплексна механізація і автоматизація виробничого процесу, коротка тривалість технічного циклу.

Все це дозволяє забезпечити високопродуктивну і ритмічну роботу, ефективно використовувати основні виробничі фонди, матеріальні і трудові ресурси, що сприяє досягненню високої продуктивності праці і низької собівартості продукції.

Аналіз роботи підприємств галузі, світовий досвід засвідчують: неможливо підвищити якість продукції і знизити витрати на її виробництво без широкого впровадження сучасних систем управління обладнанням, технологічними комплексами та створення корпоративних систем управління виробництвом.[2]

В основі модернізації спиртового виробництва мають бути новітні досягнення науки і техніки, на базі яких розроблятимуться високоефективні автоматизовані технологічні комплекси для спиртової галузі.

Технічний рівень спиртової промисловості в значній мірі визначається організацією та апаратурним оформленням найбільш складного процесу брагоректифікації.[3]

Даною кваліфікаційною роботою передбачено запроєтувати БРУ у виробництві етилового спирту з розробкою бражної колони з ситчатими тарілками.

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

# 1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Опис технологічної схеми виробництва [1]

Перегонкою називають процес розділення суміші, яка складається з двох або більшої кількості летких компонентів. Розділення перегонкою ґрунтоване на різниці в леткості і температурі кипіння окремих компонентів, які входять у склад суміші. При кипінні суміші більш леткий компонент переходить у парову фазу у відносно більшій кількості, ніж менш леткий, що збагачує пару легколетким компонентом. При конденсації цієї пари отримують рідину, яка відрізняється за складом відносно вихідної і містить більшу кількість легколеткого компонента.

На спиртових заводах використовують два способи розділення сумішей - просту перегонку і ректифікацію.

Проста перегонка (дистиляція) являє собою процес однократного часткового випаровування рідкої суміші і конденсації утвореної пари. Цей спосіб використовують тоді, коли немає потреби у повному розділенні суміші, і тоді, коли леткість компонентів суміші значно відрізняється. Просту перегонку використовують у виробництві коньяка, олії і ефірних масел.

Ректифікація являє собою процес багатократної перегонки при протічній взаємодії пари, що утворюється при перегонці, з рідиною, яку отримують при конденсації пари.

Здійснюють ректифікацію в колонних апаратах. Ректифікація забезпечує більш повне розділення суміші, отримують більш чисті кінцеві продукти з мінімальним вмістом домішок.

Дозріла бражка із бродильного відділення насосами подається в підігрівач бражки, де підігрівається бражними парами з колони.

Підігріта бражка поступає в сепаратор бражки (поз. ), де з неї виділяється вуглекислий газ. CO<sub>2</sub> разом з парами спирту поступає на конденсатор сепаратора

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

CO<sub>2</sub> (поз. ), неконденсовані гази надходять в спиртовловлювач бражної колони (поз. ).

Із сепаратора (поз. ), бражка поступає на тарілку живлення бражної колони (поз. ). В бражній колоні відбувається перегонка бражки із отриманням бражного дистиляту.

Пари, які надходять із бражної колони (поз. ) спочатку конденсуються в підігрівачі бражки (поз. ), потім в конденсаторах БК (поз. ) та поступають на тарілку живлення епюраційної колони (поз. ). В разі переробки спирту- сирцю (ГОСТ 131-67 спирт етиловий сирець) відбувається його додавання зі складу в колектор живлення епюраційної колони (поз. ). Неконденсовані гази надходять в спиртовловлювач (поз. ) куди постійно подається вода та відводиться водно-спиртова суміш і напірний збірник лютерної води.

Барда із куба бражної колони (поз. ) відводиться через бардорегулятор в збірник барди.

Обігрів бражної колони здійснюється гострим паром через барботер.

В епюраційній колоні із бражного дистиляту виділяють фракцію головну етилового спирту. Бражний дистилят звільнений від головних домішок називають епюрат.

Обігрів епюраційної колони (поз. ) здійснюється гострим паром з котельні через кип'ятильник (поз. ). Пари з епюраційної колони послідовно конденсуються в дефлегматорі (поз. ), конденсат з якого у вигляді флегми направляється на верхню тарілку епюраційної колони, а неконденсовані пари поступають в конденсатор (поз. ), звідки у вигляді фракції головної етилового спирту подається самопливом в розгінну колону, або на холодильник (поз. ) і у вигляді побічного продукту через епруветку (поз. ) та контрольно-вимірювальні прилади (поз. ) подається в спиртоприймальне відділення.

Неконденсовані гази із конденсатора (поз. ) поступають на спиртовловлювач бражної колони (поз. ).

Звільнений від головних домішок епюрат самопливом поступає на тарілку живлення ректифікаційної колони .

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

В ректифікаційній колоні відбувається: концентрування епюрата до заданого вмісту спирту, виділення з епюрату залишків головних домішок, виділення хвостових та проміжних домішок, виділення кубового залишку – лютерної води.

Обігрів колони відбувається глухою парою із колектора пари через кип'ятильник. Конденсат відводиться в котельню.

Епюрат подається на 16 тарілку знизу.

Спирт етиловий ректифікований відбирають з верхніх тарілок в рідкій фазі. Після чого він самопливом поступає на холодильник та в збірник. Звідки насосами подається в оперативний збірник.

Спиртові пари з верхньої частини ректифікаційної колони поступають на дефлегматори, звідки у вигляді флегми потрапляють на зрошення колони.

Неконденсовані пари надходять у конденсатор, і у вигляді непастеризованого спирту самопливом надходять в епюраційну колону (поз. ). Конденсат із спиртовловлювача (поз. ) потрапляє на верхню тарілку епюраційної колони. Неконденсовані гази надходять в спиртовловлювач (поз. ), куди постійно подається вода, та відводиться водно-спиртова суміш, і напірний збірник лютерної води.

Сивушний спирт відбирається в паровій фазі і поступає на конденсатор. Звідки надходить на вхід бражних насосів.

Всі колони обладнані верхніми та нижніми вакуум переривниками (поз. ).

## 1.2 Теоретичні основи процесу [3]

Перегонкою називають процес розділення суміші, яка складається з двох або більшої кількості летких компонентів. Розділення перегонкою ґрунтується на різниці в леткості і температурі кипіння окремих компонентів, які входять в склад суміші. При кипінні суміші більш леткий компонент переходить в парову фазу в відносно більшій кількості, ніж менш леткий, що збагачує пару легколетким компонентом. При конденсації цієї пари отримують рідину, яка відрізняється за

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



складом відносно вихідної і містить більшу кількість легколеткого компонента. В суміші, що залишається при частковому випарюванні, збільшується кількість важколетких компонентів.

При багатократній перегонці суміш таким чином може бути розділена на більш-менш чисті складові.

На харчових виробництвах застосовують два способи розділення сумішей – просту перегонку і ректифікацію.

Проста перегонка (дистиляція) являє собою процес однократного часткового випаровування рідкої суміші і конденсації утвореної пари. Цей спосіб використовують коли не потрібно повного розділення суміші і коли легкість компонентів суміші значно відрізняється. Просту перегонку використовують у виробництві коньяка, олії і ефірних масел.

Ректифікація являє собою процес багатократної перегонки при протитечній взаємодії пари, що утворюється при перегонці, з рідиною, яку отримують при конденсації пари. Здійснюють ректифікацію в колонних апаратах. Ректифікація забезпечує більш повне розділення суміші, отримують більш чисті кінцеві продукти з мінімальним вмістом домішок.

Ректифікація широко використовується в спиртовому і лікєро-горілчаному виробництвах, в виноробстві, в виробництві ефірних масел.

Однокубова установка періодичної дії з двома перегонними кубами і однією колоною використовується у виробництві етилового спирту з виноградних вичавок.

Для розділення складних сумішей ректифікацією використовують багатоклонні установки. Так, для розділення трикомпонентної суміші потрібна двоколонна установка. В виробництві етилового спирту для виділення чотирьох основних фракцій використовується триколонна установка. При ректифікації складних сумішей в певних зонах колон встановлюється максимальна концентрація окремого компонента або групи компонентів. Визначивши зону накопичення домішок і відбираючи їх з цієї зони, можна значно зменшити кількість колон.

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

Окрім розглянутих способів перегонки і ректифікації для розділення азеотропних, близько-киплячих нестійких органічних сумішей використовують азеотропну і екстрактивну ректифікацію, молекулярну дистиляцію

При традиційному веденні 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.

Колонні апарати в залежності від способу контакту фаз розділяють на тарілчаті, насадкові та плівкові. Найбільш розповсюджені на харчових підприємствах ректифікаційні тарілчаті колонні апарати.

Тарілчатий колонний апарат складається з вертикального корпусу циліндричної форми, сферичної кришки і днища. Корпус колони може бути виготовлений зварним або з окремих царг, якщо тиск в апараті не перевищує 1,6 МПа. В спиртовому виробництві найчастіше використовують колони в царговому виконанні. Діаметр колон складає 400 – 4000 мм. В середині корпусу змонтовані тарілки. Висота колони залежить від кількості тарілок і відстані між ними. При перегонці рідини, що не піниться, мінімальна відстань рекомендується в межах 170-200 мм. З ростом діаметру колони відстань між тарілками збільшується.

На корпусі ректифікаційної колони розміщені штуцери: вводу сировини, пари, флегми і виводу пари, кубового залишка. При закритому обігріванні колони в нижній частині додатково оснащена штуцерами для виводу пари з випарника і вводу циркулюючої кубової рідини в випарник. Окрім цього колони обладнані штуцерами для вимірювання тиску і температури по висоті колони, відбору проб і ін.

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

Колони періодичної дії мають куби великої ємності, яка достатня для завантаження необхідної кількості продукту. В колонах безперервної дії кубом є нижня частина колони висотою 1-1,5 м.

Місце вводу сировини в колону визначає склад вихідної суміші, який повинен відповідати складу рідини на певній тарілці по висоті колони. Тобто місце вводу сировини і виводу проміжних фракцій визначає їх відповідний склад. Відповідно повинні бути розміщені штуцери в колоні.

Ректифікаційна колона для одержання спирту-сирця. Вона складається з двох частин. Верхня концентраційна частина оснащена 9-ма багатоковпачковими тарілками, а нижня виснажна частина – 18-ма одноковпачковими тарілками.

Ковпачкові контактні пристрої мають широкий інтервал стійкої роботи, відносно високий коефіцієнт корисної дії ( $\text{ккд} = 0,5-0,7$ ), але мають великий гідравлічний опір, і придатні для переробки чистої рідини. Недоліком їх є також значна металоємність і складність виготовлення.

Багатоковпачковими тарілками оснащені колони брагоректифікаційних установок: епюраційні, спиртові, сивушні, кінцевої очистки. Використовують їх також в концентраційній частині брагоперегонних установок для спирту-сирця. В сучасних установках епюраційні колони мають 39-40 багаковпачкових тарілок, а спиртові 71-74.

Бражні колони браго-ректифікаційної установки і виснажна частина колони браго-перегонної установки оснащені ситчатими тарілками. Вони придатні для перегонки бражки і інших рідин що містять суспендовані тверді частинки.

Ситчаста тарілка є одним з найпростіших тарілчастих контактних пристроїв. В даній кваліфікаційній роботі використані ситчаті контактні пристрої.

