

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра «Процеси та обладнання хімічних
і нафтопереробних виробництв»

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

**Тема роботи : Брагоектифікаційна установка у виробництві
етилового спирту. Розробити спиртову колону**

Виконав:

студент групи ХМдн-74чк Жеретовський В.М.

прізвище та ініціали

Залікова книжка № _____

Захищений з оцінкою:

Керівник:

ст.викл Корнієнко В.М.

посада, прізвище та ініціали

підпис

СУМИ

2020

Реферат

Пояснювальна записка: 80 сторінок, 5 рисунків, 4 таблиць, 10 літературних джерел.

Графічні матеріали: всього 4 аркуші формату А1, в том числі: технологічна схема установки, складальне креслення апарату і тарілки, креслення деталей.

Тема кваліфікаційної роботи бакалавра: «Брагоректифікаційна установка у виробництві етилового спирту .Розробити спиртову колону».

Приведений опис технологічної схеми виробництва етилового спирту, наведені теоретичні основи і особливості процесу ректифікації та вилучення супутніх домішок у виробництві безводного етилового спирту, ректифікаційної колони , обґрунтований вибір матеріалу для її виготовлення .

Проведені розрахунки матеріального і теплового балансів процесу, виконані технологічні розрахунки регенераційного колонного апарату, визначені його конструктивні розміри, визначений гідравлічний опір колони , проведені розрахунки на міцність основних вузлів та деталей.

В додатках приводяться бланки розрахунку кількості тарілок і специфікації до складального креслення.

Ключові слова:

АЛКОГОЛЬ, СПИРТ ЕТИЛОВИЙ, БРАГОРЕКТИФІКАЦІЙНІ
УСТАНОВКИ, РЕКТИФІКАЦІЙНА КОЛОНА, ДИСТИЛЯТ, ЕПЮРАТ,
РЕКТИФІКОВАНИЙ СПИРТ, ДОМІШКИ, ПЕРЕГОНКА, КОВПАЧКОВА
ТАРІЛКА, РОЗРАХУНОК.

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій

Кафедра «Процеси та обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв»

ЗАВДАННЯ до кваліфікаційної роботи бакалавра

Студенту **Жеретовському Віктору Миколайовичу**

1 **Тема роботи** : Брагоректифікаційна установка у виробництві етилового спирту. Розробити спиртову колону

2 **Вихідні дані**: _____

3 **Перелік обов'язкового графічного матеріалу (аркуш А1):**

- 1) _____
- 2) _____
- 3) _____
- 4) _____

4 **Рекомендована література**

5 **Етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра:**

Етапи і розділи проектування	Т И Ж Н І									
	1-й, 2-й	3-й, 4-й, 5-й, 6-й	7-й, 8-й, 9-й	10-й, 11-й, 12-й, 13-й	14-й					
1 Вступ	XX									
2 Технологічна частина		XXXX								
3 Розрахункова частина				XXX						
4 Розроблення креслень						XXXX				
5 Оформлення записки										X
6 Захист роботи										X

Дата видачі завдання

_____ 20__ р.

Керівник

ст.викл. Корнієнко В.М.

підпис

посада, прізвище та ініціали

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.....	16
2. Технологічні розрахунки процесу і апарата	
2.1. Матеріальний та тепловий баланси.....	22
2.2. Технологічні розрахунки.....	31
2.3. Конструктивні розрахунки апарата.....	26
2.4. Гідравлічний опір апарата.....	39
2.5 Вибір допоміжного обладнання.....	40
3. Розрахунки апарата на міцність та герметичність	
3.1. Визначення товщини стінки апарата і кришки.....	44
3.2. Розрахунок фланцевого з'єднання.....	47
3.3. Розрахунок опори апарата.....	56
4. Монтаж та ремонт апарата	
4.1 Монтаж розробленого апарата.....	60
4.2 Ремонт апарата.....	62
5. Охорона праці.....	57
Висновки.....	73
Список літератури.....	80
Додаток Б - Специфікації	

					ПОХНВ.Р.00.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата			
Розроб.		Жеретовський			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		КОРНІЄНКО			3	65	
Н. контр.		КОРНІЄНКО			СумДУ, гр. ХМдн-74чк		
Затв.		СКЛАДІНСЬКИЙ					

ВСТУП [1], [2]

Харчова промисловість – це комплекс підприємств, галузей, що виробляють продукти харчування та деякі інші товари, переробляючи сільськогосподарську сировину.

Однією з найважливіших проблем розвитку харчової промисловості є переоснащення її на новій технологічній основі. Оновлення матеріально – технічної бази галузі може бути досягнуто за рахунок використання прогресивних ресурсозберігаючих технологій, розробки і розвитку виробництв, що дають змогу швидко переобладнати виробництво на випуск нової продукції.

Україна одна з найбільших виробників етилового спирту з поміж країн СНД. Потужність її спиртової галузі сягає 65 млн. дал на рік. Передбачається розширення використання спирту в промисловості та інших галузях економіки, збільшення експорту спирту й алкогольних напоїв.

Етиловий спирт являється одним із найважливіших складових для промисловості, як хімічна речовина. Етиловий спирт широко використовують в таких галузях: лікєро-горілчаній, парфумерній, кондитерській. Технічний спирт має низький ступінь очистки і застосовується в лакофарбній промисловості, як розчинник, для виготовлення мийних розчинів. Тому сучасні спиртові заводи являють собою складний комплекс, обладнаний технологічним, транспортним, енергетичним, санітарно-технічним і іншим обладнанням.

Входження України до загальноєвропейського ринку вимагає від підприємств спиртової галузі істотно підняти технічний рівень виробництва, щоб витримати конкуренцію з боку зарубіжних виробників.

Для підвищення власної конкурентоспроможності вітчизняні виробники мають орієнтуватися на випуск продукції найвищої якості, впровадження енерго- та ресурсозберігаючих, мало- та безвідходних екологічно безпечних технологій з максимальною утилізацією відходів виробництва.

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

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. Робота щодо модернізації спиртового виробництва повинна мати комплексний характер, об'єднуюча фахівців різних спеціальностей. Ефективність такого підходу значно вища й вимагає менших затрат порівняно з тими, коли окремо розглядаються питання технології, автоматизації, екологічні проблеми та інші. В основі модернізації спиртового виробництва мають бути новітні досягнення науки і техніки, на базі яких розроблятимуться високоефективні автоматизовані технологічні комплекси для спиртової галузі.

Виділення спирту з бражки та його очистка відбуваються внаслідок перегонки й ректифікації. Під перегонкою розуміється розділення суміші легких речовин, що мають різну леткість, на окремі компоненти або фракції шляхом часткового випаровування та наступної конденсації пари. У процесі перегонки пара збагачується легколеткими компонентами (ЛЛК), а залишок (рідина) збагачується важко-леткими компонентами (ВЛК). Ректифікація - складна багаторазова перегонка в протитечійному потоці, яка здійснюється в спеціальних апаратах - ректифікаційних колонах.

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

1 Технологічна частина[2]

1.1 Опис технологічної схеми виробництва

Дозріла бражка із бродильного відділення насосами подається в пластинчатий теплообмінник(поз.2) , а потім в підігрівач бражки (поз.9), де підігрівається бражними парами з колони(поз.4), що конденсуються .Підігріта бражка поступає в сепаратор бражки (поз.6), де з неї виділяється вуглекислий газ. CO₂ разом з парами спирту поступає на конденсатор сепаратора CO₂ (поз.8), неконденсовані гази надходять в спиртовловлювач бражної колони (поз.9).Із сепаратора (поз.6), бражка поступає на тарілку живлення бражної колони (поз.4). В бражній колоні відбувається перегонка бражки із отриманням бражного дистиляту.

Пари, які надходять із бражної колони (поз.4) спочатку конденсуються в підігрівачі бражки (поз.10), потім в конденсаторах БК (поз.12,8) та поступають на тарілку живлення епюраційної колони (поз.13).

Барда із куба бражної колони (поз.4) відводиться через бардорегулятор (поз.3) в теплообмінник(поз.2), для підігрівання бражки , аопім в збірник барди у випарному цеху .

Обігрів бражної колони здійснюється глухим паром через кип'ятильник(поз.5) В епюраційній колоні із бражного дистиляту виділяють фракцію головну етилового спирту. Бражний дистилят звільнений від головних домішок називають епюрат.Обігрів епюраційної колони (поз.13) здійснюється глухою парою з котельні через кип'ятильник (поз.16). Пари з епюраційної колони послідовно конденсується в дефлегматорі (поз.14), конденсат з якого у вигляді флегми направляється на верхню тарілку епюраційної колони, а неконденсовані пари поступають в конденсатор (поз.15), звідки у вигляді фракції головної етилового спирту подається в спиртоприймальне відділення . Неконденсовані гази із конденсатора (поз.16) поступають на спиртовловлювач бражної колони (поз.8).

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

Звільнений від головних домішок епюрат самопливом поступає на тарілку живлення ректифікаційної колони (поз.13).

В ректифікаційній колоні (поз.19) 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 (поз.25). 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 (поз.27).

И Спиртові пари з верхньої частини ректифікаційної колони поступають на дефлегматори (поз.20), звідки у вигляді флегми потрапляють на зрошення колони. Неконденсовані пари надходять у конденсатор (поз.21), і у вигляді неастеризованого спирту самопливом надходять в епюраційну колону (поз.13). Конденсат із спиртовловлювача (поз.22) потрапляє на верхню тарілку епюраційної колони. Неконденсовані гази надходять в спиртовловлювач Сивушний спирт відбирається в паровій фазі і поступає на конденсатор. Звідки надходить на вхід бражних насосів.

З нижніх тарілок (5,6,7,9,11) ректифікаційної колони(поз.3) відбирається сивушна фракція в паровій фазі і подається в конденсатор (поз.30), а потім у декантатор (поз.26), куди також подається артезіанська вода .Промивна (підсивушна) воді із декантатора поступає на вхід бражних насосів, а сивушне масло як побічний продукт надходить в збірник сивушного масла в спирто приймальному відділенні. Лютерна вода із ректифікаційної колони (поз.19) через гідро затвор надходить у збірник умовно чистих вод.

Обігрів колони здійснюється гострою паром через кип'ятильник (поз.25). Конденсат відводиться у збірник конденсату. Холодна вода подається із колектора води, в який вода подається насосом із ставка. Всі колони обладнані верхніми та нижніми вакуум- переривниками (поз.18).

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

1.2 Теоретичні основи процесу [2]

Головні показники роботи спиртової колони - задана концентрація і чистота ректифікованого спирту, відсутність втрат спирту з лютерною водою і з незконденсованими газами при мінімальних витратах пари й води. При подачі постійної кількості епюрату зі сталою концентрацією спирту регулюють подачу пари в колону і води в дефлегматор, відбір пастеризованого і непастеризованого спирту та сивушної фракції. Від роботи спиртової колони залежить якість спирту за вмістом сивушного масла.

Спиртова колона має бути оснащена пробним холодильником, термометрами в кубі колони, в зоні відбору сивушної фракції (8-ма тарілка, рахуючи знизу), на тарілці вводу живлення (звичайно 16-та тарілка, рахуючи знизу), термометром для визначення температури води, що виходить з дефлегматора спиртової колони, верхнім і нижнім переривачами.

При роботі спиртової колони в першу чергу треба забезпечити й безперервно підтримувати нормальне її завантаження спиртом. Це досягається збалансованою подачею в колону спирту з епюратом і відбором ректифікованого спирту. Нормальне завантаження колони визначається за температурою на тарілці живлення. Стабілізація завантаження колони звичайно досягається зміною об'єму ректифікованого спирту, що відбирається з колони за умови стабільної подачі бражки в установку. З підвищенням температури відбір спирту зменшують, зі зниженням - збільшують. Якщо стабілізувати завантаження колони таким чином не вдається через зниження концентрації ректифікованого спирту нижче заданого або через втрати спирту з лютерною водою, то завантаження регулюють зміною подачі пари у спиртову колону. Температура на живильній тарілці ($t_{ж}$) залежить від концентрації спирту в живленні (епюраті) і тиску в колоні (H_e), орієнтовно вона може бути визначена за формулою $t_{ж} = t_E + 2,5 (H_c - H_E)$, де H_c і H_E - тиск відповідно на живильній тарілці спиртової колони і в кубі епюраційної, м вод. ст. (тиск на живильній тарілці звичайно на 0,6 м вод. ст. менший тиску в кубі

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

спиртової колони). За таких умов концентрація спирту на тарілці живлення буде дорівнювати концентрації спирту в епюраті, що відповідає оптимальному режиму роботи колони. Одним з основних факторів, що визначає концентрацію пастеризованого спирту, є флегмове число, яке регулюють зміною подачі пари в колону при відповідній зміні подачі води в дефлегматор. На рис. 10.35 представлено характер розподілу спирту по висоті колони в залежності від флегмового числа. На рис. 10.36 наведена залежність мінімального й оптимального флегмових чисел від концентрації дистилляту. Оптимальне флегмове число визначено на підставі техніко- економічних розрахунків: $R_{\text{ОПТ}} = (1,4... 1,5)R_{\text{МИН}}$. При одержанні спирту концентрацією 96,2 об. % $R_{\text{ОПТ}} \sim 3,5$ при 50...55 тарілках у концентраційній частині колони. Якщо концентрація спирту нижча заданої, то збільшують подачу пари (і відповідно води), якщо вища - зменшують подачу пари за умови відсутності наднормативних втрат спирту з лютерною водою. Непрямий показник витрати пари - перепад тиску по висоті колони. Він може складати 25-30 кПа і залежить від завантаження колони, флегмового числа, кількості та стану тарілок. Якщо при високій концентрації ректифікованого спирту і відсутності втрат його з лютерною водою продуктивність спиртової колони недостатня, збільшують подачу епюрату або бражки.

Вміст спирту в лютерній воді контролюють за допомогою пробного холодильника. Непрямий показник, що характеризує відсутність втрат спирту з лютерною водою, - температура в кубі колони (краще на 3-й тарілці знизу). Вона має відповідати тиску і коливається в межах 104... 106° С.

У спиртовій колоні спирт звільнюється від проміжних домішок. Вони відводяться з колони у вигляді сивушної фракції (нижні) з 5...11 тарілок, рахуючи знизу, і у вигляді сивушного спирту з 18...23 тарілок (верхні проміжні домішки).

Для аналізу роботи спиртової колони треба знати співвідношення рідинного (L) й парового (G) потоків у ній. Через те, що значення робочого

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

флегмового числа коливаються в межах 3...4, то для концентраційної частини колони $L/G = R(R + 1) = 0,75...0,8$. Для відгінної частини колони $L / G = 1,75...2$ і залежить від концентрації спирту в епюраті. У колонах спеціальні контактні пристрої (тарілки, насадки) створюють умови, що сприяють максимальному наближенню взаємодіючих парового та рідинного потоків. Щоб ці потоки могли обмінюватись речовиною та енергією, вони повинні бути нерівноважні. При контактуванні потоків у результаті тепло - і масообміну величина нерівноважності зменшується. Далі потоки відділяються один від одного і процес продовжується шляхом нового контактування цих фаз уже на другому суміжному ступені з другими рідинними та паровими потоками.

У результаті багаторазово повторюваного на послідовних "тарілках (ступенях) контактування рідини і пари, що рухаються протитечійно по висоті колони, склад взаємодіючих фаз істотно змінюється: паровий потік при прямуванні вгору збагачується ЛЛК, а рідинний, стікаючи вниз, збіднюється ним, тобто збагачується ВЛК. При достатньо довгому шляху контактування протилежно рухомих по колоні потоків можна одержати в кінцевому підсумку з верхньої частини колони пару, що представляє собою більш чи менш чистий ЛЛК, конденсація якої дає дистиллят, а з нижньої частини колони - порівняно чистий ВЛК, так званий кубовий залишок.

Рідинний потік у колоні (флегма) утворюється в результаті часткової конденсації пари, що виходить з верхньої частини колони, в спеціальних теплообмінних апаратах - дефлегматорах або вводиться в колону у вигляді живлення. Для створення парового потоку в колоні у її нижню частину вводиться відповідна кількість теплоти безпосереднім впуском гріючої пари (випадок відкритого обігрівання колони) або подачею її в спеціальний теплообмінник -випарник, через поверхню теплопередачі якого теплота передається киплячому кубовому залишку (випадок закритого обігрівання).

Ректифікаційні колони можуть бути повними і неповними. Повна колона складається з відгінної, або вичерпної, частини і концентраційної.

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

Живлення у повну колону вводиться в середню частину (на верхню тарілку відгінної частини колони).

Неповна колона має тільки відгінну частину або одну концентраційну частину. Живлення у неповну відгінну колону подається на її верхню тарілку, в неповну концентраційну - під нижню тарілку в пароподібному вигляді.

Відбирати дистилят можна після часткової або повної конденсації парів.

У повній ректифікаційній колоні створюється можливість для одержання практично в чистому вигляді обох компонентів бінарної (двокомпонентної) суміші, що підлягає розділенню. У неповній відгінній колоні з нижньої частини відводиться практично чистий ВЛК, а з верхньої одержується пара, дещо збагачена ЛЛК. З верхньої частини неповної концентраційної колони відводиться практично чистий ЛЛК, а з нижньої-залишок.

Теплота конденсації пари звичайно відводиться водою, продуктами, що підлягають нагріванню, або повітрям у спеціальних повітряних теплообмінниках.

Обігрівання колон відкритою парою застосовують у тому випадку, коли гріюча пара не впливає негативно на якість кінцевих продуктів, не взаємодіє з продуктами ректифікації й не утворює нових систем, які важко розділяються в колоні.

При відкритому обігріванні конденсат гріючої пари змішується із залишком (кінцевим продуктом розділення). При закритому обігріванні потрібна пара більш високих параметрів і наявність поверхні теплообміну (випарника).

В одній повній ректифікаційній колоні можна розділити на чисті компоненти тільки бінарну суміш. Для розділення багатоконпонентних сумішей застосовують декілька послідовно працюючих ректифікаційних колон, кожна з яких розділяє суміш, яка поступає до неї, на дистилят, що складається з одного або кількох легколетких компонентів, і залишок,

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

що складається з важколетких компонентів.

Для розділення суміші з n компонентів на чисті речовини потрібно $n - 1$ колон. Але на практиці багатокомпонентну суміш часто розділяють не на чисті компоненти, а на фракції, що складаються з кількох близьких за леткістю компонентів.

При розділенні на фракції попередньо визначаються ключові компоненти. У легколеткій фракції ключовим компонентом є компонент, що має найменшу леткість. У важколеткій фракції ключовим компонентом є компонент, що має найбільшу леткість. При виділенні одного цільового компонента у першій колоні відділяють, наприклад, легколетку фракцію, а цільовий компонент буде ключовим (головним) у важколеткій фракції. Далі у другій колоні важколетку фракцію розділяють на один ключовий (цільовий) компонент та залишок важколеткої фракції.

Можливий і другий варіант, коли цільовим компонентом є ключовий компонент легколеткої фракції, після розділення яка ділиться у другій колоні на чистий цільовий компонент та залишок легколеткої фракції, що переміщується вгору по колоні.

Основний елемент ректифікаційної контактний пристрій, на якому здійснюється процес масообміну між парою й рідиною. Процес масообміну дифузійний і визначається площею поверхні контакту фаз F , m^2 , середньою рухомою силою процесу (середньою різницею концентрацій ΔC , kg/kg) та коефіцієнтом масопередачі, віднесеним до $1 m^2$ поверхні фазового контакту, K , $kg/(m^2 \cdot c)$. Коефіцієнт масопередачі залежить від природи речовини і гідродинамічного режиму контакту фаз. Кількість речовини, що перейшла з однієї фази в іншу (kg/c),

$$M = KF\Delta C \quad (1.1)$$

Різниця концентрацій ЛС визначається як різниця між рівноважною концентрацією (Y^* або X^*) та робочою концентрацією (Y або X).

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

Зв'язок між $\Delta C_{\text{п}} / \Delta C_{\text{п}}$ визначається із співвідношення $\Delta C_{\text{п}} / \Delta C_{\text{р}} = L/G = m$, де L - величина рідкого потоку, G - величина парового потоку.

Тоді:

$$M = KF\Delta C_{\text{р}} = KF\Delta C_{\text{п}}m. \quad (1.2)$$

Через складність визначення площі поверхні фаз коефіцієнт масопередачі часто відносять до 1 м^3 об'єму середовища, де відбувається обмін фаз, тоді:

$$M = K_v V \Delta C, \quad (1.3)$$

де K_v - об'ємний коефіцієнт масопередачі, $\text{кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{с})$;

V - об'єм середовища, де відбувається обмін фаз, м^3 .

Конструкція контактної пристрою повинна забезпечувати якомога більший інтенсивний масообмін на ньому. Це досягається у першу чергу шляхом створення розвинутої поверхні контакту фаз і такої гідродинамічної обстановки, при якій коефіцієнт масопередачі буде по можливості найбільшим.

У практиці спиртової промисловості, як правило, застосовують тарілчасті контактні пристрої, на яких послідовно здійснюється ступінчастий контакт фаз. Тарілки ректифікаційних колон можуть бути ковпачковими, гратчастими (ситчастими), клапанними, лускоподібними, гратчато-клапанними, жалюзійними та ін. У всіх випадках на тарілці утримується шар рідини, через який проходить пара, в результаті чого здійснюється масообмін.

Роботу тарілок оцінюють за такими показниками: пропускною здатністю пари й рідини; здатністю розділяти робочу суміш; діапазоном сталої роботи; гідравлічним опором та ін.

Пропускна здатність пари й рідини характеризує продуктивність колон, або питомий зйом кінцевого продукту з одиниці поперечного перерізу колони.

Здатність розділяти суміш, що підлягає перегонці, називають ефективністю контактної пристрою або колони в цілому і звичайно

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

визначають числом теоретичних тарілок (ступеней зміни концентрацій) або числом одиниць переносу.

Ефективність тарілчастих колон, як правило, оцінюють числом теоретичних тарілок (Ч.Т.Т.).

Під теоретичною тарілкою розуміють такий пристрій, який забезпечує контакт пари й рідини, в результаті якого потоки, що його покидають, досягають фазової рівноваги. Практично на реальних тарілках така рівновага майже ніколи не досягається. Теоретична тарілка - це еталон для встановлення ефективності реальних тарілок.

Мірою оцінки ефективності реальної або дійсної тарілки є її коефіцієнт корисної дії (ККД). На практиці визначають ККД не окремої тарілки, а середній ККД тарілок усієї колони або значної її ділянки, який дорівнює відношенню числа теоретичних тарілок n , необхідних для здійснення заданого розділення суміші, до числа реальних N , необхідних для тієї ж мети : $\eta = n/N$.

ККД тарілок залежить від їхньої конструкції, діаметра колони, міжтарілкової відстані, швидкості пари, навантаження колони, фізичних властивостей суміші, що підлягає розділенню, та багатьох інших факторів. Тому звичайно ККД визначають дослідами шляхом, для більшості тарілок він дорівнює 0,4... 0,6.

У спиртовому виробництві широко розповсюджені ковпачкові тарілки. Багатоковпачкові (капсульні) тарілки застосовують у колонах для розділення рідин, які не містять завислих частинок, однокковпачкові - для розділення рідин із завислими частинками або рідин, які здатні утворювати осади. У тих же випадках застосовують клапанні тарілки. Рідше застосовують ситчасті тарілки, які мають отвори діаметром 2,5...3,5 мм (для розгонки перших із згаданих рідин) та 8... 12 мм (для других). Застосовують також тарілки лускоподібні та ґратчасті (без переливних пристроїв); останні мають велику пропускну здатність пари й рідини.