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

### 1.3 Опис об'єкта розробки та вибір основних конструктивних матеріалів [3]

Бражна колона призначена для того, щоб виділити із бражки спирт. Разом із спиртом виділяють і легкі домішки.

Вміст етилового спирту в бражці залежить від виду вихідної сировини і способу її переробки. Зазвичай він коливається в межах 6-11%од. В зрілій бражці завжди розчинена деяка кількість діоксину вуглецю. Мелясні бражки майже містять твердої фази, але в них більша кількість поверхнево-активних речовин, вони легко перенасичуються діоксином вуглецю і сильно міняється.

Бражна колона БРУ непрямої дії являє собою типову відгонну ректифікаційну колону. Бражка подається на верхню тарілку при температурі 60-90 С. Попередньо підігріта бражка пропускається через сепаратор діоксину вуглецю і звільняється від звичайної частки CO<sub>2</sub>.

В установках прямої і деяких видах непрямої дії бражка перед надходженням в бражну колону піддається сепарації, в результаті чого вона звільняється від головних домішок і залишку діоксину вуглецю. Місце вводу сировини в колону визначає склад вихідної суміші, який повинен відповідати складу рідини на певній тарілці по висоті колони. Тобто місце вводу сировини і виводу проміжних фракцій визначає їх відповідний склад. Відповідно повинні бути розміщені штуцери в колоні.

Бражні колони браго-ректифікаційної установки оснащені ситчатими тарілками. Вони придатні для перегонки бражки і інших рідин що містять суспендовані тверді частинки.

Ситчаста тарілка є одним з найпростіших тарілчастих контактних пристроїв.

Ситчаті тарілки працюють при помірних швидкостях пари й незначному бризковиносі, мають високу ефективність (КПД: 0,3- 0,5) у широкому діапазоні навантажень. Цей тип тарілок рекомендується використовувати в бражних

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

колонах при перегонці малясної бражки так із дробленої зерно- картопляної сировини.

Апарат працює в такий спосіб.[2]

Зріла бражка подається насосом у трубний простір бражних підігрівачів, де підігрівається до температури 85°C теплом водно-спиртових пар, які частково конденсуються в межтрубному їх просторі. Підігріта бражка проходить через оглядовий ліхтар і надходить на верхню тарілку бражної частини колони, куди також надходить і флегма з розташованої вище спиртової частини колони. Бражка, що стікає по тарілках, підігрівається пором до кипіння й з неї виділяються етиловий спирт і летучі домішки. Сягаючи виварної камери барда, що містить сліди спирту (до 0,015 %), через бардяної регулятор віддаляється з апарата.

Водно-спиртові пари конденсуються близько 50 % мас. із бражної колони надходять у між трубний простір бражних підігрівачів, де частково конденсуються в між трубному їх просторі. Пари, що пройшли дефлегматор, надходять у конденсатор, де конденсуються, і разом з конденсатом з дефлегматора надходить на тарілку живлення концентраційної колони.

При виборі конструкційного матеріалу основним критерієм є його хімічна і корозійна стійкість в заданому середовищі.[3]

В переважній більшості випадків вибирають матеріал абсолютно або достатньо стійкий в середовищі при її робочих і розрахункових параметрах і до розрахункової товщини 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 матеріалів є розрахункова температура стінок апарата, а також, якщо ця температура є допустимою для апаратів, які встановлюються на відкритих площадках або в неопалювальному приміщенні, необхідно враховувати абсолютну мінімальну зимню температуру зовнішнього

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

повітря ( для географічного району встановлення апарата ), при якій апарат може знаходитися під тиском або вакуумом.

Таким чином, вибір матеріалів повинен проводитися із його корозійної стійкості в заданому середовищі і робочих умов ( 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. А інші, по можливості, із сталі звичайної якості Ст3.

В якості матеріалу для прокладки слід використовувати пароніт.

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

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРОЦЕСУ І АПАРАТА

### 2.1 Матеріальний та тепловий баланси

Вихідні дані:

Продуктивність апарату - 3600 дал/добу;

Концентрація спирту в бражці - 7%;

Початкова температура бражки - 70<sup>0</sup> С;

Тиск гріючої пари - 1,5 кгс/см<sup>2</sup> (0,147 мПа);

Втрати спирту при браго ректифікації - 0,6%, (етанолу) в бражці, з них в бражній колоні - 0,2%.

#### Розрахунок

Для доведення 100 кг бражки до кипіння необхідно затратити кількість тепла:

$$Q_H = (t_{\text{кип}} - t_{\text{дс}}) C \times 100 \quad (2.1)$$

де С - визначаємо по рівнянню Знаменського

$$C = 1,019 - 0,0095 V \quad (2.2)$$

де V - склад сухих речовин в бражці, приймаємо 7,5%;

тоді:

$$C = 1,019 - 0,0095 \times 7,50,95 \text{ ккал/кг} \cdot ^0 \text{ С}$$

тоді:

$$Q_H = (9335-70) \times 0,95 \times 100 = 2218 \text{ ккал}$$

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

$$2218 \times 4,187 = 9287\%$$

По графіку XI - 3 знаходимо концентрацію етанолу на живильній тарілці, вона складає 8% маси (3,29% мол), а по таблиці XI - 1 [3]- температуру її кипіння - 92,6 ° С. Водно-спиртові пари, що виділяються на живильній тарілці мають концентрацію етанолу 47,6% маси (26,21%мол). Кількість водно-спиртових парів G, що відводяться з бражної колони, на 100 кг бражки (з врахуванням 2% втрат - 99,8 кг) визначаємо по формулі:

$$G = 99,8 \cdot x_{др} / y \quad (2.3)$$

де  $x_{др}$  і  $y$  - склад етанолу в бражці, що надходить на перегонку, і в парах, що виходять з колони, %мас.

тоді:

$$G = 99,8 \times 7/47,6 = 14,7 \text{ кг}$$

Якщо прийняти коефіцієнт надлишку пари  $\beta = 1,05$ , то дійсна кількість водно-спиртових парів  $G_g$  :

$$G_g = G\beta = 14,7 \times 1,05 = 15,4 \text{ кг}$$

Звідси дійсна концентрація спирту в бражному дистиляті:

$$y_g = 7 \times 99,8/15,4 = 45,1\% \text{ мас (23,4\% моль)}$$

Складаємо рівняння матеріального балансу бражної колони (на 100 кг бражки):[8]

$$100 + P = 15,4 + R \quad (2.4)$$

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



Звідси

$$R = 84,6 + P$$

де  $P$  - кількість пари що надходить [8]

$R$  - кількість барди.

Приймаємо втрати тепла в бражній колоні 810 кДж.

Складаємо рівняння теплового балансу:

1. маса бражки 100 кг, її ентальпія 279 кДж/кг;

Розрахунок кількості тепла:  $100 \times 279 = 27900$  кДж

2. Гріюча пара ( $p = 1,5$  кгс/см<sup>2</sup> або 0,147 МПа)- $P$ ; її ентальпія 2680 кДж/кг;

Розрахунок кількості тепла:

$$P \cdot 2680 = 2680P.$$

Витрати:

1. Маса водно-спиртових парів із колони - 15,4 кг; ентальпія - 2010 кДж/кг;

Розрахунок кількості тепла  $15,4 \cdot 2010 = 3100$  кДж/кг

2. Маса барди:  $R = 84,6 + P$ ;

ентальпія - 420 кДж/кг

Розрахунок кількості тепла:

$$R \cdot 420 = (84,6 + P) \cdot 420 = 35400 + 420 P.$$

Отже рівняння теплового балансу матиме такий вигляд:

$$27900 + 2680P = 31000 + 35400 + 420P + 840$$

Розв'язуємо рівняння:

$$2680P - 420P = 31000 + 35400 + 840 - 27900$$

$$2260P = 39340$$

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

$$P = 39340/2260$$

$$P = 17,4 \text{ кг}$$

Тоді:

$$R = 84,6 + 17,4 = 102 \text{ кг}$$

Для визначення числа тарілок бражної колони необхідно скласти рівняння робочої лінії колони:[8]

$$y = L/G \cdot (x - x_R) \quad (2.5)$$

Знаходимо величину парового потоку  $G$  в молях на 100 кг бражки. Кількість введеної пари складає 17,4 кг. Її молярна маса - 18. Так як тиск граючої пари мало відрізняється від тиску в колоні, то можна прийняти, що кількість молів пари що піднімається в колоні складе:

$$17,4/18 = 0,97.$$

Потік рідини  $L$  складається із бражки та конденсату пари, що підходе на нагрів бражки до кипіння на живильній тарілці. 100 кг бражки складають:  $7/46 + 93/18 = 5,3$  моль

На нагрів 100 кг бражки знадобилося 2218 ккал (9201 кДж) тепла, що відповідає:

$$9240/2260 = 4,15 \text{ кг пари (4,15/18 = 0,23 моль)}$$

$$L = 5,3 + 0,23 = 5,53 \text{ моль}$$

Рівняння робочої лінії тепер буде мати такий вигляд:

$$y = 5,53/0,96 \cdot (x - 0,004)$$

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.2 Технологічні розрахунки

Побудуємо на графіку рівноваги пряму лінію, що відповідає даному рівнянню, і знайдемо число ступенів концентрації маси значенням концентрації від 0,2 до 24,3 % мол.[8]