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

При виборі типу тарілки враховують її пропускну здатність, ефективність, економічність конструкції, а також можливість забезпечити оптимальні умови роботи колони при заданому технологічному режимі.

Стала робота тарілок повинна відповідати таким навантаженням пари й рідини, при яких досягаються найбільш інтенсивний їх контакт і висока ефективність. При великих навантаженнях пари (великих швидкостях пари у вільному перерізі шлони) може відбуватися великий виніс рідини з тарілки на тарілку; на них може накопичуватись рідина понад можливий рівень. Верхня межа навантаження пари характеризується "захлинанням" тарілок. Зовнішня ознака "захлинання" - різке підвищення тиску у нижній частині колони і його зниження у верхній. При навантаженнях пари, що наближаються до мінімально допустимих, частина рідини (флегми) перетікає з тарілки на тарілку, не вступаючи в контакт з парою. При великому іавантажені рідини також може статися "захлинання" колони. Максимально допустиме навантаження рідини, визначається її кількістю, яка необхідна для створення на тарілці активної зони контакту фаз. На роботу тарілок значно впливає міжтарілкова відстань, яка забезпечує в першу чергу створення умов для контакту пари й рідини, що відбувається в зонах барботажу, піни та бризок. Ці зони розташовані послідовно над тарілкою і повинні вміщуватись між суміжними тарілками. Висота кожної зони визначається фізичними властивостями рідини, що розділяється, конструкцією тарілки, навантаженням пари; звичайно її встановлюють дослідним шляхом. Рідини, що утворюють пухку піну, в основному виносяться за рахунок її пластівців, які мають високу парусність. Для колон, які переробляють непіноутворюючі рідини без завислих частинок, міжтарілкову відстань звичайно встановлюють 170...230 мм. Інколи міжтарілкову відстань збільшують до 500...550 мм, що необхідно для створення умов механічної чистки тарілок при діаметрі колон більше , ніж 1500 мм.

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

1.3 Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструкційних матеріалів[3]

Схематичний устрій ректифікаційної колони безперервної дії для розділення бінарної суміші показано на рис. 1.1

Колона безперервної дії звичайно складається із двох частин: верхньої - зміцнювальної (концентраційної) 1 і нижньої - вичерпної (відгінної) 2.

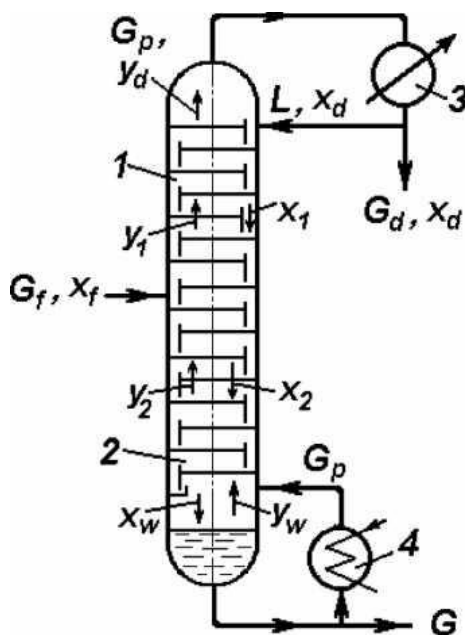


Рис. 1.1 - Схема роботи ректифікаційної колони для розділення бінарної суміші:

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.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Під час руху пари із середньої частини колони у верхню частину відбувається процес поступового збагачення парової фази низько киплячим компонентом. Висококонцентрована парова фаза виводиться із колони в конденсатор - дефлегматор 3, отриманий в результаті конденсації конденсат частково виводиться як готовий продукт - дистилят, 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 збідніння рідини низько киплячим компонентом і збагачення високо киплячим компонентом.

У нижній кубовій частині колони відбувається процес вилучення (відгону) низько киплячого компонента в парову фазу з початкової суміші. Цей процес проходить за рахунок тепло масообміну 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.

Отже, ректифікаційна колона являє собою тепло масообмінний 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.

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

На кожній тарілці колони встановлюється відповідна концентрація компонентів у рідині та відповідна температура кипіння рідини. Параметри роботи колони залежать від властивостей розділюваної суміші, тиску в колоні, типу контактних пристроїв і режиму роботи тарілки в певних гідродинамічних умовах.

Тарілчасті ковпачкові колони найбільш часто використовують у ректифікаційних установках.

Пари з попередньої тарілки попадають у парові патрубки ковпачків барботують через шар рідини, у яку частково занурені ковпачки. Ковпачка мають отвори або зубчасті прорізи, що розчленовують пару на дрібні струмки для збільшення поверхні зіткнення її з рідиною. Переливні трубки слугують для підведення й відводу рідини й регулювання її рівня на тарілці. Основною областю масообміну й теплообміну між парами й рідиною, як показали дослідження, є шар піни над тарілкою, що створюється в результаті барботажу пари. Висота цього шару залежить від розмірів ковпачків, глибини їхнього занурення, швидкості пари, товщини шару рідини на тарілці, фізичних властивостей рідини та ін.

Кожна колона укомплектована дефлегматорами. Основне призначення дефлегматора - живити колону флегмою.

Ректифікаційна колони мають дефлегматори барабанного типу, який складається з двох горизонтальних циліндричних барабанів, в середині яких знаходяться труби, ввальцьовані в трубні решітки. Барабани з'єднуються послідовно за допомогою фланців в одному або двох місцях. Барабани мають кришки з розподільними перегородками, які розподіляють потік бражки охолоджувальної води по трубах дефлегматора. бражка подається в бражні труби верхнього барабана, а виводиться через нижній патрубок нижнього барабана.

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

Для конденсації водно-спиртових парів, які виходять із колон та охолодження конденсату до необхідної температури застосовується конденсатор.

Найбільш поширені трубчаті та комбіновані. Трубчатий холодильник представляє собою вертикальний циліндр.

Верхнє та нижнє днище знімаються. В середині корпусу закріплені дві трубні решітки, у які ввальцьовані холодильні труби. Міжтрубний простір розділено решітчастими перегородками. Вони дають направлення водно-спиртовій парі, а також запобігають прогину труб.

Верхня частина труб працює на конденсацію спиртових парів, а нижня - на охолодження. отриманого конденсату. Вода в холодильник поступає через патрубок в днищі і проходить назустріч паровому потоку. виходячи зверху.

Комбінований холодильник складається з трубчатої частини, яка служить для конденсації водно-спиртових парів, і нижньої змієвикової частини, в якій охолоджується конденсат. Водно - спиртові пари подаються зверху у міжтрубний простір і направляються зверху вниз зигзагоподібно. Утворений конденсат відводиться в нижню частину, де охолоджується у змієвикові. Вода подається знизу холодильника і відводиться зверху.

Запроектована ректифікаційна колона складається з корпусу, що утворений з окремих царг, з'єднаних між собою болтовим з'єднанням через флянці і ущільнювачі. Розрізняють царги нижню поз.4, проміжну поз.5 та верхню поз.6. В кожній проміжній царзі закріплені тарілки – 7 штук, а у верхній -5. Тип тарілок – багато ковпачкові, їх кількість в колоні складає 74 штуки.

Нижня царга –вिवарна частина колони і включає в себе зливний стакан, патрубки виходу лютерної води, подачі суспензії на кип'ятильник та входу парів з нього в колону.

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

В царзі також розташований барботер для входу гріючої пари з котельні, лаз – для доступу всередину, стійки для підтримування тарілок колони. Діаметр колони складає 1500мм, висота 15,00м. В проміжних царгах встановлено багато ковпачкові тарілки поз.7, відстань між ними дорівнює 170мм. Зверху колона закрита випуклою кришкою поз.8, де по центру розташований патрубок виходу парів спирту на дефлегматор. На боковій поверхні колони розташовані патрубки для входу флегми, виводу спирту-ректифікату, сивушних домішок (спирту та масла), подачі епюрату, закріплення датчиків виміру тиску, температури, концентрації спирту. Знизу колона закрита днищем поз.2, де закріплені патрубки для виходу барди на кип'ятильник (при закритому обігріві колони) і для повного опорожнення апарата. 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 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 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).

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

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 вносить 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 параніт. [1]

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

2 Технологічні розрахунки процесу і апарата

2.1 Матеріальний та тепловий баланси процесу [1]

На верхній тарілці колони вміст спирту в суміші складає 96,4%об = 86,254%мол. В колони водно-спиртові пари поступають з вмістом спирту $X_M=38\%_{\text{мас}}=19,34\%_{\text{моль}}$. Приймаємо флегмове число $\rho=4$.

Матеріальний баланс колони складають з метою визначення кількості продуктів на основі даних про вхідну сировину та заданих умов розділення. Визначимо кількість безводного спирту, що надходить із бражкою в бражну колону:

$$G = \frac{P \cdot 10 \cdot \rho_{\text{сп}}}{24 \cdot 3600} \quad (2.1)$$

Де: $P=6000$ дал/ добу-продуктивність заводу;

$\rho=0,789$ кг/ л-щільність спирту;

$$G = \frac{6000 \cdot 10 \cdot 0,789}{24 \cdot 3600} = 0,55 \text{ кг/с.}$$

Визначимо добова витрата бражки за умови змісту спирту в ній $x=6,8\%_{\text{мас}}$.

$$G_{\text{бр}} = \frac{G \cdot 86400 \cdot 100}{x} = \frac{0,55 \cdot 86400 \cdot 100}{6,8} = 5806588 \text{ кг/доб.} = 6,72 \text{ кг/с.} \quad (2.2)$$

$$G_e = 2869,12 + 9,98 - 39,5 = 2839,6$$

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

Матеріальний баланс бражної колони приведений в таблиці 2.1.

Табл. 2.1. Матеріальний баланс бражної колони

Продукт	Кількість кг/добу
Прихід	
Бражка G бр	580658,8
Витрата	
Пар бражного дистиляту Gд	82684,8
Барда	497974

Складаємо рівняння матеріального балансу бражної колони

$$G_{бр} = G_{д} + Б \quad (2.3)$$

де $G_{бр} = 580658,8$ кг/добу – малої бражки по спирту

$G_{д} = 82684,8$ кг/добу – кількість бражного дистиляту

Б – кількість барди, що виводиться з колони, кг/добу

Розраховуємо з рівняння кількість барди, що виводиться з колони (в кг/добу)

$$Б = G_{бр} - G_{д} = 580658,8 - 82684,8 = 497974 \quad (2.4)$$

Матеріальний і тепловий баланси епюраційної колони

1. Погон із брагопідігрівачів бражної колони – 3558,5 кг/год

Спирту – 1501 кг/год

Води – 2057 кг/год

2. Нестандартний спирт із конденсатора ректифікаційної колони (2%) – 30,02 кг/год

Спирту – 28,3 кг/год (93,12%)

Води – 1,72 кг/год

3. Кількість грючого пара, що поступає в епюраційну колону знаходимо за формулою [1, с. 55]

$$G_n = \frac{G_a + G_c}{x \cdot x_e} \cdot G \text{ кг/год} \quad (2.5)$$

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

де $G_{с.а.с} = 28,3$ кг/год – кількість спирту, який поступає з ректифікаційної колони;

$x_e = 7,6$ %об – міцність бражки на живильній тарілці

$$G_n = \frac{1501 + 28,3}{0,79 \cdot 7,6} = 1528$$

Витрата

1.Ефірно-альдегідна фракція 37,53 кг/год; з них

Спирту – 34,95 кг/год

Води – 2,58 кг/год

2.Епюрат в ректифікаційну колону:

Спирт: $G_{с.п} = G_a + G_{с.н.с} - G_{с.еаф} = 1501 + 28,3 - 34,95 = 1494,35$ кг/год

Вода: $G_{в.к} = G_{в.п} + G_{п} - G_{в.н.с} - G_{с.еаф}$

де $G_{в.п} = 2057,5$ кг/год – кількість води, яка поступає з бражним погоном із підігрівачів бражної колони;

$G_{в.н.с} = 1,72$ кг/год – кількість води, яка поступає з нестандартним спиртом із конденсатора ректифікаційної колони;

$G_{с.еаф} = 2,58$ кг/год – кількість води, яка виходить з колони разом з ефірно-альдегідною фракцією.