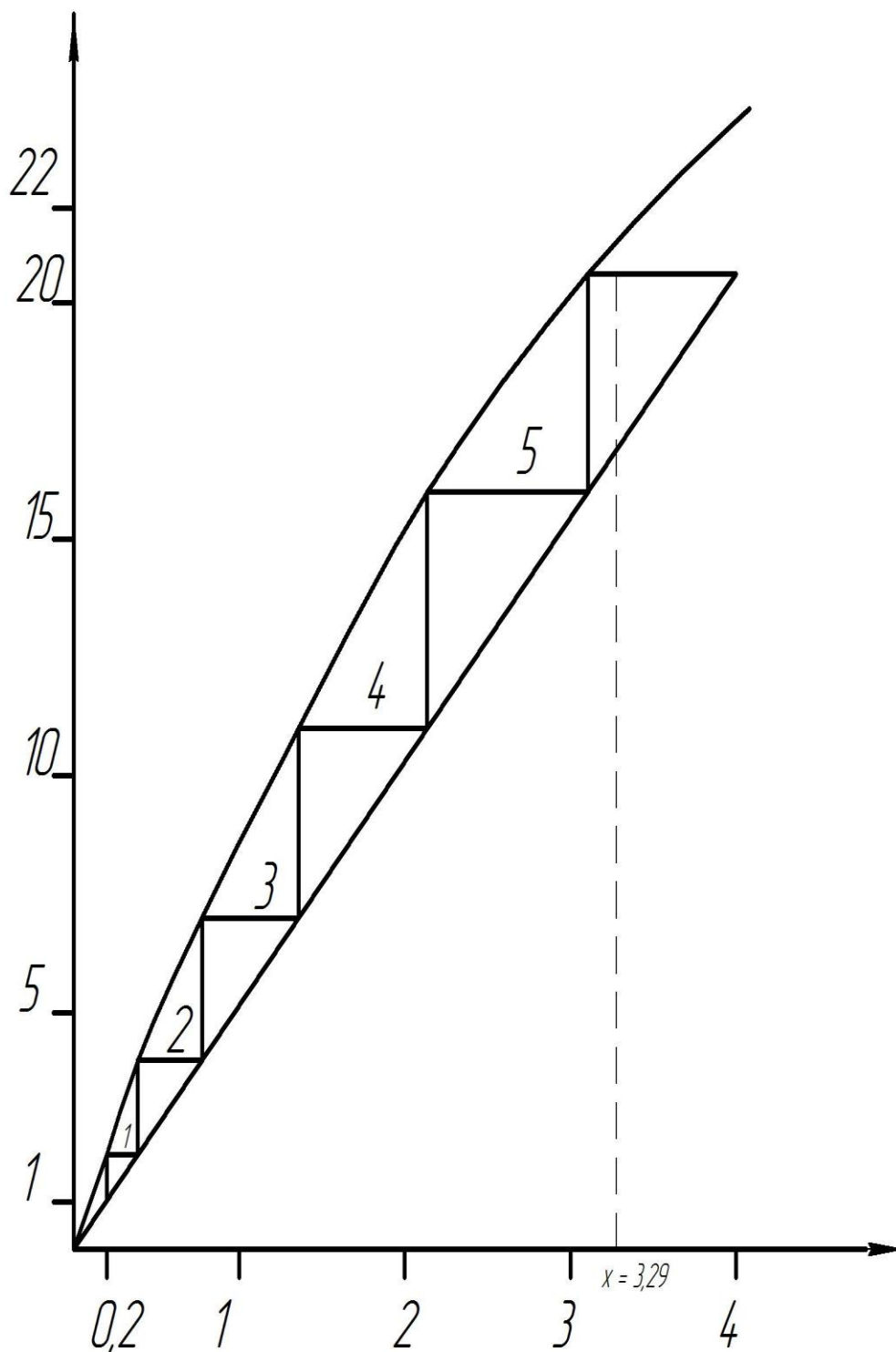


Рис.2.1 Знаходження числа ступенів зміни концентрації

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ

Арк.

19

Визначаємо кількість тарілок по формулі Сореля – Харіна в межах 0,2 % моль-0,004 % моль:

$$n = \frac{\lg \left[ 1 + \frac{x_0}{x_R} \left( \frac{KG}{L} - 1 \right) \right]}{\lg \frac{KG}{L}} \quad (2.6)$$

де  $x_0 = 0,2$  % моль;

$x_R = 0,004$  % моль;

$K$  – коефіцієнт випаровування етанолу в інтервалі його малих концентраціях

$$n = \frac{\lg \left[ 1 + \frac{0.2}{0.004} \left( \frac{13 \cdot 0.96}{5.53} - 1 \right) \right]}{\lg \frac{13 \cdot 0.93}{5.53}} = 5$$

Отже, загальне число теоретичних тарілок буде 10,25 реальних тарілок буде 29,6 ( при ккд 0,35). Приймаємо 30 тарілок.

### 2.3 Конструктивні розрахунки

Для визначення конструктивних розмірів колони приймаємо гранично - припустиму швидкість пари в колоні  $w_n = 0,5$  м/с. [3]

Об'єм парів ( $m^3$ ), що піднімається за 1 с в колоні, визначаємо по формулі:

$$V_n = 0.785 \cdot d^2 w_n \quad (2.7)$$

звідки:

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

$$d = \sqrt{V_n / 0.785 \cdot w_n} = \sqrt{0.85 / 0.785 \cdot 0.5} = 1.47 \text{ м}$$

Приймаємо діаметр колони 1500мм

Висоту тарілчастої частини колони визначимо з рівняння

$$H_T = (N_d - 1) h_{MT}; \quad (1.26)$$

де  $h_{MT} = 0,5$  м - висоту міжтарілчастої відстані;

$$H_T = (30 - 1) \cdot 0,5 = 14,5 \text{ м.}$$

Висоту сепараційного простору верхньої частини колони вибираємо конструктивно з умови, що вона становить  $(0,4-0,5)$  діаметра колони:

$$H_B = 0,5 \cdot 1,4 = 0,7 \text{ м.}$$

Діаметр патрубків визначимо по формулі:

$$d_{\Pi} = \sqrt{\frac{V_{сек}}{0,785 \cdot \omega}} \quad (2.8)$$

де  $V_{сек}$  - секундна витрата рідини або пари, м<sup>3</sup>/з;

$\omega$  - швидкість рідини або пари;

$\omega = (0,5-2,5)$  м/с - швидкість рідини в напірних трубопроводах;

$\omega = (0,1-0,5)$  м/с - швидкість рідини в трубі;

$\omega = (5-20)$  м/с - швидкість пари в патрубку.

Патрубок виходу пари

$$d = \sqrt{\frac{0,64}{0,785 \cdot 20}} = 0,20 \text{ м.}$$

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

Приймаємо  $d=200$  мм.

Патрубок входу бражки

$$d = \sqrt{\frac{3,22}{0,785 \cdot 2,5 \cdot 746,88}} = 0,046 \text{ м.}$$

Приймаємо  $d=50$  мм.

Патрубок до вакуум-переривника ухвалюємо 40 мм, до пробного холодильника 20 мм, патрубок для зливу рідини (дренаж) і для промивання ухвалюємо 25 мм, монтажні люки 400 мм, гільзи термопари 32 мм.

Діаметр патрубка для введення гріючої пари визначаємо по формулі:

$$d_1 = \sqrt{\frac{P \cdot 4}{\rho_1 \cdot \pi \cdot V_1}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,63}{3,14 \cdot 1,62 \cdot 20}} = 0,16 \text{ м.} \quad (2.9)$$

Приймаємо  $d_1=200$  мм.

де  $\rho_1 = 1,62$  кг/м<sup>3</sup> - щільність пари, що гріє;

$P=0,48$  кг/з - висота пари, що гріє;

$V_1=30$  м/с - швидкість руху пари, що гріє.

Діаметр патрубка для відведеного конденсату

$$d_2 = \sqrt{\frac{P \cdot 4}{\rho_k \cdot \pi \cdot V_2}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,63}{935 \cdot 3,14 \cdot 0,5}} = 0,04 \text{ м.}$$

Приймаємо  $d_2=40$  мм,

де:  $\rho_k=935$  кг/м<sup>3</sup> - щільність конденсату,

$V_2=0,5$  м/з - швидкість руху конденсату .

Виходячи з формули

$$Q = G \cdot C_m (t_R - t'_6), \quad (2.10)$$

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

Визначимо кількість киплячої рідини

$$G = \frac{Q}{c_M (t_R - t'_\sigma)} = \frac{1414400}{3850(105 - 92,25)} = 28,8 \text{ кг/с}$$

де  $Q=1034,3$  кВт - теплове навантаження;

$t_r=105$  °С - температура в нижній частині колони;

$t'_\sigma=92,25$ °С - температура кипіння бражки;

$C_M=3,85$  кДж/(кг•к) - теплоємність бражки.

Діаметр патрубку для входу й виходу цього продукту

$$d_3 = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\pi \cdot \rho \cdot V_3}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 28,8}{3,14 \cdot 914 \cdot 0,5}} = 0,204 \text{ м.}$$

Приймаємо  $d_3=210$  мм,

де  $\rho=914$  кг/м<sup>3</sup>- щільність киплячої рідини;

$V_3=0,5$  м/ з-с- швидкість руху рідини патрубка.

Розрахунок барботера

Діаметр барботера визначаємо за формулою:

$$d_b = \sqrt{\frac{4V_n}{\pi W}} \quad (2.11)$$

де,  $W = 15$  м/с

Тоді:

$$d_b = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,85}{3,14 \cdot 15}} 0,278 = 268 \text{ мм}$$

Площа паровипускних отворів

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

$$S_o = 1.25 \frac{\pi d_b^2}{4} = 1.25 \frac{3.74 \cdot 268^2}{4} = 70477 \text{ мм}^2 \quad (2.12)$$

Діаметр отворів приймаємо 15 мм.

Число отворів:

$$n_o = \frac{4S_o}{\pi d_o^2} = \frac{4 \cdot 70477}{3.14 \cdot 225} = 399 \text{ шт.}$$

Довжина ділянки барботера зайнятого отворами:

$$l = D - (100 \dots 200)$$

де, D – діаметр колони, 1400 мм

$$l = 1400 - 200 = 1200 \text{ мм}$$

Крок між отворами приймаємо 25 мм, число отворів в даному ряді:

$$n = l/t + 1 = 1200 / 25 + 1 = 49 \text{ шт.}$$

Число повздовжніх рядів:

$$n_n = \frac{n_o}{n_t} = \frac{399}{8} = 49 \text{ рядів} \quad (2.13)$$

Вираховуємо перерахунок кількості отворів в одному ряді:

$$n = 399 / 8 = 49 \text{ шт.}$$

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



Крок між рядами:

$$t_1 = \frac{\pi d_o}{2(n_{np} - 1)} = \frac{3.14 * 268}{2(8 - 1)} = 60.1 \text{ мм}$$

## 2.4 Гідравлічний опір апарата [6]

Вибираємо стандартну тарілку типу ОСТ 26-805-73 з наступними параметрами:

Вільний перетин колони, м <sup>2</sup>	
Робочий перетин тарілки,	1,834 м <sup>2</sup>
Діаметр отворів, d, мм	4
Крок між отворами, t, мм	10
Відносний вільний перетин тарілки, %	10
Перетин переливу, м <sup>2</sup>	0,088
Периметр зливу, м <sup>2</sup>	0,8

Гідравлічний опір тарілок колони  $\Delta P$  визначаємо по формулі:

$$\Delta P_K = \Delta P \cdot N, \quad (2.14)$$

де  $\Delta P$  - гідравлічний опір тарілки колони відповідно, Па;

$N$  - число тарілок у колоні відповідно 30.

Повний гідравлічний опір однієї тарілки  $\Delta P$  складається із трьох складових

$$\Delta P = \Delta P_c + \Delta P_n + \Delta P_b. \quad (2.15)$$

Гідравлічний опір сухої тарілки

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

$$\Delta P_C = \xi \frac{\omega_o^2 \cdot \rho_n}{2F_c^2} \quad (2.16)$$

де:  $\xi$  - коефіцієнт опору сухої тарілки, застосовуємо  $\xi = 1,85$ ;

$\omega_o$  - швидкість пари, м/с;

$\rho_n$  - щільність пари, кг/м<sup>3</sup>.

Таким чином

$$\Delta P_C = 1,85 \frac{0,85^2 \cdot 1,96}{2 \cdot 0,159^2} = 52,4 \text{ Па.}$$

Гідравлічний опір паро-рідинного шару на тарілці:

$$\Delta P_{\Pi} = g \cdot \rho_{\text{ж}} \cdot h_o, \quad (2.17)$$

де  $h_o$  - висота світлого шару рідини, ухвалюємо 0,02 м;

$\rho_{\text{ж}}$  - щільність рідини, кг/м<sup>3</sup>.

Тоді:

$$\Delta P = 9,81 \cdot 739,9 \cdot 0,02 = 145 \text{ Па}$$

Гідравлічний опір, обумовлене силами поверхневої напруги рівно:

$$\Delta P_{\delta} = 4\delta / d_o, \quad (2.18)$$

де  $\delta = 4,5 \cdot 10^{-2}$  Н/М - поверхневий натягу рідини;

$d_o = 0,004$  м - діаметр отворів тарілки.

$$\Delta P_{\delta} = \frac{4 \cdot 4,5 \cdot 10^{-2}}{0,004} = 45 \text{ Па.}$$

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

Повний гідравлічний опір однієї тарілки верхньої й нижньої частини колони дорівнює:

$$\Delta P = 52,4 + 145 + 45 = 242,4 \text{ Па}$$

Повний гідравлічний опір бражної колони

$$\Delta P_K = \Delta P \cdot N = 242,4 \cdot 30 = 7272 \text{ Па.}$$

Перевіримо, дотримується чи при відстані між тарілками  $h = 0,5 \text{ м}$  необхідне для нормальної роботи тарілок умова:

$$h > 1,8 \frac{\Delta P}{\rho_{\text{ж.}} \cdot g} = \frac{1,8 \cdot 242,4}{739,9 \cdot 9,81} = 0,06 < 0,5 \text{ м} \quad (2.19)$$

Умова виконується.

## 2.5 Вибір допоміжного обладнання

Площа поверхні теплообміну кип'ятильника й бражного підігрівника визначаємо по формулі:

$$F = Q / K \cdot \Delta t; \text{ м}^2 \quad (2.20)$$

де  $Q$  - теплове навантаження, кВт

$K$  - коефіцієнт теплопередачі; Вт/(м<sup>2</sup> · °К)

$\Delta t$  - корисна різниця температур; °С.

Визначаємо площу теплопередачі кип'ятильника.

Корисну різницю температур визначимо по формулі:

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

$$\Delta t = t_{\text{п}} - t_{\text{б}} - 2; \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.21)$$

де  $t_{\text{п}} = 133,8 \text{ } ^\circ\text{C}$  - температура пари;

$t_{\text{б}} = 92,25 \text{ } ^\circ\text{C}$  - температура барди;

$\Sigma\Delta = \eta^\circ$  - температурна депресія;

$$\Delta t = 133,8 - 92,25 - 2 = 39,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Коефіцієнт теплопередачі визначається по формулі:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}; \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К}) \quad (2.22)$$

де  $\alpha_1$  - коефіцієнт тепловіддачі від пари до стінки,  $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$

$\alpha_2$  - коефіцієнт тепловіддачі від стінці до бражки;

$\lambda$ - коефіцієнт теплопровідності матеріалу труби;  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{ДО})$

$\delta$  - товщина стінки.

Коефіцієнт тепловіддачі від, що гріє пари до стінки визначимо по формулі:

$$\alpha_1 = 1,21\lambda \left( \frac{\rho_2 \cdot r \cdot g}{\mu \cdot H} \right)^{1/3} \times q^{-1/3} \quad (2.40)$$

де  $\lambda = 68,5 \cdot 10^{-2} \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{ДО})$  - коефіцієнт теплопровідності конденсату;

$\rho = 935 \text{ кг}/\text{м}^3$  - щільність конденсату;

$r = 2165,8 \text{ кДж}/\text{кг}$  - теплота пароутворення;

$\mu = 219 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$  - динамічний коефіцієнт в'язкості конденсату;

$H = 2 \text{ м}$  - висота труб кип'ятильника;

$g = 28000 \text{ Вт}/\text{м}^2$  - питоме теплове навантаження.

Таким чином:

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

$$\alpha_1 = 1,21 \cdot 68,5 \cdot 10^{-2} \left( \frac{935^2 \cdot 2165,8 \cdot 10^3 \cdot 9,81}{219 \cdot 10^{-6} \cdot 2} \right) \cdot 1,76 \cdot 2800^{-1/3} = 3359,84$$

Коефіцієнт тепловіддачі од стінці до предмета визначимо по формулі:

$$\alpha_2 = A_1 \cdot g^{0,5}; \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}) \quad (2.24)$$

де  $A_1$  - коефіцієнт залежності від фізичних властивостей киплячої рідини;

$$A_1 = 780 \frac{\lambda^{1,3} \cdot \rho^{0,5} \cdot \rho^{0,06}}{G^{0,5} \cdot r^{0,6} \cdot \rho_c^{0,66} \cdot c^{0,3} \cdot \mu^{0,3}}; \quad (2.43)$$

де  $\lambda = 0,359 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$  - коефіцієнт теплопровідності водно-спиртового розчину;

$\mu = 0,6 \cdot 10^{-7} \text{ Па} \cdot \text{с}$  - коефіцієнт динамічної в'язкості киплячої рідини;

$G$  - коефіцієнт поверхні натягу киплячої рідини (Н/м).

$$G = \left( \frac{\rho_n \cdot \rho_p}{M} \right) = \frac{23,29 \cdot 10^{-3} \cdot 914}{46} = 4,5 \cdot 10^{-2} \text{ Н/м} \quad (2.25)$$

де  $\rho_p = 914 \text{ кг}/\text{м}^3$  - щільність киплячої рідини;

$\rho_n = 0,69 \text{ кг}/\text{м}^3$  - щільність пари при робочому тиску;

$\rho_c = 0,887 \text{ кг}/\text{м}^3$  - щільність пари при тиску  $P = 105 \text{ Па}$ ;

$r = 155,3 \cdot 10^3 \text{ Дж}/\text{кг}$  - питома теплота паротворення;

$c = 3,85 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{°C})$  - питома теплоємність киплячої рідини.

Таким чином

$$A_1 = \frac{780 \cdot 0,359^{1,3} \cdot 914^{0,5} \cdot 0,69^{0,06}}{(4,5 \cdot 10^{-2})^{0,5} (1553 \cdot 10^3)^{0,6} (0,887)^{0,66} (3,85 \cdot 10^3)^{0,3} (0,6 \cdot 10^{-3})^{0,3}} = 4,66$$

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

Звідси коефіцієнт тепловіддачі складе:

$$\alpha_2 = 466 \cdot 28000^{0,6} = 2171 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}).$$

Коефіцієнт теплопровідності для нержавіючої сталі складе 15 Вт/м·°К

Визначимо коефіцієнт теплопередачі для кип'ятильника:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{9517} + \frac{0,0015}{15,1} + \frac{1}{2171}} = 1504 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Необхідна площа поверхні теплопередачі кип'ятильника складатиме:

$$F = \frac{1034300 \cdot 1,04}{1504 \cdot 39,6} = 24,3 \text{ м}^2.$$

Площа поверхні бражного підігрівника визначимо для зони охолодження бражною й водою.

Кількість тепла, що відводиться бражною складе:

$$Q_1 = G_M \cdot c_M (t_2 - t_1); \text{ кВт} \quad (2.26)$$

де  $c_M$  - питома теплоємність бражки;

$$Q = \frac{367861 \cdot 3,85(85 - 25)}{86400} = 983,5 \text{ кВт}.$$

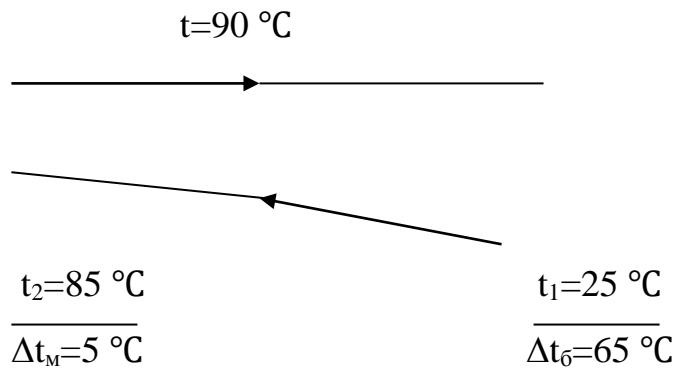
Теплота, яка припадає на водну частину підігрівача складе:

$$Q_2 = Q_d - Q_1 = 1284,8 - 983,5 = 301 \text{ кВт} \quad (2.27)$$

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

де  $Q_d$ - тепло, що приходить у підігрівник із бражним дистилятом.

Визначимо корисну різницю температур для зони охолодження бражкою:



Визначимо коефіцієнт теплопередачі для бражного підігрівника по формулі:

$$K = \beta^3 \sqrt{v^2} \quad (2.28)$$

де  $\beta=709$  - емпіричний коефіцієнт для сталевих труб;

$v$  - швидкість плинину рідини в трубах (для бражки  $v=0,2$  м/с, для води - 0,1 м/с).

Таким чином коефіцієнт теплопередачі зони охолодження бражкою складе:

$$K_1 = 709 \sqrt[3]{0,2^2} = 242,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Коефіцієнт теплопередачі в зоні охолодження водою складе:

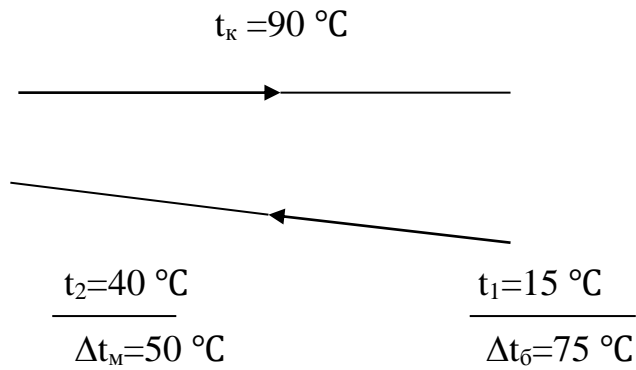
$$K_2 = 709 \sqrt[3]{0,1^2} = 152,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

При цьому:  $\Delta t_6 / \Delta t_m > 2$ , тоді

$$\Delta t_1 = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_m}{2,31g \frac{\Delta t_6}{\Delta t_m}} = \frac{65 - 5}{2,31g \frac{65}{5}} = 23 \text{ °C} \quad (2.29)$$

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

Визначимо корисну різницю температур для зони охолодження водою:



Таким чином  $\frac{\Delta t_6}{\Delta t_M} < 2$ , то

$$\Delta t_2 = \frac{\Delta t_6 + \Delta t_M}{2} = \frac{50 + 75}{2} = 65,2 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.30)$$

Тоді

$$F_1 = \frac{983,5 \cdot 10^3}{242,5 \cdot 23} = 176,3 \text{ м}^2$$

$$F_2 = \frac{301 \cdot 10^3}{152,8 \cdot 62,5} = 31,5 \text{ м}^2.$$

Необхідна загальна поверхня теплопередачі складе:

$$F = 176,3 + 31,5 = 207,8 \text{ м}^2.$$

До установки застосовуємо двох секційний підігрівник бражки загальною площею поверхні підігріву  $210 \text{ м}^2$  з діаметром корпусу для верхньої частини: 600 мм, для нижньої частини: 1000 мм.

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



## 3 РОЗРАХУНОК АПАРАТА НА МІЦНІСТЬ ТА ГЕРМЕТИЧНІСТЬ

### 3.1 Визначення товщини стінки апарата , кришки [7]

Приймаємо розрахункові параметри, згідно умов експлуатації й завдання на проектування.

За розрахункову температуру ухвалюємо максимально можливу температуру куба в робочому стані бражної колони:  $t = 107^{\circ}\text{C}$ .

Розрахунковий тиску прийняти рівним максимально можливому при мінімальному протіканні технологічного процесу без обліку гідростатичного, тому що тиску стовпа рідини не перевищує 5% від робітника (гідровипробування проводять у горизонтальному положенні), [7]  $p = 0,10$  Мпа (надлишковий).

Збільшення на корозію в цьому випадку дорівнює нулю, тому що застосовується харчова нержавіюча сталь 12Х18Н10Т:  $c=0$ .

Коефіцієнт міцності зварених швів - для стикової із двостороннім проваром, виконаним автоматичним і напівавтоматичним зварюванням при контролі швів по довжині до 50% [8, 10].