$G_{в.к} = 2057,5 + 1528,3 + 1,72 - 2,58 = 3584,94$ кг/год

3.Міцність епюрата знаходимо за формулою [9 с. 65]

$$X_{\text{епюрату}} = \frac{G_{с.п}}{G_{с.п} + G_{в.к}} \cdot 100\% \quad (2.6)$$

$$X_{\text{епюрату}} = \frac{1494,5}{5079,29} \cdot 100\% = 29,4 \text{ \% мас}$$

Матеріальний і тепловий баланс ректифікаційної колони

В ректифікаційну колону поступає 1,94 кг/с епюрату.

Визначаємо кількість спирту-ректифікату що відбирається з ректифікаційної колони (в кг/с) по формулі

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

$$G_{c.p} = G_1 \cdot Q_p / 100 = 0,55 \cdot 94 / 100 = 0,52 \quad (2.7)$$

де $Q_p = 94\%$ мас – міцність спирту

З ректифікаційної колони відбирається не пастеризований спирт в кількості $G_{н.с} = 0,0085$ кг/с, сивушний спирт в кількості $G_{с.с} = 0,01$ кг/с.

Визначаємо кількість сивушного масла, що відбирається з ректифікаційної колони (в кг/с) по формулі

$$G_{с.н} = 0,35 \cdot G_1 / 100 = 0,35 \cdot 0,55 / 100 = 0,002 \quad (2.8)$$

де $0,35\%$ - вихід сивушного масла

Втрати спирту в ректифікаційній колоні складають $0,3\%$ або

$$G_{в} = 0,3 \cdot G_1 / 100 = 0,3 \cdot 0,55 / 100 = 0,0017 \quad (2.9)$$

Визначаємо кількість лютерної води (в кг/с) без конденсата пара по формулі [1. с.185]

$$G_{л1} = G_e - (G_{c.p} + G_{н.с} + G_{с.с} + G_{с.н} + G_{в}) = 1,94 - (0,52 + 0,0085 + 0,01 + 0,002 + 0,0017) = 1,4$$

(2.10)

Складаємо матеріальний баланс ректифікаційної колони

$$G_e = G_{c.p} + G_{н.с} + G_{с.с} + G_{с.н} + G \quad (2.11)$$

$$1,94 = 0,52 + 0,0085 + 0,01 + 0,002 + 1,4 + 0,0017$$

$$1,94 = 1,94$$

В ректифікаційну колону вводиться тепло з епюратором Q_e , з гріючим паром Q_p , з флегмою Q_f , відводиться тепло із колони з спиртовими парами в дефлегматор Q_a , з ректифікаційним спиртом $Q_{p.c}$ погоном парів сивушного масла $Q_{с.м}$, з сивушним спиртом $Q_{с.с}$, з лютерною водою Q_l , з втратами в навколишнє середовище $Q_{п}$.

Приймаємо флегмове число $V = 4$

Кількість тепла, що входить в колону з епюратором (в кВт) визначаємо по формулі [1. с. 188]

$$Q_e = G_e \cdot C_e \cdot t_e = 1,94 \cdot 4,53 \cdot 89,3 = 784,8 \quad (2.12)$$

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

де $C_e = 4,53$ кДж/(кг К) – теплоємність епюрата

$t_e = 89,3^\circ\text{C}$ – температура епюрата

Кількість дистилляту, що відбирається з ректифікаційної колони (в кг/с) визначаємо по формулі [1 с. 189]

$$D = G_{c.p} + G_{н.с} = 0,52 + 0,0085 = 0,53 \quad (2.13)$$

Кількість спиртових парів, що поступають в дефлегматор ректифікаційної колони (в кг/с) визначаємо по формулі [1. с. 189]

$$G_{c.п} = D(V+1) = 0,53 \cdot (4 + 1) = 2,65 \quad (2.14)$$

Кількість флегми, яка повертається в колону (в кг/с) визначаємо по формулі [1.с.189]

$$G_{ф} = G_{c.п} - G_{н.с} = 2,65 - 0,0085 = 2,64 \quad (2.15)$$

Кількість тепла, що поступає із спиртовими парами в дефлегматор (в кВт) визначаємо по формулі [1 с. 189]

$$Q_d = G_{c.п} \cdot i'' = 2,65 \cdot 1170 = 3100,5 \quad (2.16)$$

де $i'' = 1170$ кДж/кг – ентальпія водно – спиртових парів при міцності 94% мас [2 с.280]

кількість тепла, що повертається в колону з флегмою (в кВт) визначаємо по формулі [1 с. 189]

$$Q_{ф} = G_{ф} \cdot C_{ф} \cdot t_{ф} = 2,64 \cdot 3,26 \cdot 78,2 = 673 \quad (2.17)$$

де $C_{ф} = 3,26$ кДж/(кг К) – теплоємність флегми при міцності 94% мас [3 с. 195]

$t_{ф} = 78,2^\circ\text{C}$ – температура кипіння флегми при міцності 94% мас [1 с. 183]

Кількість тепла, що відводиться з ректифікаційним спиртом (в кВт) визначається по формулі [1 с. 189]

$$Q_{p.c} = G_{c.p} \cdot C_p \cdot t_p = 0,52 \cdot 3,26 \cdot 78,2 = 132, \quad (2.18)$$

де $C_p = 3,26$ кДж/ (кг К) – теплоємність ректифікаційного спирту при міцності 94% мас [3 с. 195]

$t_p = 78,2^\circ\text{C}$ – температура кипіння ректифікаційного спирту при міцності 94% мас [1 с. 183]

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

Тиск у виварній камері колони приймаємо рівним 124 кПа, тиск в зоні відбіру сивушного спирту при цій умові складає 119 кПа.

Фактична температура сивушного спирту на виході із колони (в °С) визначається по формулі [1 с. 189]

$$t_{с.с} = t_{к.с.с} + p_1 \cdot 0,038 = 79,1 + 119 \cdot 0,038 = 83,6 \quad (2.19)$$

де $t_{к.с.с} = 79,1^\circ\text{C}$ – температура кипіння рідини з концентрацією спирту 75,81 % мас [1 с. 183]

$p_1 = 119$ кПа – тиск в зоні відбору сивушного спирту.

Кількість тепла, що відводиться з сивушним спиртом (в кВт) визначаємо по формулі [1 с. 189]

$$Q_{с.с} = G_{с.с} \cdot C_{с.с} \cdot t_{с.с} = 0,01 \cdot 4,15 \cdot 83,6 = 3,5 \quad (2.20)$$

де $C_{с.с} = 4,15$ кДж/(кг К) – теплоємність сивушного спирту при міцності 42,43% мас [1 с. 189]

Кількість тепла, що відводиться з погоном парів сивушного масла (в кВт) визначаємо по формулі [1 с. 189]

$$Q_{с.м} = G_{с.м} \cdot i_{с.м} = 0,002 \cdot 2047 = 4,1 \quad (2.21)$$

де $i_{с.м} = 2047$ кДж/кг – ентальпія сивушного масла при міцності 42,43% мас [2 с. 280]

Температура лютерної води з врахуванням ебуліометричної поправки на тиск (в °С) визначаємо по формулі [1 с. 190]

$$t_{л1} = t_{л} + p_2 \cdot 0,047 = 100 + 124 \cdot 0,047 = 105,8 \quad (2.22)$$

де $t_{л} = 100^\circ\text{C}$ – температура кипіння лютерної води

$p_2 = 124$ кПа – тиск у виварній камері колони.

Кількість тепла, що відводиться з лютерною водою (без конденсату пари) (в кВт) визначаємо по формулі [1 с. 190]

$$Q_{л1} = G_{л1} \cdot C_{л} \cdot t_{л1} = 1,4 \cdot 4,27 \cdot 105,8 = 632,5 \quad (2.23)$$

де $C_{л} = 4,27$ кДж/(кг К) – теплоємність лютерної води [3 с. 195]

Кількість тепловитрат приймаємо рівним 5% від кількості тепла відведеного з продуктами (в кВт) визначаємо по формулі [1 с. 190]

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

$$Q_{\text{п}} = (Q_{\text{д}} + Q_{\text{р.с}} + Q_{\text{с.м}} + Q_{\text{с.с}} + Q_{\text{л1}}) \cdot 0,05 = (3100,5 + 132,5 + 4,1 + 3,5 + 632,5) \cdot 0,05 = 193,6 \quad (2.24)$$

Витрату гріючого пару визначаємо з рівняння

$$G_{\text{п}} \cdot i'' + Q_{\text{е}} + Q_{\text{ф}} = Q_{\text{д}} + Q_{\text{р.с}} + Q_{\text{с.с}} + Q_{\text{с.м}} + Q_{\text{л1}} + Q_{\text{р3}} + Q_{\text{п}} \quad (2.25)$$

Звідки

$$Q_{\text{п}} = (Q_{\text{д}} + Q_{\text{р.с}} + Q_{\text{с.с}} + Q_{\text{с.м}} + Q_{\text{л1}} + G_{\text{п}} \cdot i'') \cdot 0,05 \quad (2.26)$$

Підставляючи значення $Q_{\text{п}}$ в рівняння, розв'язуючи його відносно P , отримуємо

$$G_{\text{п}} (i'' - 1,05 i'') = Q_{\text{д}} + Q_{\text{р.с}} + Q_{\text{с.с}} + Q_{\text{с.м}} + Q_{\text{л1}} + Q_{\text{п}} - Q_{\text{е}} - Q_{\text{ф}}$$

$$G_{\text{п}} (i'' - 1,05 i'') = 3100,5 + 132,5 + 3,5 + 4,1 + 632,5 + 193,6 - 784,8 - 673$$

$$G_{\text{п}} (i'' - 1,05 i'') = 2608,9 \text{ кВт} \quad (2.27)$$

Визначаємо ентальпію лютерної води (в кДж/кг) по формулі [1 с. 190]

$$i'' = C_{\text{л}} \cdot t_{\text{л1}} = 4,27 \cdot 105,8 = 452,1 \quad (2.28)$$

Визначаємо витрату пари в колоні (в кг/с) по формулі [1 с. 190]

$$G = 2608,9 / (i'' - 1,05 i'') = 2608,9 / (2724,8 - 1,05 \cdot 452,1) = 1,16 \quad (2.29)$$

де $i'' = 2724,8$ кДж/кг – ентальпія гріючої пари [2 с. 280]

Визначаємо кількість лютерної води (в кг/с) з врахуванням конденсата пари по формулі [1 с. 190]

$$G_{\text{л2}} = G_{\text{л1}} + G_{\text{п}} = 1,4 + 1,16 = 2,56 \quad (2.30)$$

Визначаємо витрату тепла в навколишнє середовище (в кВт) по формулі [4.35]

$$Q_{\text{п}} = (3100,5 + 132,5 + 3,5 + 4,1 + 632,5 + 1,16 \cdot 452,1) \cdot 0,05 = 219,9$$

Визначаємо кількість тепла, що відводиться з лютерною водою (в кВт) по формулі [1 с. 190]

$$Q_{\text{л}} = G_{\text{л2}} \cdot i'' = 2,56 \cdot 452,1 = 1157,6 \quad (2.31)$$

Визначаємо кількість тепла, що вноситься в колону з гріючим паром (в кВт) по формулі [1 с. 190]

$$Q_{\text{р}} = G_{\text{п}} \cdot i'' = 1,16 \cdot 2724,8 = 3160,3 \quad (2.32)$$

Складаємо тепловий баланс ректифікаційної колони:

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

$$Q_e + Q_p + Q_f = Q_d + Q_{p.c} + Q_{c.c} + Q_{c.m} + Q_l + Q_p \quad (2.33)$$

$$784,8 + 3160,3 + 673 = 3100,5 + 132,5 + 4,1 + 3,5 + 1157,6 + 219,9$$

$$4618,1 = 4618,1$$

Результати обчислень зведемо в таблицю 2.2:

Таблиця 2.2 Матеріальний баланс ректифікаційної колони

Продукти	Вміст, кг/год.
1. Епюрат з епюраційної колони	2839,6
2. Флегма(Ф), спирт-ректифікат із дефлегматора (D).	$(\Phi + D) = (V + 1) \cdot D = 5D$
3. Гріюча пара	G_n
Всього	$2839,6 + \Phi + D + G_n$

Витрати:

Продукти	Вміст, кг/год.
1. Спирт-ректифікат	998,0
2. Сивушний спирт	9,88
3. Пари сивушного масла	17,76
4. Непастеризований спирт	21,0
5. Лютерна вода	$2839,6 - (998 + 9,88 + 17,76 + 21) = 1792,96$
6. Пари флегми	$(V + 1) \cdot D = 5D = \Phi + D$
7. Конденсат пари	G_n
Всього	$998 + 9,88 + 17,76 + 21 + 1792,96 + \Phi + D + G_n = 2839,6 + \Phi + D + G_n$

Кількість пари, що конденсується в дефлегматорі складатиме:

$$5D = (998 + 21)5 = 5090 \text{ кг/год.}$$

Тепловий баланс

Прихід:

З продуктом	Прихід теплоти Q , кДж/год.
1. З епноратом	$Q_1 = 2839,6 \cdot 87 \cdot 1,05 \cdot 4,19 = 1089400$
2. З флегмою	$Q_2 = 5095,0 \cdot 73,3 \cdot 0,65 \cdot 4,19 = 1089400$
3. З гріючою парою	$Q_3 = 2724,8G_n$, де 2724,8 – тепловміст гріючої пари, кДж/кг
Всього	$Q_3 + Q_1 + Q_2$

Витрати:

З продуктом	Витрата теплоти Q , кДж/год.
1. Зі спиртом-ректифікатом	$Q_4 = 998 \cdot 78,3 \cdot 0,65 \cdot 4,19 = 212852$
2. З парами сивушного масла	$Q_5 = 1466,5G = 1466,5 \cdot 17,76 = 25978$, де 1466,5 – тепловміст пари продукту, кДж/кг
3. З сивушним спиртом	$Q_6 = 9,88 \cdot 79,5 \cdot 0,8 \cdot 4,19 = 2639,7$
4. З лютерною водою(без конденсату пари)	$Q_7 = 1792,96 \cdot 104 \cdot 1 \cdot 4,19 = 799340$
5. З парами в дефлегматор	$Q_8 = 1231,86G = 1231,86 \cdot 5095,0 = 6285000$, де 1231,86 – тепловміст пари продукту, кДж/кг
6. З конденсатом пари	$Q_9 = 435,76G_n$, де 435,76 – тепловміст пари продукту, кДж/кг
Всього	$Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 +$ $+ Q_8 + Q_9$

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

На основі теплового балансу маємо:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9 \quad (2.34)$$

$$2724,8G_n + 1089400 + 1089400 = 212852 + 25978 + 2639,7 + 779340 + 6285000 + 435,76G_n$$

$$2289,04G_n = 5127009,7$$

$$G_n = 2240 \text{ кг/год}$$

Витрата пари з урахуванням тепловтрат (5%) становитиме – 2350 кг/год.

2.2 Технологічні розрахунки [1]

Для визначення числа тарілок в концентраційній частині колони скористаємося рівнянням:

$$y_n = \frac{V}{V+1} x_{n+1} + \frac{x_D}{V+1},$$

де y_n, x_D - вміст спириту в паровій та рідкій фазах, (2.35)

V - флегмове число

Концентрацію ректифіката приймаємо $x=96,4\% \text{ об.} = 86,254\% \text{ мол.}$; $V=4$.

При $x=x_D$:

$$y=x=86,254\% \text{ мол}$$

При $x=0$:

$$y=1/(4+1)=86,254=17,3\% \text{ мол}$$

З двох отриманих точок на діаграмі $x - y$ будемо робочу лінію концентраційної частини колони (рис 4.1).

Для побудови робочої лінії відгінної частини колони скористаємося рівнянням :

$$y = \frac{L}{G}(x - x_0) \quad (2.36)$$

Величина парового потоку дорівнює:

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

$$G = \frac{2350}{18} = 130 \text{ кмоль} \quad (2.37)$$

Величина рідинного потоку складається з потоку епюрату (L') і потоку флегми (L''). Потік епюрату дорівнює:

$$L' = \frac{2839,6}{22,8} = 124,5 \text{ кмоль} \quad (2.38)$$

(22,8 - середня молекулярна маса епюрату при концентрації спирту 34,7% мас.).

Потік флегми:

$$L'' = \frac{4 \cdot (998 + 21)}{42,1} = 96,8 \text{ кмоль} \quad (2.39)$$

(42,1 - середня молекулярна маса флегми при концентрації спирту 96,2% об.).

Величина рідинного потоку дорівнюватиме:

$$L = L' + L'' = 124,5 + 96,8 = 221,3 \text{ кмоль} \quad (2.40)$$

Рівняння відгінної частини колони буде мати вигляд

$$y = \frac{221,3}{130} (x - x_0) = 1,7(x - x_0) \quad (2.41)$$

Концентрація спирту на живильній тарілці із діаграми складає 19,3% мол. На ділянці зміни концентрації спирту від 19,3% мол. до 86,254% мол. визначимо необхідну кількість теоретичних тарілок у концентраційній частині колони: $n' = 25$ т. т. При к. к. д. тарілок 0,5 число дійсних тарілок буде рівне $25/0,5 = 50$ шт. Число теоретичних тарілок у відгінній частині колони на ділянці зміни концентрації спирту від 0,2% мол. до 19,3% мол. згідно з графіком становить $n'' = 2,25$ т. т. На ділянці зміни концентрації спирту від $x = 0,002\%$ мол. до $x_{II} = 0,2\%$ мол. при $k = 13$ число теоретичних тарілок визначиться за формулою:

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

$$n' = \frac{\lg \left[1 + \frac{0,2}{0,002} \left(\frac{13 \cdot 130}{221,3} - 1 \right) \right]}{\lg \frac{13 \cdot 130}{221,3}} - 1 = 2,2 \text{ т. т.} \quad (2.42)$$

Загальне число теоретичних тарілок для відгінної частини колони дорівнює:

$$n_g = n' + n'' = 2,2 + 2,25 = 4,45 \quad (2.43)$$

При к.к.д тарілок 0,5 їх число у відгінній частині складатиме:

$$n_g = \frac{4,45}{0,5} = 9 \text{ шт.}$$

Одну тарілку кубової частини колони відкидаємо, тоді $n_b = 8$ шт. Для сталої роботи колони приймаємо $n_b = 16$ шт.

Загальне число тарілок в ректифікаційній колоні складе:

$$n = n_k + n_g = 50 + 16 = 66 \text{ шт.} \quad (2.44)$$

Тип тарілок – багатоковпачкові.

По формулі Кіршбаума визначаємо швидкість пари в колоні

$$w_n = \frac{A}{\rho_n^m} = \frac{1,02}{0,926^{0,52}} = 1,06 \text{ м/с} \quad (2.45)$$

Приймаємо $w_n = 1,1 \text{ м/с}$,

де A і m - коефіцієнти, що залежать від відстані між тарілками

Для $h = 170 \text{ мм}$ приймаємо $A = 1,02$ і $m = 0,52$.

Об'єм парів, що піднімається по колоні визначаємо по формулі:

$$V = \frac{P \cdot 22,4(273 + t) p_0}{\mu_{cp} \cdot 273 \cdot p_1}, \quad (2.46)$$

де P – кількість водно спиртової пари, кг/год;

t – температура пари, ° К;

p_1 – тиск пари, ат;

p_0 – атмосферний тиск, ат.

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

$$V = \frac{5095 \cdot 22,4(273+78,3)1}{42,1 \cdot 273 \cdot 1,03} = 7109,88 \text{ м}^3 / \text{год} = 1,98 \text{ м}^3 / \text{с} \quad (2.47)$$

2.3 Конструктивні розрахунки

Діаметр ректифікаційної колони визначаємо по формулі

$$D = \sqrt{V_{II}' / (0,785 \cdot w_{II})} = \sqrt{1,98 / (0,785 \cdot 1,1)} = 1,5 \text{ м} \quad (2.48)$$

Приймаємо стандартний діаметр колони $D = 1500 \text{ мм}$.

Висоту від верхньої тарілки до кришки колони обчислюємо за формулою:

$$h_1 = 1,5 \cdot h = 1,5 \cdot 170 = 255 \text{ мм} \quad (2.49)$$

Відстань від днища колони до нижньої тарілки

$$h_2 = (0,75 \dots 1)D = (0,75 \dots 1) \cdot 1500 = (1125 \dots 1500) \text{ мм} \quad (2.50)$$

Приймаємо 1200 мм.

Висота кришки колони

$$h_3 = (0,3 \dots 0,4)D = (0,3 \dots 0,4) \cdot 1500 = (450 \dots 600) \text{ мм} \quad (2.51)$$

Приймаємо $h_3 = 500 \text{ мм}$.

Приймаємо висоту опори колони $h_4 = 2000 \text{ мм}$.

Загальна висота ректифікаційної колони

$$H = (Z_{\text{газ}} - 1) \cdot h + h_1 + h_2 + h_3 = (66 - 1) \cdot 170 + 255 + 1200 + 500 + 2000 = 15005 \text{ мм} \quad (2.52)$$

Приймаємо висоту $H = 15000 \text{ мм}$.

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

Розрахунок ковпачкової тарілки

Загальна площа поперечного перерізу горловини складає 12% від площі поперечного перерізу колони, тобто

$$f = (\pi D^2 / 4) \cdot 0,12 = (3,14 \cdot 1,5^2 / 4) \cdot 0,12 = 0,21 \text{ м}^2 \quad (2.53)$$

Приймаємо діаметр горловини ковпачка рівною $d_2 = 57 \text{ мм}$, тоді площа поперечного перерізу однієї горловини

$$f = (\pi d_2^2 / 4) = (3,14 \cdot 0,057^2 / 4) = 2,56 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \quad (2.54)$$

Тоді число ковпачків на одній тарілці складе

$$Z_k = f / f_1 = 0,21 / 2,56 \cdot 10^{-3} = 80 \text{ шт} \quad (2.55)$$

Визначимо висоту між верхньою кришкою горловини і ковпачком із співвідношення

$$\pi d_2^2 / 4 = \pi d_2 h_1 \quad (2.56)$$

Звідки $h_1 = \pi d_2^2 / (\pi d_2 \cdot 4) = 15 \text{ мм}$

Величину внутрішнього діаметра ковпачка визначимо з рівняння:

$$\pi d_2^2 / 4 = \pi d_B^2 / 4 - \pi (d_2 - 2\delta_1)^2 / 4 \quad (2.57)$$

Приймаємо $\delta_1 = 1,5 \text{ мм}$ і отримуємо $d_B = 80 \text{ мм}$.