Напруга, що допускається для матеріалу (сталь 12Х18Н10Т) циліндричної стінки царг колони й еліптичного днища (кришки) при 20 і розрахунковій температурі відповідно:  $[\sigma]_{20} = 184$  МПа;  $[\sigma] = 173$  МПа.

Розрахункове значення границі текучості для сталі 12Х18Н10Т [10]:  
 $\sigma_{m20} = 276$  МПа.

Допускають напруга в умовах гідравлічних випробувань (гідровипробування проводяться в горизонтальному положенні) визначається по формулі:

$$[\sigma]_u = \sigma_{m20} / 1,1 = 276 / 1,1 = 251 \text{ МПа.} \quad (3.1)$$

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

Пробний тиск при гідровипробуванні [7]:

$$P_u = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,5p[\sigma]_{20}/[\sigma] \\ 0,2 \end{array} \right\} \quad (3.2)$$

$$P_u = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,5 \cdot 0,10 \cdot \frac{184}{173} = 0,16 \text{ МПа} \\ 0,2 \text{ МПа} \end{array} \right\} = 0,2 \text{ МПа}$$

Розрахункова (номінальна) товщина стінки обичайки визначається по формулі:

$$s_p = \max \left\{ \begin{array}{l} pD/(2\varphi[\sigma] - p) \\ p_u D/(2\varphi[\sigma]_u - p_u) \end{array} \right\} = \quad (3.3)$$

$$= \max \left\{ \begin{array}{l} 0,10 \cdot \frac{1600}{2 \cdot 0,9 \cdot 173 - 0,10} = 0,51 \text{ мм} \\ 0,20 \cdot \frac{1600}{2 \cdot 0,9 \cdot 251 - 0,20} = 0,71 \text{ мм} \end{array} \right\} = 0,62 \text{ мм}$$

де D - внутрішній діаметр обичайки царги колони, мм.

Виконавча товщина аркуша для обичайки корпусу колони:

$$s \geq s_p + c = 0,71 + 0 = 0,71 \text{ мм}. \quad (3.4)$$

Остаточно ухвалюємо товщину циліндричної обичайки з урахуванням стійкості при виготовленні рівної:

$$s = 6 \text{ мм}.$$

Перевіряємо умову застосовності формул безмоментної теорії:

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



$$S_1 \geq 0,71 + 0 = 0,71 \text{ мм.}$$

Остаточна товщину еліптичного днища рівна:

$$S = 6 \text{ мм.}$$

Перевіряємо умову застосовності формул безмоментної теорії:

$$(s-c)/D \leq 0,1; \quad (3.7)$$

$$(6-0)/1600 = 0,004,$$

що менше 0,1 - умова застосовності формул виконане

### 3.2 Розрахунок фланцевого з'єднання [7]

Внутрішній діаметр апарата..... D=1600 мм

Товщина стінки кожуха..... S=6 мм

Матеріал корпусу..... сталь 12X18H10T

Температура робочого середовища..... t=90°C

Розрахунковий тиск..... Pp= 0, 21 МПа

Матеріал фланця..... сталь 20

Конструктивні розміри фланця

Товщину втулки фланця приймаємо  $S_0 = 8 \text{ мм}$ , що задовольняє умову

$$S_0 > S \quad (8 \text{ мм}) > (6 \text{ мм})$$

Для плоских приварних фланців приймаємо  $S_1 = S_0$ .

Висота втулки фланця:

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

$$h_g > 0,5\sqrt{D(S_o - c)} \text{ мм} \quad (3.8)$$

$$h_g > 0,5\sqrt{1600(8-1)} = 52,9\text{мм}$$

Відповідно примітці табл.13.7[19], табл.235 висоту втулки приймаємо  $h_g = 158\text{мм}$ .

Діаметр осьового кола болтів:

$$D_\sigma = D + (2S_o + d_\sigma + u) \text{ м} \quad (3.9)$$

де:  $d_\sigma$  - зовнішній діаметр болта, при  $D=1600$  мм і  $p_p=0,21\text{МПа}$ ,  
 $d_\sigma=20$  мм[19], табл.1.40 ст.94;  
 $u$  - нормований зазор,  $u = 4\text{мм}$ [19],ст.95;

$$D = 1600 + 2(2 \cdot 8 + 20 + 4) = 1680\text{мм} = 1,68\text{м}$$

Зовнішній діаметр фланця:

$$D_n = D_\sigma + a \text{ мм} \quad (3.10)$$

де  $a$  – конструкційна добавка; для шестигранних гайок при  $d_\sigma = 20\text{мм}$ ,  
 $a = 40\text{мм}$  [7];

$$D_n = 1680 + 40 = 1720\text{мм}$$

Зовнішній діаметр прокладки:

$$D_{nn} = D_\sigma - l \text{ мм} \quad (3.11)$$

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

де:  $l$  - конструктивна величина, для плоских прокладок  $l = 30\text{мм}$  [7].

$$D_{ин} = 1680 - 30 = 1650\text{мм}$$

Середній діаметр прокладки:

$$D_{сн} = D_{ин} - e \quad \text{мм} \quad (3.12)$$

де:  $e$  - конструктивна величина, для плоских прокладок  $e = 15\text{мм}$  [7];

$$D_{сн} = 1650 - 15 = 1635\text{мм}$$

Кількість болтів, необхідних для забезпечення герметичності з'єднання:

$$n_{\sigma} \geq \pi D_{\sigma} / t_{ин} \quad \text{шт} \quad (3.13)$$

де:  $t_{ин}$  - шаг розташування болтів М20 на болтова окружність, при

$$p_p = 0,21\text{МПа}; t_{ин} = (4,2 + 5)d_{\sigma} = 4,5d_{\sigma} = 4,5 \cdot 20 = 90\text{мм} [7], \text{ табл.97.}$$

$$n_{\sigma} = \frac{3,14 \cdot 1680}{90} = 58,64\text{шт}$$

Приймаємо  $n_{\sigma} = 60\text{шт}$ , кратне чотирьом.

Висота (товщина фланця):

$$h_{\phi} \geq \lambda_{\phi} \sqrt{D \cdot S_{\text{эк}}} \quad \text{мм} \quad (3.14)$$

де:  $\lambda_{\phi}$  - коефіцієнт: для плоских фланців  $\lambda = 0,34$  при  $p_p = 0,21\text{МПа}$  [7];

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

$S_{\text{эк}} = S_o = 8 \text{ мм}$  , так як для плоских фланців  $\beta_1 = S_1 / S_o = 1$ ;

$$h_{\phi} > 0,34\sqrt{1550 \cdot 8} = 38,46 \text{ мм}$$

Приймаємо  $h_{\phi} = 40 \text{ мм}$

Розрахункова довжина болта:

$$l_{\phi} = l_{\phi,o} + 0,28d_{\phi} \quad \text{м} \quad (3.15)$$

де:  $l_{\phi,o}$  - відстань між опорами поверхонь опри головки болта і гайки при товщині прокладки  $h_n = 2 \text{ мм}$ :

$$l_{\phi,o} = 2(h_{\phi} + h_n) \quad \text{мм}$$

$$l_{\phi,o} = 2(40 + 2) = 84 \text{ мм}$$

$$l_{\phi} = 84 + 0,28 \cdot 20 = 89,6 \text{ мм} \approx 90 \text{ мм} \approx 0,090 \text{ м}$$

Навантаження діючі фланець.

Рівнодіюча внутрішнього тиску:

$$F_{\phi} = \frac{p_p \pi D_{cn}^2}{4} \quad \text{МН} \quad (3.16)$$

$$F_{\phi} = \frac{0,21 \cdot 3,14 \cdot 1,635^2}{4} = 0,4222 \text{ МН}$$

Реакція прокладки:

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

$$R_n = \pi D_{cn} \epsilon_o K_{np} P_p \text{ МН} \quad (3.17)$$

де:  $K_{np}$  - коефіцієнт, для фторопласта – 4  $K_{np} = 2,5$  [7];  
 $\epsilon_o$  - ефективна ширина прокладки;  $\epsilon_o = \epsilon = 15 \text{ мм}$  [7];

$$R_n = 3,14 \cdot 1,635 \cdot 0,015 \cdot 2,5 \cdot 0,21 = 0,040 \text{ МН}$$

Зусилля, які виникають при температурній деформації:

$$F_t = \frac{y_o \cdot n_o \cdot f_o \cdot E_o (\alpha_\phi \cdot t_\phi - \alpha_o \cdot t_o)}{y_p + y_o + 0,5 \cdot y_\phi (D_o - D_{cn})^2} \text{ МН} \quad (3.18)$$

де:  $\alpha_a, \alpha_o$  - відповідно коефіцієнт лінійного розширення матеріала фланців сталь 20 і болтів 35Х;  $\alpha_\phi = 12,0 \cdot 10^{-6} \text{ } 1/^\circ\text{C}$  і  $\alpha_o = 13,3 \cdot 10^{-6}$

$t_\phi$  - розрахункова температура не ізольованого фланця  
 $t_\phi = 0,96 \cdot t = 0,96 \cdot 100 = 96^\circ \text{ C}$  [7],

$t_o$  - розрахункова температура болтів  $t_o = 0,95t = 0,95 \cdot 100 = 95^\circ \text{ C}$ ;

$y_o$  - лінійна податливість болтів;

$$y_o = \frac{l_o}{E_o \cdot f_o \cdot n_o} \text{ м/МН} \quad (3.19)$$

$$y_o = \frac{0,090}{1,9 \cdot 10^5 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 60} = 33,6 \cdot 10^{-6} \text{ м/МН}$$

де  $E_o$  - модуль пружності матеріалів болтів,  $E_o = 1,9 \cdot 10^5 \text{ МПа}$

$f_o$  - розрахункова площа поперечного перерізу болта  $f_o = 21,35 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$   
 [7];

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



$y_p$  - лінійна податливості прокладки:

$$y_p = \frac{k_n \cdot h_n}{E_n \cdot \pi \cdot D_{cn} \cdot \epsilon} \quad \text{м/МН} \quad (3.20)$$

$$y_n = \frac{1 \cdot 0,002}{2000 \cdot 3,14 \cdot 1,635 \cdot 0,015} = 12,98 \cdot 10^{-6} \text{ м/МН}$$

де:  $k_n$  - коефіцієнт об жаття прокладки;  $k_n = 1$  [19], ст.99;

$E_n$  - модуль пружності прокладки;  $E_n = 2000 \text{ МПа}$ ;

$y_\phi$  - кутова податливість фланця:

$$y_\phi = \frac{[1 - \nu(1 + 0,9 \cdot \lambda_\phi^1)] \psi_2}{h_\phi^3 \cdot E} \quad 1/\text{МН} \cdot \text{м} \quad (3.21)$$

де:

$$\nu = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot \lambda_\phi^1 (1 + \psi_\phi^1 \cdot h_\phi^2 / S_{\text{эк}}^2)} \quad (3.22)$$

де:  $\psi_1, \psi_2$  - коефіцієнти:

$$\psi_1 = \frac{1,28 \cdot l_\phi \cdot D_n}{D} = \frac{1,28 \cdot l_\phi \cdot 1720}{1550} = 0,04 \quad (3.23)$$

$$\psi_2 = \frac{D_n + D}{D_n - D} = \frac{1720 + 1550}{1720 - 1550} = 27,7$$

$$\lambda_\phi^1 = \frac{h_\phi}{\sqrt{D \cdot S_{\text{эк}}}} = \frac{40}{\sqrt{1550 \cdot 8}} = 0,35 \quad (3.24)$$