Приймаємо $\delta_1 = 2 \text{ мм}$ і визначаємо

$$d_3 = 80 + 2 \cdot 2 = 84 \text{ мм}$$

Периметр ковпачка дорівнює

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

$$П = \pi d_3 = 3,14 \cdot 84 = 263 \text{ мм} \quad (2.58)$$

Висоту прорізів приймаємо 20 мм. Ширина прорізу складає 3 мм.

$$\text{Площа однієї прорізи} \quad 3 \cdot 20 = 60 \text{ мм}^2$$

Загальна площа прорізів на ковпачку

$$\pi d_2^2 / 4 = 3,14 \cdot 57^2 / 4 = 2550 \text{ мм}^2$$

$$\text{Число прорізів дорівнює} \quad 2550 / 60 = 42$$

Висота розташування прорізей над рівнем тарілки становить

$$h_4 = 3\delta_1 = 3 \cdot 1,5 = 4,5 \text{ мм}$$

(2.59)

Ковпачки розміщені в шахматному порядку по тарілці. Відстань між осями ковпачків приймаємо 112 мм. Тоді відстань між ковпачками дорівнює 24 мм, центральний кут для країв еливної перегородки дорівнює 90° .

Визначаємо висоту рідини над зливною перегородкою з формули

$$V_1' = 1,8l \cdot \Delta h^{3/2}, \quad (2.60)$$

де $V_1' = 1,98 / 962 = 0,002 \text{ м}^3 / \text{с}$ - пропускна можливість стакану (прийнято з матеріального балансу ректифікаційної колони).

$l = 1,4 \text{ м}$ - периметр зливу (визначений по будові тарілок в масштабі та куту $\alpha = 90^\circ$).

Δh - висота рідини над зливною перегородкою

Тоді:

$$\Delta h = \sqrt[3]{(V_1' / (1,8 \cdot 1,4)^2)} = \sqrt[3]{(0,002 / (1,8 \cdot 1,05)^2)} = 0,010 \text{ м} = 10 \text{ мм} \quad (2.61)$$

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

Відповідно прийнятому раніше, глибина барботажу складе:

$$h_0 = 30 + 9 = 39 \text{ мм}$$

Приймаємо, що прорізи ковпачків відкриті на $2/3$ їх висоти, тоді загальна висота барботажа на тарілці

$$\Delta h + 1/3h + 39 = 9 + 1/3 \cdot 20 + 39 = 57 \text{ мм} \quad (2.62)$$

Приймаємо 60 мм.

Висота зливної перегородки

$$h_3 = 60 - 10 = 50 \text{ мм}$$

Для стікання флегми з тарілок на тарілку встановлюємо зливні стакани. Виступ над площиною тарілки встановлюємо 5 мм. При швидкості руху в стакані 0,1 м/с, його діаметр складе

$$d_c = \sqrt{V_1 / (0,785 \cdot W_2)} = \sqrt{0,002 / (0,785 \cdot 0,1)} = 0,14 \text{ м} \quad (2.63)$$

Приймаємо для кращого зливу два стакана діаметром 115 мм.

Відстань хвоста стакана від поверхні тарілки приймаємо 30 мм.

Висоту горловини приймаємо на 5 мм більше висоти зливної перегородки, тобто

$$h_2 = 55 + 5 = 55 \text{ мм}$$

Загальна висота ковпачка складе

$$h_2 + h_1 + \delta_2 = 55 + 15 + 2 = 72 \text{ мм}$$

Діаметри патрубків визначаються по формулі

$$d_{II} = 1,13 \sqrt{G / (\rho v)} = 1,13 \sqrt{V' / v}, \text{ м} \quad (2.64)$$

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

де G_1 - масова витрата продукту в патрубку, кг/с

V' - об'ємна витрата продукту, м³/с

ρ - густина продукту, кг/м³

v - швидкість руху продукту в патрубку

Діаметр патрубка для відведення водно-спиртових парів на відокремлював, при $v_1=20$ м/с та $\rho_{п1}=0,926$ кг/м³

$$D_1 = 1,13\sqrt{(2,2/(0,926 \cdot 25))} = 0,3\text{м} \quad (2.65)$$

Приймаємо $d_1 = 300$ мм.

Діаметр патрубка для відведення водно-спиртових парів на перегрівачі

$$d_{п1} = 1,13\sqrt{G_1/(\rho v)}, \text{м} \quad (2.66)$$

де $G_1=2012,25$ кг/год= $0,56$ кг/с - з матеріального балансу;

$$d_{п1} = 1,13\sqrt{0,56/(0,926 \cdot 25)} = 0,155\text{м}.$$

Приймаємо $d_1 = 160$ мм.

Діаметр патрубка для підводу парів з епіюраційної колони, при умові

$$d_{п2} = 1,13\sqrt{G_2/(\rho v)}, \text{м} \quad (2.67)$$

де $G_2=5482,7$ кг/год= $1,52$ кг/с – з матеріального балансу колони;

$\rho_n = 0,7$ кг/м³ - густина цих парів.

$$d_{п2} = 1,13\sqrt{1,52/(0,7 \cdot 25)} = 0,295\text{м}.$$

Приймаємо $d_{п2} = 300$ мм.

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

2.4 Гідравлічний опір апарата[5]

Загальний опір тарілки складається [5, ст.77]

$$\Delta p = \Delta p_c + \Delta p_p \quad (2.68)$$

де Δp_c - опір сухої тарілки, Па;

Δp_p - опір рідини на тарілці, Па.

$$\Delta p = \sum \xi \cdot \omega_T^2 \cdot \gamma_n / 2, \quad (2.69)$$

$\sum \xi$ - сума коефіцієнтів місцевих опорів, для ковпачкових тарілок приймаємо 6,

ω_T - середня швидкість руху в ковпачкові, м/с. Приймаємо 7,6 м/с

γ_n - середня густина пари в колоні, $\gamma_n = 1,27 \text{ кг/м}^3$

$$\Delta p_c = 6 \cdot (7,6)^2 \cdot 1,27 / 2 = 220,07 \text{ Па}$$

Опір рідини на тарілці визначаємо за формулою

$$\Delta p_p = \gamma_p \cdot h \cdot g, \text{ Па} \quad (2.70)$$

γ_p - густина рідинної фази, $\gamma_p = 819 \text{ кг/м}^3$;

h - глибина барботажа, $h \approx 0,055 \text{ м}$.

$$\Delta p_p = 819 \cdot 0,055 \cdot 9,81 = 441,89 \text{ Па}$$

Тоді :

$$\Delta p = 220,07 + 441,89 = 661,96 \text{ Па}$$

Загальний гідравлічний опір колони складає

$$\Delta p_n = n \cdot \Delta p = 30 \cdot 661,96 = 19858,8 \text{ Па} \quad (2.71)$$

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

матеріалу, не змінюючи параметрів роботи апарата

2.5 Вибір допоміжного обладнання[1]

При проектуванні дефлегматора розрахунок зводиться до визначення потрібної поверхні теплообміну за рівнянням:

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t_{cp}}, \quad (2.72)$$

де F – площа поверхні теплообміну, m^2 ;

Q – теплове навантаження, Вт;

k – коефіцієнт теплопередачі, $Вт/(m^2 \cdot K)$;

Δt_{cp} – середня різниця температур між теплоносіями, К.

а) концентрація ректифікованого спирту 96,2 % об. = 94,13 % мас.

б) $t_1 = 16,5^\circ C$; $t_2 = 19,5^\circ C$; $t_3 = 20^\circ C$; $t_4 = 72,5^\circ C$.

в) $\theta_1 = 17,4^\circ C$; $\theta_2 = 78,4^\circ C$; $\theta_3 = 26,5^\circ C$.

По дослідних таблицях знаходять:

1) теплоємності ректифікованого спирту:

$$c_1 = 2,60 \frac{кДж}{кг \cdot K}; \quad c_1' = 3,34 \frac{кДж}{кг \cdot K}; \quad c_2 = 2,67 \frac{кДж}{кг \cdot K} \quad [5]$$

$$2) \text{ теплоємність води } c_e = 4,19 \frac{кДж}{кг \cdot K} \quad [5]$$

3) ентальпію спиртової пари $I = 1802 \frac{кДж}{кг}$; ентальпію конденсату $i = 226 \frac{кДж}{кг}$;

теплоту пароутворення $r = 937 \frac{кДж}{кг}$. [5]

Кількість ректифікованого спирту, що виробляється за годину:

$$G_1 = \frac{6000 \cdot 10 \cdot 0,8 \cdot 100}{24 \cdot 94,13} = 2120,9 \frac{кг}{год} = 0,59 \frac{кг}{с} \quad (2.73)$$

Із рівняння теплового балансу холодильника знаходиться витрата води, $\frac{кг}{год}$:

$$W = \frac{G_1 \cdot (\theta_2 \cdot c_1' - \theta_1 \cdot c_1)}{c_e \cdot (t_2 - t_1)}, \quad (2.74)$$

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

де t_2 і t_1 – відповідно температури води на виході та на вході в холодильник, $^{\circ}\text{C}$;
 θ_2 – температура спирту (при концентрації спиртової пари 94,13 % мас.), що відбирається з колони; θ_1 – температура спирту на виході з холодильника, $^{\circ}\text{C}$;
 c_1 і c_B – питомі теплоємності ректифікованого спирту і води, $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$.

$$W = \frac{2120,9 \cdot (78,4 \cdot 3,34 - 17,4 \cdot 2,60)}{4,19 \cdot (19,5 - 16,5)} = 36559,1 \frac{\text{кг}}{\text{год}} = 10,23 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Із рівняння теплового балансу конденсатора знаходиться кількість пари, сконденсованої в конденсаторі, $\text{кг}/\text{год}$:

$$G_2 = \frac{w \cdot c_g \cdot (t_3 - t_2)}{I - \theta_3 \cdot c_2}, \quad (2.75)$$

де t_3 і t_2 – відповідно температури води на виході та на вході в конденсатор, $^{\circ}\text{C}$;
 θ_3 – температура сконденсованої спиртової пари на виході з конденсатора, $^{\circ}\text{C}$;

I – ентальпія спиртової пари, $\text{кДж}/\text{кг}$.

$$G_2 = \frac{36859,1 \cdot 4,19 \cdot (20 - 19,5)}{1802 - 26,5 \cdot 2,67} = 44,55 \frac{\text{кг}}{\text{год}} = 0,0123 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Із рівняння теплового балансу дефлегматора знаходиться кількість пари, сконденсованої в дефлегматорі, $\text{кг}/\text{год}$:

$$G_3 = \frac{w \cdot c_g \cdot (t_4 - t_3)}{r} \quad (2.76)$$

де t_4 і t_3 – відповідно температури води на виході та на вході в дефлегматор, $^{\circ}\text{C}$;
 r – теплота пароутворення, $\text{кДж}/\text{кг}$.

$$G_3 = \frac{36859,1 \cdot 4,19 \cdot (72,5 - 20)}{937} = 8595,9 \frac{\text{кг}}{\text{год}} = 2,39 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Середня різниця температур:

$t_K = 78,4^{\circ}\text{C}$ пар	$\left. \begin{array}{l} \Delta t_6 \\ \Delta t_M \\ t_B = 20^{\circ}\text{C} \end{array} \right\}$	$\Delta t_6 = 78,4 - 20 = 58,4^{\circ}\text{C}$
$t_B = 72,5^{\circ}\text{C}$		$\Delta t_M = 78,4 - 72,5 = 5,9^{\circ}\text{C}$
		$\frac{\Delta t_6}{\Delta t_M} = \frac{58,4}{5,9} = 9,9 > 2$

теплоносіїв визначається як середньо логарифмічна різниця:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\mu}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\mu}}} \quad (2.77)$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{58,4 - 5,9}{\ln \frac{58,4}{5,9}} = \frac{52,5}{2,29} = 22,9^{\circ}C$$

Зазвичай для розрахунків приймають:

$$k_p = 0,7 \cdot k = 0,7 \cdot 1583 = 1108,1 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (2.78)$$

Дефлегматори ректифікаційних установок спроектовані виходячи із швидкості води в трубах 0,2-0,3 м/с; при цих умовах приймається $k_p=1583$ Вт/(м²·К). Це дає можливість встановити залежність між продуктивністю окремих колон (G, дал /добу) і необхідною площею поверхні їх дефлегматорів для ректифікаційних установок, які працюють при атмосферному тиску.