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

Тоді , підставивши знайдені величини у формулу (3.22) отримаємо:

$$\nu = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot 0,35(1 + 0,04 \cdot 0,04^2 / 0,008^2)} = 0,61$$

По формулі (2.21) визначаємо:

$$y_{\phi} = \frac{[1 - 0,61(1 + 0,9 \cdot 0,35)] \cdot 2,27}{0,004^3 \cdot 2 \cdot 1,91 \cdot 10^5} = 0,45 \text{ 1/МН} \cdot \text{м}$$

Підставивши всі відомі величини в формулу (3.18) визначимо:

$$F_t = \frac{33,6 \cdot 10^{-6} \cdot 60 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 1,9 \cdot 10^5 (12 \cdot 10^{-6} \cdot 96 - 13,3 \cdot 10^{-6} \cdot 95)}{12,98 \cdot 10^{-6} \cdot 33,6 \cdot 10^{-6} + 0,5 \cdot 0,45(1,68 - 1,635)^2} = -0,020 \text{ МН}$$

При  $F_t < 0$  повинна виконуватися умова:

$$[\sigma]_{\sigma} \cdot n_{\sigma} \cdot f_{\sigma} - |F_t| > F_{\sigma 2} \quad (3.25)$$

Болтове навантаження в умовах монтажу:

$$F_{\sigma 1} = \max \left\{ \begin{array}{l} K_{ж} \cdot F_{\sigma} + R_n = 1,52 \cdot 0,4222 + 0,04 \text{ МН} \\ 0,5 \cdot \pi \cdot D_{сс} \cdot e_{\sigma} \cdot p_{np} = 0,5 \cdot 3,14 \cdot 1,535 \cdot 0,015 \cdot 10 = 0,385 \text{ МН} \end{array} \right\} = 0,68 \text{ МН} \quad (3.26)$$

де:  $p_{np} = 10 \text{ МПа}$  - для прокладки з пароніта, [7];

Болтове навантаження в робочих умовах:

$$F_{\sigma 2} = F_{\sigma 1} + (1 - K_{ж})F_{\sigma} + F_t = 0,68 + (1 - 1,52)0,4222 + (-0,020) = 0,44 \text{ МН} \quad (3.27)$$

Провіримо чи виконується умова (3.25):

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

$$230 \cdot 60 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} - |-0,02| = 3,223 \text{ МН} > 0,44 \text{ МН}$$

Умова (3.21) виконується.

Провіримо згинальний момент:

$$M_o = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,5(D_{\delta} - D_{cn})F_{\delta 1} \\ 0,5[(D_{\delta} - D_{cn})F_{\delta 2} + (D_{cn} - D - S_{\text{эк}})F_{\delta}] \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} \end{array} \right\} =$$

$$= \left\{ \begin{array}{l} 0,5(1,68 - 1,635)0,68 = 0,0153 \text{ МН} \cdot \text{м} \\ 0,5[(1,68 - 1,635) \cdot 0,44 + (1,635 - 1,6 - 0,008)0,4222] \frac{147}{142} = 0,016 \text{ МН} \cdot \text{м} \end{array} \right\} =$$

$$= 0,016 \text{ МН} \cdot \text{м} \quad (3.28)$$

де  $[\sigma]_{20}, [\sigma]$  - нормативно допустимі напруги матеріала фланця при  $t = 20^{\circ}\text{C}$  і робочій температури відповідно  $[\sigma]_{20} = 147 \text{ МПа}$ ,

$$[\sigma + 142 \text{ МПа}] [7];$$

Перевірка міцності і герметичності з'єднання.

Умова міцності болтів при монтажі фланцевого з'єднання і в його робочім стані виконується:

$$\frac{F_{\delta 1}}{n_{\delta} \cdot f_{\delta}} \langle [\sigma]_{\delta, 20}; \frac{0,68}{60 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4}} = 48,23 < 230 \text{ МПа} \quad (3.29)$$

$$\frac{F_{\delta 2}}{n_{\delta} \cdot f_{\delta}} \langle [\sigma]_{\delta}; \frac{0,44}{60 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4}} = 31,2 < 230 \text{ МПа} \quad (3.30)$$

де:  $[\sigma]_{\delta, 20}$  і  $[\sigma]_{\delta} = 230 \text{ МПа}$  - допустимі напруження для болтів з сталі 35Х при  $20^{\circ}\text{C}$  і робочій температурі відповідно.

Умова міцності прокладки виконується:

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

$$\frac{F_{\sigma.\max}}{\pi \cdot D_{cn} \cdot e} \langle [p_{np}] \rangle \quad (3.31)$$

$$\frac{0,68}{3,14 \cdot 1,635 \cdot 0,015} = 8,82 \text{ МПа} \langle 40 \text{ МПа} \rangle$$

де  $[p_{np}] = 40 \text{ МПа}$  [5], табл.1.44, табл.11;

$$F_{\sigma.\max} \max\{F_{\sigma_1}; F_{\sigma_2}\} = \max\{0,68 \text{ МН}; 0,44 \text{ МН}\} = 0,68 \text{ МН}$$

Максимальне напруження в перерізі, обмеженим розміром  $S_0$ , з врахуванням формул:

$$\sigma_0 = f_{\phi} \cdot \sigma_1 = \frac{f_{\phi} \cdot T_{\phi} \cdot M_0}{D^* (S_1 - c)^2} \text{ МПа} \quad (3.32)$$

так як у плоского привареного фланця втулка циліндрична  $S_1 = S_0$ .

$$f_{\phi} = 1, \text{ так як } S_1 / S_0 = 1 \text{ [19], табл. 1.42, } D^* = D = 1,55 \text{ м,}$$

так як  $D > 20S_0$ .

$$(1,6 \text{ м}) > 20 \cdot 0,008 = 0,16 \text{ м};$$

$$T_{\phi} = \frac{D_n^2 \left[ 1 + 8,55 l_0 \left( \frac{D_n}{D} \right) \right] - D^2}{(1,05 D^2 + 1,94 D_n^2) \left( \frac{D_n}{D} - 1 \right)} \quad (3.33)$$

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

$$T_{\phi} = \frac{1,72^2 \left[ 1 + 8,55 l_0 \left( \frac{1,72}{1,55} \right) \right] - 1,55^2}{(1,05 \cdot 1,55^2 + 1,945 \cdot 1,72^2) \left( \frac{1,721}{1,55} - 1 \right)} = 1,88$$

Тоді по формулі (3.32) визначаємо:

$$\sigma_{\circ} = \frac{1 \cdot 1,88 \cdot 0,016 \cdot 1,61}{1,55(0,008 - 0,001)^2} = 234 \text{ МПа}$$

Напруження у втулці від внутрішнього тиску:

тангенціальне:

$$\sigma_t = \frac{p_p D}{2(S_{\circ} - c)} = \frac{0,21 \cdot 1,55}{2(0,008 - 0,001)} = 24 \text{ МПа} \quad (3.34)$$

меридіольне:

$$\sigma_m = \frac{p_p D}{4(S_{\circ} - c)} = \frac{0,21 \cdot 1,55}{4(0,008 - 0,001)} = 12 \text{ МПа} \quad (3.35)$$

Умова міцності для перерізу обмеженого розміром  $S_{\circ} + 8 \text{ мм}$  виконується:

$$\sqrt{(\sigma_{\circ} + \sigma_m)^2 + \sigma_t^2} - (\sigma_{\circ} + \sigma_m) \cdot \sigma_t \langle \varphi[\sigma_{\circ}] \rangle \quad (3.36)$$

$$\sqrt{(234 + 12)^2 + 24^2} - (234 + 12) \cdot 24 = 234 \text{ МПа} \langle 0,9537 \rangle = 515,7 \text{ МПа}$$

де  $[\sigma]_{\circ} = 0,003E = 0,003 \cdot 1,91 \cdot 10^5 = 537 \text{ МПа}$  - для сталі 20 в перерізі  $S_{\circ}$  при  $p_p = 0,21 \text{ МПа}$ ;

Кругова напруга в кільці фланця по формулі:

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

$$\sigma_{\kappa} = \frac{M \circ [1 - \nu(1 + 0,9\lambda_{\phi}^1)] \sqrt{2}}{Dh_{\phi}^2} \text{ МПа} \quad (3.37)$$

$$\sigma_{\kappa} = \frac{0,016[1 - 0,61(1 + 0,9 \cdot 0,35)]27,7}{1,55 \cdot 0,04^2} = 34,2 \text{ МПа}$$

Умова герметичності фланцевого з'єднання виконується:

$$\theta = (\sigma_{\kappa} / E)(D / h_{\phi}) [\theta] \text{ рад}$$

$$\theta = (34,2 / 1,91 \cdot 10^5)(1,55 / 0,04) = 7,16 \cdot 10^{-3} < 0,013 \text{ рад} \quad (3.38)$$

де:  $[\theta]$  - допустимий кут повороту плоского фланця ,  $[\theta] = 0,013 \text{ рад}$  [7]

### 3.3 Розрахунок опори апарата [5]

Вертикальні апарати встановлюють на стійках: при відношенні  $H/D > 5 \left( \frac{225000}{1600} = 14,1 \right)$  апарати встановлюють на так звані бічні опори (циліндричні або конічні). Висота циліндричної опори повинна бути не менше 600 мм.

Підбір опори здійснюємо при мінімальному, максимальному навантаженні на опори.

Мінімальне приведенне навантаження – сила від ваги пустого апарату

$$Q_{min} = (M_{\kappa} + M_{\tau}) \cdot g \quad (3.39)$$

де  $M_{\kappa}$  – маса колони, кг;

$M_{\tau}$  – маса тарілок, кг.

$$M_{\kappa} = (V_{\text{ц}} + 2V_{\text{д}}) \cdot \rho \quad (3.40)$$

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

де  $\rho$  – густина матеріалу колони;

$V_{\text{ц}}$  – об'єм циліндричної частина колони;

$V_{\text{д}}$  – об'єм днища/кришки.

$$V_{\text{ц}} = S_{\text{ц}} H_{\text{ц}} \quad (3.41)$$

де  $S_{\text{ц}}$  – площа поперечного перерізу обичайки;

$H_{\text{ц}}$  – висота циліндричної частини.

$$V_{\text{ц}} = \pi H_{\text{ц}} (D + 2S) S = 3,14 \cdot 19,4 (1,6 + 2 \cdot 0,06) 0,06 = 6,28 \text{ м}^3 \quad (3.42)$$

$$V_{\text{д}} = \pi \left[ (H_g + S_1)^2 \left( R + S_1 - \frac{H_g + S_1}{3} \right) - H_g^2 \left( R - \frac{H_g}{3} \right) \right] \quad (3.43 \text{ 1})$$

$$\begin{aligned} V_{\text{д}} &= 3,14 \left[ (0,3 + 0,006)^2 \left( 1,6 + 0,006 - \frac{0,3 + 0,006}{3} \right) - 0,3^2 \left( 1,6 - \frac{0,3}{3} \right) \right] = \\ &= 0,0271 \text{ м}^3 \end{aligned}$$

$$M_{\text{к}} = (6,28 + 2 \cdot 0,0271) \cdot 7850 = 49723,5 \text{ кг}$$

$$M_{\text{т}} = m_{\text{т}} \cdot n \quad (3.44)$$

де  $m_{\text{т}}$  – маса тарелки,  $m_{\text{т}} = 68,6$  кг

$$M_{\text{т}} = 30 \cdot 68,6 = 2058 \text{ кг}$$

$$Q_{\text{min}} = (49723,5 + 2058) \cdot 9,81 = 507976,52 \text{ Н}$$

$$Q_{\text{min}} = 0,51 \text{ МН}$$

Максимальне приведенне навантаження – з врахуванням ваги рідини

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

$$M_p = V_p \cdot \rho_p \quad (3.45)$$

$$V_p = 0,785D^2 \cdot H_{ц} + \pi H_{д}^2 \left( R - \frac{H_{д}}{3} \right) \quad (3.46)$$

$$V_p = 0,785 \cdot 1,6^2 \cdot 19,4 + 3,14 \cdot 0,3^2 \left( 1,6 - \frac{0,3}{3} \right) = 21,83 \text{ м}^3$$

$$M_p = 21,83 \cdot 1000 = 21833 \text{ кг}$$

$$Q_{max} = (Q_{min} + M_p) \cdot g \quad (3.47)$$

$$Q_{max} = (51781,5 + 22300) \cdot 9,81 = 726739,52 \text{ Н} = 0,727 \text{ МН}$$

Тоді по даним таблиць для  $Q_{min}$  до 0,111 МН і  $Q_{max}$  до 1,47 МН вибираємо циліндричну опору.