Для визначення площі поверхні за рівнянням (2.72) необхідно розрахувати теплове навантаження по формулі [1, с.250,]:

$$Q = G_3 \cdot (I - i), \quad (2.79)$$

де G_3 – кількість пари сконденсованої в дефлегматорі, кг / год;

I та i – відповідно ентальпія пари та конденсату, кДж / кг.

$$Q = 8595.9 \cdot (1802 - 226) = 13547138,4 \text{ кДж}/\text{год} = 3763094 \text{ Вт}$$

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{3763094}{1108,1 \cdot 22,9} = 148,3 \text{ м}^2 \quad (2.80)$$

Приймаємо до установки 2^x –секційний дефлегматор з діаметром 1000мм і довжиною 3122 мм для кожної секції [1, с.246,]

Розрахунок поверхні теплопередачі конденсатора спиртової колони проводимо аналогічно .

Для визначення площі поверхні за рівнянням (2.72) необхідно розрахувати теплове навантаження по формулі [1, с.250,]:

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

$$Q = G_2 \cdot (I - i), \quad (2.81)$$

де G_2 – кількість пари сконденсованої в конденсаторі, кг / год;

I та i – відповідно ентальпія пари та конденсату, кДж / кг.

$$Q = 44,55 \cdot (1802 - 226) = 70210,8 \text{ кДж/год} = 19503 \text{ Вт}$$

Приймаємо коефіцієнт теплопередачі для конденсатора згідно [1, с.252] $k=500 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$.

Таким чином поверхні теплопередачі конденсатора спиртової колони становитиме :

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{19503}{500 \cdot 22,9} = 1,7 \text{ м}^2 \quad (2.82)$$

Приймаємо до установки вертикальний конденсатор згідно

[1, с.252] площею 5 м^2 , діаметром 300мм , довжиною 2428 мм.

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

3 РОЗРАХУНОК АПАРАТУ НА МІЦНІСТЬ

3.1 Розрахунок товщини стінки і кришки [6]

Приймаємо розрахункові параметри, згідно до вимог експлуатації. За розрахункову температуру приймаємо максимально можливу температуру куба в робочому стані спиртової колони: $t = 107^{\circ}C$.

Розрахунковий тиск приймаємо рівним максимально можливому при нормальному протіканні технологічного процесу без врахування гідростатичного, так як тиск стовпця рідини не перевищує 5% від робочого (гідро випробування проводять в горизонтальному положенні).

$p = 0,10 \text{ МПа}$ - збитковий.

Прибавка на корозію в даному випадку дорівнює нулю, тому що використовується харчова нержавіюча сталь 12Х18Н10Т: $c=0$.

Коефіцієнт міцності зварних швів $\varphi = 0,9$ - для стикової з двухстороннім проваром, яка виконана автоматичним і напівавтоматичним зварюванням при контролі швів довжині до 50%.

Допустиме напруження до матеріалу (сталь 12Х18Н10Т) циліндричної стінку царг колони і електричного днища (кришки) при $20^{\circ}C$ і розрахункової температури відповідно:

$$[\sigma]_{20} = 184 \text{ МПа};$$

$$[\sigma] = 174 \text{ МПа}.$$

Розрахункове значення межі текучості для сталі 12Х18Н10Т:

$$\sigma_{m20} = 276 \text{ МПа}.$$

Допустиме напруження в умовах гідравлічних випробувань (гідро випробування проводяться в горизонтальному положенні) визначається по формулі:

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

Пробний тиск при гідровипробуванні:

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

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

$$p_u = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,5 \cdot 0,10 \cdot 184 \cdot / 174 = 0,16 \text{ МПа} \\ 0,2 \text{ МПа} \end{array} \right\} = 0,2 \text{ МПа}.$$

Розрахункова (номінальна) товщина стінки обичайки визначається по формулі:

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

$$s_p = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,10 \cdot 1500 / (2 \cdot 0,9 \cdot 174 - 0,10) = 0,35 \text{ мм} \\ 0,20 \cdot 1500 / (2 \cdot 0,9 \cdot 251 - 0,20) = 0,49 \text{ мм} \end{array} \right\} = 0,49 \text{ мм},$$

де D- внутрішній діаметр обичайки царги колони, мм.

Виконувальна товщина листа для обичайки корпусу колони:

$$s \geq s_p + c = 0,49 + 0 = 0,49 \text{ мм}. \quad (3.4)$$

Остаточно приймаємо товщину циліндричної обичайки з врахуванням стійкості при виготовленні рівну:

$$s = 4 \text{ мм}.$$

Перевіряємо умову виконання формул безмоментної теорії:

$$(s-c)/D \leq 0,1; \quad (3.5)$$

$$(4-0)/1500 = 0,0036,$$

що менше 0,1 – умова виконання формул виконана.

Допустимий внутрішній тиск для обичайки корпусу колони при виконуючій товщині s=4 мм визначається по формулі:

-в робочих умовах

$$[p] = 2[\sigma] \phi(s-c) / (D + (s-c)) = 2 \cdot 174 \cdot 0,9 \cdot (4-0) / (1500 + (4-0)) = 1,13 \text{ МПа}; \quad (3.6)$$

- в умовах гідравлічних випробувань

$$[p]_u = 2[\sigma]_u \phi(s-c) / (D + (s-c)) = 2 \cdot 251 \cdot 0,9 \cdot (4-0) / (1500 + (4-0)) = 1,64 \text{ МПа};$$

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

що вище відповідних тисків в робочих умовах і при гідро випробуванні.

Знаходимо товщину еліптичного днища (кришки) колони. Схема днища представлена на рис 5.4.1.

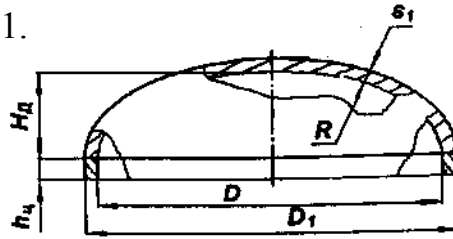


Рис. 3.1 Схема еліптичного днища

Приймаємо еліптичне днище з висотою: $H=0,25D$,

для якого розрахунковий параметр $R=D=1500\text{мм}$.

Розрахунковий параметр еліптичного днища визначається по формулі.

$$s_{1p} = \max \left\{ \frac{pR/(2\phi[\sigma]-0,5p)}{p_u R/(2\phi[\sigma]_u - 0,5p_u)} \right\}, \quad (3.7)$$

$$s_{1p} = \max \left\{ \frac{0,10 \cdot 1500 / (2 \cdot 0,9 \cdot 174 - 0,5 \cdot 0,10) = 0,35\text{мм}}{0,2 \cdot 1500 / (2 \cdot 0,9 \cdot 251 - 0,5 \cdot 0,2) = 0,49\text{мм}} \right\} = 0,49\text{мм},$$

Виконувальна товщина листа для днища по формулі:

$$s \geq 0,49 + 0 = 0,49\text{мм}.$$

Остаточно приймаємо товщину еліптичного днища рівною:

$$s_1 = 4\text{мм}.$$

Визначаємо допустимий тиск для еліптичного днища в робочих умовах і в умовах гідро випробувань відповідно:

$$[p]_1 = 2[\sigma]\phi(s_1 - c) / (R + 0,5(s_1 - c)) = 2 \cdot 174 \cdot 0,9 \cdot (4 - 0) / (1500 + 0,5 \cdot (4 - 0)) = 1,13\text{МПа};$$

$$[p]_{1u} = 2[\sigma]_u \phi(s_1 - c) / (R + 0,5(s_1 - c)) = 2 \cdot 251 \cdot 0,9 \cdot (4 - 0) / (1500 + 0,5 \cdot (4 - 0)) = 1,64\text{МПа}.$$

Перевіряємо умову виконання формул:

$$\begin{aligned} 0,002 \leq (s_1 - c) / D \leq 0,10; \\ 0,2 \leq H / D \leq 0,5; \end{aligned} \quad (3.8)$$

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

$0,002 < [(s_1 - c) / D = (4 - 0) / 1500 = 0,0036] < 0,10$ - умова виконана;

$0,2 < [H / D = 0,25 \cdot 1500 / 1500 = 0,25] < 0,5$ - умова виконана.

3.2 Розрахунок фланцевого з'єднання[7]

Фланець для сферичної кришки діаметром $d_2=1,5$ м з товщиною стінки циліндричної обечайки 5 мм, що навантажений внутрішнім надлишковим тиском $P_2=0,32$ МПа. Температура середовища в апараті $t_2=122$ °С.

Згідно з табл. I (к.13) для заданих умов підходять фланець сталевий приварний з виступом або западиною за ГОСТ 12828-67.

Товщина циліндричної втулки фланця:

$$S_{02} = 1,35 \cdot S_2 = 1,35 \cdot 0,005 = 0,068 \text{ м}, \quad (3.9)$$

приймаємо $S_{02}=0,007$ м;

де $S_2=0,005$ м – товщина стінки обечайки.

Приймаємо діаметр болтів $d_{62}=20$ мм (к. 13, табл. 9).

Діаметр болтового кола:

$$D_{62} \geq D_2 + 2 \cdot (S_{02} + d_{62} + 0,006) = 1,5 + 2 \cdot (0,007 + 0,020 + 0,006) = 1,666 \text{ м}, \quad (3.10)$$

приймаємо $D_{62}=1590$ мм;

де – $D_2=d_2=1,6$ м – внутрішній діаметр фланця:

$$D_{\phi 2} = D_{62} + a_2 = 1590 + 40 = 1630 \text{ мм}, \quad (3.11)$$

де – $a_2=40$ мм – за табл. 10 (к. 13)

Зовнішній діаметр прокладки (3.42):

$$D_2 = D_{b2} - l_2 = 1590 - 30 = 1550 \text{ мм}, \quad (3.12)$$

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

де $l_2 = 30$ мм - за табл.. 10 (к. 13):

$$D_{\text{сп}2} = D_{\text{п}2} - v_2 = 1550 - 20 = 1530 \text{ мм}$$

де $v_2=20$ мм – ширина прокладки (згідно табл.. 2 к. 13)

Ефективна ширина прокладки [7, с. 34] (для плоских прокладок при $v > 0,015$ м):

$$v_{e2} = 0,06 \cdot \sqrt{v_2} = 0,06 \cdot \sqrt{0,025} = 0,0095 \text{ м.} \quad (3.13)$$

Як матеріал прокладки приймаємо пароніт. Її розрахункові параметри: $m_2=25$ мм; $q_2=20$ МПа; $[q]_2=130$ МПа; $E_{n2}=2000$ МПа.

Орієнтовна кількість болтів:

$$Z_{62} = \pi \cdot D_{62}/t_{62} = 3,14 \cdot 1,53/(4,6 \cdot 0,02) = 57,7 \text{ шт,} \quad (3.14)$$

приймаємо $Z_{62}=60$ шт;

де $t_{62} = 4,6 \cdot d_{62}$ – шаг болтів На підставі результатів розрахунку виберемо стандартний фланець. Його параметри [7], табл.. 48, 50: зовнішній діаметр $D_{\phi 2}=1,63$ м; діаметр болтового кола $D_{62} = 1,59$ м; зовнішній діаметр прокладки $D_{n2}=1,55$ м; товщина диска фланця $h_{\phi 2}=0,055$ м. Кількість болтів $Z_{62}=60$ шт. Згідно з табл.. 14 (к. 13) вибираємо матеріал фланців – сталь 12X18H10T за ГОСТ 7350-77 група А

Матеріал для шпильок – сталь 45X14HB2M (табл.. 15, к. 13).

Перевірочний розрахунок [7, ст.. 62-64].