Перевіримо міцність зварного з'єднання в місцях з'єднання корпусу з обичайною опори

$$\sigma = \frac{Q_{max}}{\pi D a_1} \leq \varphi \cdot \min\{[\sigma]_o; [\sigma]_к\} \quad (3.48)$$

де  $a_1$  – розрахункова товщина зварного шва;  $a_1=7$  мм;

$[\sigma]_o, [\sigma]_к$  - допустиме навантаження для матеріалу опори і колони;

$\varphi$  - коефіцієнт міцності зварного шва;

$$[\sigma]_o = 136 \text{ МПа для сталі В. Ст. 3, см}^3$$

$$[\sigma]_к = 155 \text{ МПа для сталі 12Х18Н10Т.}$$

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



$$\varphi = 0,7$$

$$\sigma = \frac{726739,52}{3,14 \cdot 1,6 \cdot 0,007} = 20,6 \text{ МПа} \leq 0,7 \cdot 136 = 95,2 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується.

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

## 4 МОНТАЖ ТА РЕМОНТ АПАРАТА

### 4.1 Монтаж розробленого апарата [10]

Ректифікаційні установки розміщують в окремій будівлі, або її частині, огорожуючи від решти будівлі капітальною стіною. Приміщення повинно відповідати вимогам пожежної безпеки у відповідності з СНиП 2-М.2-72, пред'явленим до виробництв категорії А та приміщень класу В-1а. Архітектурні рішення та конструкції будівель ректифікаційного відділення повинні відповідати СНиП 2-А.5-70 та СНиП 2-М.2-72.

По висоті будівлі сирцеві ректифікаційні установки та установки періодичної дії для ректифікації спирту-серцю розміщують на трьох поверхах; безперебійної дії установки для ректифікації спирту-серцю та браго ректифікаційні установки звичайно займають чотири поверхи, а інколи і п'ять.

На першому поверсі знаходяться фундаменти під бражну, спиртову та сивушну колони, та нижні частини колон, регулятори для відводу барди й лютерної води, насоси, збірники лютерної барди та води, холодильники спирту, збірники сивушного масла, колектор пари. При закритому обігріві колон, на першому поверсі розміщують випарники колон та збірник конденсату пари. До першого поверху ректифікаційного відділення, як правило, приєднане спиртоприймальне відділення, яке розміщується в одноповерховій будівлі.

На другому поверсі на відмітці 4-6 метрів знаходиться основне робоче місце апаратника, де зосереджені всі контрольно-вимірювальні прилади, регулюючі пристрої, допоміжне обладнання та колектор води. Інколи на другому, або навіть на третьому поверсі знаходяться холодильники спирту та головної фракції. Робоче місце апаратника повинно знаходитися зі сторони вікон, що забезпечує гарне природне освітлення всієї апаратури.

Третій поверх на відмітці 10-12 м робиться у вигляді проміжного майданчика, який використовують в основному при ремонті та огляді колон,

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

установки конденсаторів пари сивушної фракції. Інколи на ній встановлюють збірники дефлегматорної води, холодильники спирту та головної фракції.

Четвертий поверх на відмітці 16-18 м займає теплообмінна температура (нагрівачі бражки, дефлегматори, конденсатори, спиртовловлювачі), піновловлювачі бражних колон, сепаратори CO<sub>2</sub>. Тут знаходиться напірний збірник лютерної води, спирту-серцю, верхні вакуум-переревники.

При встановленні водонапірних ємкостей в приміщенні ректифікаційного відділення їх розміщують на верхньому поверсі на 5-8 м вище площадки, на якій встановлені дефлегматори.

Необхідну площу ректифікаційного відділення визначають на основі компоновки обладнання найбільш насиченого обладнання поверху.

Колони розміщуються в один, або два ряди. Частіше всього для установки колон в міжповерховому перекритті роблять загальний отвір (центральный або боковий), в якому встановлюються всі, або більшість колон. Доцільно робити отвори в перекриттях всіх поверхів, вони необхідні як для монтажу обладнання так і для природної вентиляції. Над верхнім поверхом має бути вентиляційний фонар або дефлектор.

Відстань між центрами колон при установці їх в один ряд може бути прийнято 2-2,5 діаметра колони. Мінімальна відстань від стіни до центра колони потрібно приймати не менше 1,5 діаметра. Виключенням можуть бути колони малого діаметра.

Холодильники, сепаратори, вакуум-переревачі, та інше малогабаритне обладнання може кріпитися до стін будівлі на кронштейнах.

Контрольні снаряди встановлюють у світлому сухому місці, віддаленого від колон та іншої апаратури, яка виділяє тепло, з розривами між ними 0,6-0,8 м, і відстанню до стіни не менше 0,6 м, на висоті 0,7-0,8 м від підлоги. При компоновці теплообмінної апаратури необхідно враховувати можливість її чистки.

Важливим моментом при компоновці дефлегматорів та бражних підігрівачів являється правильний вибір відстані між ними та колонами. Коліно між колонами

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

та дефлегматором повинно бути з плавним переходом, але можливе й під прямим кутом. Мінімальна довжина горизонтального участка труби може бути прийнята 5-7 діаметрам, але не менше 1 м.

При установці бражної колони мінімальна висота фундаменту приймається 0,6-0,8 м.

Діаметр цоколя фундаменту як правило приймається рівним  $D + 400$  мм, де  $D$  – діаметр колони, мм. Перед установкою царгу колони знімають з рами та подають до міста установки вручну, перекачуючи царгу по фланцях по підложених під фланцями дошкам.

Якщо фундаменти колон підняті до висоти другого поверху, монтуючи обладнання краще подавати на другий поверх приміщення по нахиленій естакаді з досток.

В цих випадках подача обладнання проводиться за допомогою ручних лебідок. Для здійснення підйому частин мідного апарату в середині приміщення встановлюються дві ручні лебідки. Вони закріплюються за існуючі конструкції, стіни будівлі, або за спеціально вбиті та закріплені якоря.

Троси від лебідок протягуються через відвідні блоки, потім через підйомні блоки і опускаються до фундаменту колони що встановлюється. До основного підйомного тросу прикріплюють крюк.

В ході робіт по підйому обладнання допоміжний підйомний блок може переміщуватися з міста, більш зручного для установки обладнання на верхньому поверсі.

#### Зборка колони

Зборка колони починається з установки першої царги колони на фундаменті.

Перед встановленням першої царги, фундамент колони гарно вивіряють за допомогою дерев'яної лінійки та металічного рівня. Лінійка повинна бути не коротше діаметру фундаменту. Площина фундаменту колони по всіх напрямках повинна бути строго горизонтальна. В більшості випадків колони встановлюють на фундамент без підставок.

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

На фундамент наносять крейдою осі, по яким повинні бути розміщені штуцера першої царги колони згідно монтажному кресленню.

Після цього встановлюють царгу, на ті міста, де були зроблені помітки крейдою.

Перед установкою другої царги, перевіряють довжину зливного стакану нижньої тарілки. Вона повинна бути меншою довжини між сусідніми тарілками на величину зазору між кінцем зливного стакану та полотном нижньої тарілки. Перед установкою другої царги всі болти разом із гайками перевіряють та змазують.

В процесі зборки зібрану частину колони перевіряють металічним відвісом. В повністю зібраній колоні допускається відхилення відвісу не більше 10 мм.

#### Випробування апарата [9]

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

Перевірку герметичності колон апарату рекомендується проводити стиснутим повітрям, а перевірку на герметичність інших частин апарату – водою під тиском.

Колону, що входить в комплект апарату випробовують стиснутим повітрям окремо від дефлегматорів та інших колон.

Перед випробуванням на всіх штуцерах колон встановлюють заглушки. До одного з штуцерів парової камери колони підключається повітрепровідяща труба від повітряного компресора.

Гідравлічні затвори в нижній точці повинні мати спускні крани або штуцера з заглушками. П - образні вигини труб для води та інших рідин повинні мати у найвижчих точках повітровіки для автоматичного випуску повітря, що накопилось в трубопроводі, парів, або газів. В разі, якщо разом з паром, газом або повітрям можуть витікати пари спирту, повіт ровик під'єднують до спиртової лопушки.

Після гідравлічного та пневматичного випробування налагоджують всі нещільності, та проводять випробування обладнання під навантаженням, тобто

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

перевіряють роботу установки спочатку на водяній парі, а потім на бражці, або на спирті -серці.

## 4.2 Ремонт апарата [8]

В таблиці 4.1 відхилення від норми в роботі бражних колон, причини їх виникнення та способи усунення.

Таблиця 4.1

Ненормальність	Причина	Способи усунення
	1. Зміна складу бражки, при періодичному бродінні - перехід з одного бродильного апарату на інший з перегонкою змиву попереднього апарату, переробка різних культур сировини	Завчасно інформувати апаратчика БРУ про зміни у складі бражки. при періодичному способі зброджування в кінці згонки бродильного апарату потрібно перемішувати бражку насосом або мішалкою. При недостатньому подрібнені плівчастої сировини. Встановити передаточну ємність бражки
	2. Несправність насоса, що подає бражку	Своєчасно та якісно ремонтувати насоси, використовувати дублюючий насос, контролювати роботу



		демонтувати, розібрати, промити
Низька температура бражки, що подається в колону(50-60 С)	1. Недостатня поверхня брагопідігрівачів	В ремонтний період встановити додатковий брагопідігрівач
	2. Форсування роботи бражної колони	Довести продуктивність до номінальної
	3. Забруднена поверхня теплопередачі	Провести чистку поверхонь теплообміну. Длчя збільшення швидкості руху бражки збільшити число ходів у підігрівачі
	4. Невірно зроблена обв'язка трубопроводами барабанів бражних підігрівачів	Забезпечити подачу бражки по барабанах бражного підігрівача, у напрямку збільшення температури конденсації водно - спиртової пари, що відводиться з бражної колони
	5. Низька швидкість руху бражки у бражному підігрівачі	Реконструювати бражний підігрівач, зробивши в трубній решітці в одному ході по одній трубі







	3. Висока температура охолоджуючої води	У ремонтний період зменшити поверхню теплообміну конденсаторів. Зменшити подачу бражки та продуктивність установки
	4. Надмірна подача граючої пари	Зменшити подачу граючої пари
Коливання тиску в нижній та верхній частині бражної колони	1. Нерівномірність подачі гріючої пари	Відрегулювати засоби автоматизації подачі граючої пари. Перейти на ручне регулювання
	2. Нерівномірність подачі живлення бражки, її температури	Відрегулювати за витратоміром подачу бражки, стабілізувати потік бражки
	3. Порушено кріплення тарілок, зношені тарілки	У ремонтний період перевірити при необхідності замінити тарілки, кріплення. Замінити стару колону
	4. Забруднені тарілки колони, переливні пристрої, стакани	Почистити колону механічно, промити розчинами кислоти та лугу
	5. Обігрів здійснюється зволоженою парою	Осушити паро сепаратор, або

		пароперегрівач
	6. Несправності в бардо регуляторі, гідро затворі барди	Відремонтувати бардо регулятор, гідрозатвор
Більш ніж 0,015 % втрати спирту в барді	1. Низький тиск у нижній частині колони - недостатня кількість граючої пари	Збільшити подачу граючої пари, збільшити тиск у кубовій частині колони з одночасним збільшенням подачі охолоджуючої води в конденсатори
	2. Більша ніж паспортна потужність колони	Привести до норми подачу бражки у відповідності до її концентрації
	3. Зношені контактні пристрої колони, або мала їх кількість	Відремонтувати колону, або замінити її повністю, додатково встановити царгу
	4. Нерівномірна подача бражки, граючої пари, охолоджуючої води	Привести у відповідність подачу, відрегулювати засоби автоматичного регулювання

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

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

до 100 С через 10 хв. припиняють подачу води й 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 витоки, 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.

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

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Службу охорони праці на підприємстві очолює інженер з охорони праці та техніки безпеки, який призначений директором підприємства.

Браго – ректифікаційна установка відноситься до категорії Д по електробезпеці згідно з ПУЕ , а у відношенні ураження людей електричним струмом до приміщень з підвищеною небезпекою.

Обладнання і експлуатація електричних установок на підприємстві здійснюється з дотриманням “Правил техніки безпеки при експлуатації електротехнічних установок промислових підприємств”.

Велике значення має такий вид захисту, як попереджувальні плакати. Останні поділяються на 4 групи: застерігаючі, забороняючі, дозволяючі, нагадуючі . Для підвищення працездатності та збереження здоров'я робітників важливо створити стабільні метеорологічні умови за ГОСТ 12.0.005-84 ССБТ. В поняття метеорологічні умови повітряного середовища входять: температура повітря; відносна вологість; швидкість руху повітря; інтенсивність теплового опромінення. Нормальне самопочуття людини під час виконання будь-якої роботи може бути досягнуто за певної комбінації цих параметрів. Значення параметрів, які забезпечують найкраще самопочуття і найвищу працездатність людини, вважають оптимальними нормами мікроклімату.[11]

Норми мікроклімату встановлюються в залежності від періоду року та категорії робіт. Періоди року поділяються на теплий і холодний (середньодобова температура  $> +10^{\circ}\text{C}$  та  $< -10^{\circ}\text{C}$  відповідно до сезону). Служба охорони праці на підприємстві здійснює постійний контроль за дотриманням працівниками технологічних процесів, правил поведінки з машинами, механізмами та устаткуванням. Перелік шкідливих та небезпечних виробничих чинників, що діють у брагоректифікаційному відділенні наведені в таблиці 7.1[8]

Таблиця 7.1. Перелік шкідливих та небезпечних виробничих чинників

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

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

Загальні правила з техніки безпеки при експлуатації браго – ректифікаційної установки.[8]

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

У відділенні, що проектується повинні дотримуватися наступних заходів безпеки:

- 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 повинні 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.

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



- Збірники і мірильники спирту і спиртопродуктів повинні мати герметичні люки, що зачиняються та сполучаються з атмосферою за допомогою повітровиків, споряджених дихальними клапанами і вогнеперешкоджувачами. Рекомендується встановлювати перед вогнеперешкоджувачами спиртові уловлювачі 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 — ЗВ, 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.

### Правила експлуатації БРУ.[3]

#### Перед початком роботи

-Перед початком роботи потрібно переконатись, що робоче місце не захащене сторонніми предметами, прибрано і добре освітлене, на підлозі і на робочій площадці немає слизьких місць.

- До початку роботи необхідно одягти спецодяг, застібнути його на всі гудзики.

- При прийомні зміни необхідно перевірити справність:

- устаткування та комунікацій;

- захисних огорожень;

- редуційного клапану на паропроводі подачі пари в перегінний апарат;

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

- зварювальних і фланцевих з'єднань, лючків;
  - рівномірів, вакуум-переривачів, спиртовловлювачів;
  - захисного заземлення;
  - засобів пожежогасіння.
- Обов'язково треба довідуватись про всі недоліки попередньої зміни і про заходи щодо їх усунення, про всі зміни у веденні технологічного процесу, ознайомитись із записами попередньої зміни у виробничому журналі.
- Про свої зауваження під час приймання зміни доповісти змінному технологу і зробити відповідний запис у змінному журналі.

- Виконуйте тільки доручену Вам роботу.
- Не допускайте на робоче місце сторонніх осіб.

#### Під час роботи

- Під час роботи апаратник повинен слідкувати:
  - за безперервною подачею пари і води в установку;
  - за правильним відбором спирту і побічних продуктів;
  - за тиском і температурою в колонах;
  - за виходом з апарату барди і лютерної води.
- постійно слідкувати за герметичністю фланцевих з'єднань апарату, трубопроводів, сальників, не допускати пропуску спирту і його парів.
- під час роботи не можна використовувати відкритий вогонь, виконувати роботи з нагрітими металевими предметами (паяльниками) з обладнанням і інструментом який може дати іскру.
- Не можна зберігати в брагоректифікаційному відділенні легкозаймисті матеріали.
- В БРУ тиск тримати відповідно до зазначеного в паспорті заводо-виготовача.
- Чистку і ремонт апарату можна проводити лише під час зупинки.
- Перед ремонтом установки або окремих її елементів необхідно провести стяжку спирту, промивку і пропарювання водяною парою колон, дефлегматорів, конденсаторів, трубопроводів і т. д.

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

- Перед охолодженням бражної колони для чищення перевірити справність вакуум-переривачів, і тільки після цього починайте охолодження водою.

- Відкриття лючків треба робити після охолодження колони до 45 °С та після встановлення заглушок на комунікаціях подачі бражки і пари.

- Відкривайте лючки послідовно тільки зверху вниз.

- При чищенні драбину встановлюйте збоку від лючків, щоб запобігти опікам гарячої маси, що може вирватись із колони.

- Не менше, ніж 2 рази на зміну продувайте сифон манометрів.

- При пуску пари в апарат, вентиль відкривайте повільно і плавно, щоб не було гідроударів.

- Підтягування болтів на фланцах і лючках, при необхідності, робіть тільки після прогріву колони і після того, як буде досягнутий робочий тиск.

- Не допускайте підвищення температури спирту, що проходить через ротаметр і ліхтар^ вище 30 °С.

- При чищенні тарілок відгвинчуйте лючки підтримуючи їх і дайте стекти рідині з тарілок і промийте їх водою із шланги.

- Чищення та ремонт БРУ робіть тільки при наявності справних лісів і помостів, маючи надійні огороження. Ці роботи повинні відбуватися після припинення подачі води, пари і встановлення заглушок після запірної арматури на парових комунікаціях, а також після відключення електроустаткування.

- Робота в приймальному збірнику для спирту, в бражній колоні і інших ємкостях дозволяється тільки по спеціальному наряду-допуску і повинна виконуватись у відповідності з "Інструкцією з охорони праці для працюючих всередині апаратів і колодязів".

- Перед проведенням ремонтних робіт необхідно повністю видалити з БРУ спирт та спиртопродукти, промити апаратуру і трубопроводи водою і пропарити парою. БРУ після монтажу, тривалого ремонту або простою повинна бути випробувана на герметичність (відповідно до інструкції з експлуатації).

- При необхідності проведення вогневих (зварювальни) робіт у приміщенні БРУ, які роблять теж по спеціальному наряду-допуску за підписом головного

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

інженера та інженера з охорони праці, треба робити їх суворо дотримуючих вимог інструкції з охорони праці по організації безпечного проведення вогневих робіт у вибухонебезпечних і вибухопожежонебезпечних об'єктах".

Після закінчення роботи

- Після закінчення роботи приберіть своє робоче місце.
- Здайте зміну в установленому порядку.
- Зміна вважається зданою і прийнятою після підпису у виробничому змінному журналі того хто здає і того хто приймає зміну.

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

## ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі бакалавра запроектована браго-ректифікаційна установка у виробництві етилового спирту і розроблена колона для перегонки бражки продуктивністю 3600 дал безводного спирту на добу.

Приведена технологічна схема браго-ректифікаційна установка у виробництві етилового спирту, вказані теоретичні основи перегонки і ректифікації спиртової бражки, описана конструкція бражної колони з ситчатими тарілками і визначені основні конструктивні матеріали для її виготовлення.

Наведені матеріальний і тепловий баланси, технологічні розрахунки, визначені конструктивні розміри апарата, визначено гідравлічний опір апарата, а також наведений вибір допоміжного обладнання.

Проведені розрахунки на міцність, жорсткість і герметичність, які підтверджують доцільність прийнятих технічних і конструктивних рішень.

Матеріал, з якого виготовлений апарат, - корозійностійкий, що дозволяє зменшити витрати при експлуатації.

Визначена методика проведення ремонтних і монтажних робіт обладнання.

Виявлені джерела шкідливих та небезпечних факторів при експлуатації обладнання БРУ, приведені основні вимоги охорони праці при її експлуатації.

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

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Технологія спирту / В.О. Маринченко, В.А.Ломарецький, П.Л.Шиян, В.М. Швець, П.С Циганков, І.Л. Жолнер. - Вінниця: "Поділля-2000", 2003 - 496с.
- 2.Технологическое оборудование предприятий бродильной промышленности/В.И.Попов, И.Т.Кретов, В.Н.Стабников, В.К.Предченский. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983-465с.
3. Цыганков П.С. Ректификационные установки спиртовой промышленности. – М.: Легкая и пищевая промышленность,1984 –396с.
- 4.Марценюк О.О.,Мельник Л.М. Процеси і апарати харчових виробництв.- К.,НУХТ,2011.- 407 с.
5. Малежик І.Ф. Процеси і апарати харчових виробництв . Курсове проектування-К.,НУХТ,2012.- 543 с.
6. Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. — Л.: Химия, 1981.— 560 с.
- 7.Лацинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. – Л., «Машиностроение», 1970.- 752 с.
8. Грязнов В. П. Практическое руководство по ректификации спирта - М.: Пищевая промышленность - 1968 - 191 с.
9. Фарамазов В.Н. Ремонт и монтаж химического и нефте-перерабатывающего оборудования: -М.: Химия, 1985.-246с.
10. Циганков П.С. Монтаж і експлуатація брагоректифікаційних установок.- Київ: Техніка,1970.-315с.
- 11.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.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		