Розрахунок допоміжних величин

Відношення більшої товщини втулки до меншої: $\beta_2=1$.

Середній діаметр прокладки:

$$D_{\text{сп}2} = D_{\text{п}2} - v_2 = 1,55 - 0,02 = 1,53 \text{ м.} \quad (3.15)$$

Ефективна ширина прокладки (3.100):

$$\text{при } v_2 > 0,015 \text{ м } v_{e2}=0,06 \cdot \sqrt{v_2} = 0,06 \cdot \sqrt{0,025} = 0,0095 \text{ м.}$$

Конструкційний коефіцієнт для фланців (3.46):

$$K_{\phi 2} = D_{\phi 2}/D_2 = 1,63/1,5 = 108. \quad (3.16)$$

Конструктивні коефіцієнти для фланців:

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

$$\lambda_{\phi 21} = h_{\phi 21} / \sqrt{D_2 \cdot S_{02}} = 0,055 / \sqrt{1,5 \cdot 0,007} = 0,52; \quad (3.17)$$

$$\lambda_{\phi 22} = h_{\phi 22} / \sqrt{D_2 \cdot S_{02}} = 0,053 / \sqrt{1,5 \cdot 0,007} = 0,5, \quad (3.18)$$

де - $h_{\phi 21} = h_{\phi 22} = 0,055$ м – товщина диска фланця;

$h_{\phi 22} = h_{\phi 2} - t_2 = 0,055 - 0,002 = 0,053$ м – товщина диска відповідного фланця,

де $t_2 = 0,002$ м – товщина прокладки.

Поправочні коефіцієнти для фланців :

$$\psi_{1\phi 2} = 1,28 \cdot \lg K_{\phi 2} = 1,28 \cdot \lg 1,08 = 0,043; \quad (3.19)$$

$$\psi_{2\phi 2} = (K_{\phi 2} + 1) / (K_{\phi 2} - 1) = (1,08 + 1) / (1,08 - 1) = 26. \quad (3.20)$$

Поправочний коефіцієнт для перерізу S_{02} (див. рис. 10, к. 13):

$\psi_{32} = 1$ для плоских приварних фланців (3.51 – 3.52):

Геометричні параметри фланців

$$j_{\phi 21} = h_{\phi 21} / S_{02} = 0,055 / 0,007 = 7,86; \quad (3.21)$$

$$j_{\phi 22} = h_{\phi 22} / S_{02} = 0,053 / 0,007 = 7,57. \quad (3.22)$$

Безрозмірний параметр фланців :

$$T_{\phi 2} = \frac{K_{\phi 2}^2 \cdot (1 + 8,55 \cdot \lg K_{\phi 2}) - 1}{(1,05 + 1,945 \cdot K_{\phi 2}^2) \cdot (K_{\phi 2} - 1)} = \frac{1,08^2 \cdot (1 + 8,55 \cdot \lg 1,08) - 1}{(1,05 + 1,945 \cdot 1,08^2) \cdot (1,08 - 1)} = 1,88. \quad (3.23)$$

Безрозмірні параметри фланців

$$\omega_{\phi 21} = [1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 21} \cdot (1 + \psi_{1\phi 2} \cdot j_{\phi 21}^2)]^{-1} = [1 + 0,9 \cdot 0,52 \cdot (1 + 0,043 \cdot 7,86^2)]^{-1} = 0,37; \quad (3.24)$$

$$\omega_{\phi 22} = [1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 22} \cdot (1 + \psi_{1\phi 2} \cdot j_{\phi 22}^2)]^{-1} = [1 + 0,9 \cdot 0,5 \cdot (1 + 0,043 \cdot 7,57^2)]^{-1} = 0,39; \quad (3.25)$$

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

Кутова піддатливість фланців:

$$y_{\phi 12} = \frac{[1 - \omega_{\phi 21} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 21}) \cdot \psi_{2\phi 2}]}{h_{\phi 21}^3 \cdot E_{\phi 21}} = \frac{[1 - 0,37 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,52)] \cdot 26}{0,055^3 \cdot 1,99 \cdot 10^5} = 0,36 \text{ (МН} \cdot \text{м)}^{-1}; \quad (3.26)$$

$$y_{\phi 22} = \frac{[1 - \omega_{\phi 22} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 22}) \cdot \psi_{2\phi 2}]}{h_{\phi 22}^3 \cdot E_{\phi 22}} = \frac{[1 - 0,39 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,5)] \cdot 26}{0,055^3 \cdot 1,99 \cdot 10^5} = 0,38 \text{ (МН} \cdot \text{м)}^{-1}. \quad (3.27)$$

де – $E_{\phi 21} = E_{\phi 22} = 1,99 \cdot 10^5$ МПа – модуль пружності матеріалу фланців при $t_{\phi 2} = 122$ °С.

Розрахункова довжина болтів фланцевого з'єднання :

$$l_{\phi 2} = h_{\phi 21} + h_{\phi 22} + h_2 + 0,28 + d_{\phi 2} = 0,055 + 0,053 + 0,002 + 0,28 + 0,020 = 0,116 \text{ м}, \quad (3.28)$$

де - $h_2 = 0,002$ м – товщина прокладки.

Лінійна піддатливість прокладки (3.59):

$$y_{п2} = h_2 / (\pi \cdot D_{сп2} \cdot B_2 \cdot E_{п2}) = 0,002 / (3,14 \cdot 1,63 \cdot 0,02 \cdot 200) = 9,77 \cdot 10^{-5} \text{ м/МН}. \quad (3.29)$$

оща поперечного перерізу болта (3.60):

$$f_{\phi 2} = 0,785 \cdot d_{\phi 2}^2 = 0,785 \cdot (17,3 \cdot 10^{-3})^2 = 2,35 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \quad (3.30)$$

де – $d_{\phi 2} = 1,73 \cdot 10^{-3}$ м – внутрішній діаметр болта

Лінійна піддатливість болтів :

$$y_{\phi 2} = \frac{l_{\phi 2}}{E_{\phi 2} \cdot f_{\phi 2} \cdot Z_{\phi 2}} = \frac{0,116}{2 \cdot 10^5 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 60} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ м/МН}, \quad (3.31)$$

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

де - $E_{62}=2 \cdot 10^5$ МПа – модуль пружності матеріала шпильок
при $t_{62}=0,97 \cdot t_{\phi 2}=0,97 \cdot 122=118$ °С (3.32)

Параметр жорсткості фланцевого з'єднання :

$$A_{\phi 2} = [Y_{n2} + Y_{62} + 0,25 \cdot (Y_{\phi 12} + Y_{\phi 22}) \cdot (D_{62} - D_{cn2})^2]^{-1} == [9,77 \cdot 10^{-5} + 4 \cdot 10^{-4} + 0,25 \cdot (0,36 + 0,38) \cdot (1,69 - 1,63)^2]^{-1} == 1244 \text{ МН/м} \quad (3.33)$$

Параметри жорсткості фланців :

$$B_{\phi 12} = Y_{\phi 12} \cdot (D_{62} - D_2 - S_{02}) = 0,36 \cdot (1,69 - 1,6 - 0,007) = 29,8 \cdot 10^{-3} \text{ МН}^{-1} \quad (3.34)$$

$$B_{\phi 22} = Y_{\phi 22} \cdot (D_{62} - D_2 - S_{02}) = 0,38 \cdot (1,69 - 1,6 - 0,007) = 31,5 \cdot 10^{-3} \text{ МН}^{-1} \quad (3.35)$$

Безрозмірний коефіцієнт фланцевого з'єднання :

$$\gamma_2 = A_{\phi 2} \cdot Y_{62} = 1244 \cdot 4 \cdot 10^{-5} = 0,05 \quad (3.36)$$

Безрозмірний коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання:

$$\alpha_{\phi 2} = A_{\phi 2} \cdot [Y_{62} + 0,25 \cdot (B_{\phi 12} + B_{\phi 22}) \cdot (D_{62} - D_{cn2})] = 1244 \cdot [4 \cdot 10^{-5} + 0,25 \cdot (29,8 \cdot 10^{-3} + 31,5 \cdot 10^{-3}) \cdot (1,69 - 1,63)] = 1,2 \quad (3.37)$$

Розрахунок болтів фланцевого з'єднання

Рівнодіюча внутрішнього тиску:

$$Q_{g2} = 0,785 \cdot D_{cn2}^2 \cdot P_2 = 0,785 \cdot 1,53 \cdot 0,32 = 0,67 \text{ МН} \quad (3.38)$$

еакція прокладки в робочих умовах:

$$R_{n2} = 2 \cdot \pi \cdot D_{cn2}^2 \cdot b_{e2} \cdot m_2 \cdot P_2 = 2 \cdot 3,14 \cdot 1,63 \cdot 0,0095 \cdot 2,5 \cdot 0,32 = 0,078 \text{ МН} \quad (3.39)$$

Зусилля, що виникає від температурної деформації фланцевого з'єднання $Q_{\text{т}\phi 2}$

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

$$\begin{aligned} & \gamma_2 \cdot Z_{\phi 2} \cdot f_{\phi 2} \cdot E_{\phi 2} \cdot (\alpha_{\phi 2}^t \cdot t_{\phi 2} - \alpha_{\phi 2}^t \cdot t_{\phi 2}) \\ & = 0,05 \cdot 60 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 10^{-5} \\ & \cdot (1,7 \cdot 10^{-5} \cdot 122 - 1,7 \cdot 10^{-5} \cdot 118) = 9,6 \cdot 10^{-3} > 0, \end{aligned} \quad (3.40)$$

тоді $Q_{t\phi 2} = 9,6 \cdot 10^{-3}$;

де $\alpha_{\phi 2}^t = (\alpha_{\phi 21}^t + \alpha_{\phi 22}^t)/2 = (1,7 \cdot 10^{-5} + 1,7 \cdot 10^{-5})/2 = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ (3.41)

де $\alpha_{\phi 21}^t = \alpha_{\phi 22}^t = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ - по табл. 4 (к. 13).

Монтажне болтове навантаження фланцевого з'єднання за різних умов розрахунку:

$$P'_{\phi 21} = \pi \cdot b_{e2} \cdot q_2 = 1,63 \cdot 0,0095 \cdot 20 = 0,972 \text{ МПа} \quad (3.42)$$

$$\begin{aligned} P''_{\phi 21} &= \alpha_{\phi 2} \cdot (Q_{g2} + P_2) + R_{n2} + \frac{4 \cdot M_2}{D_{cn2}} = 1,2 \cdot (0,67 + 0,32) + 0,078 + 0 = \\ & 1,266 \text{ МПа;} \end{aligned} \quad (3.43)$$

де $\frac{4 \cdot M_2}{D_{cn2}}$ – загальне додаткове навантаження на болти фланцевого з'єднання (приймаємо рівним нулю).

$$P'''_{\phi 21} = 0,4 \cdot [\sigma_{\phi 2}]^{20} \cdot Z_{\phi 1} \cdot f_{\phi 2} = 160 \cdot 20 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} = 0,3 \text{ МПа} \quad (3.44)$$

де $[\sigma_{\phi 2}]^{20} = 160 \text{ МПа}$ – допустиме навантаження для матеріалу шпильок при $t=20^\circ\text{C}$ (табл. 7, к. 13).

Розрахункове навантаження (при $P_2 \leq 0,6 \text{ МПа}$):

$$P_{\phi 21} = \max\{P'_{\phi 21}; P''_{\phi 21}; P'''_{\phi 21}\} = \max\{0,972; 1,266; 0,3\} = 1,266 \text{ МПа:}$$

Умова міцності прокладки:

$$P_{\phi 21}/(\pi \cdot D_{cn2}^2 \cdot b_{e2}) \leq [q]_2; \quad (3.45)$$

$$1,226/(3,14 \cdot 1,53 \cdot 0,025) = 10 < 130 \text{ МПа} - \text{ умова міцності виконується}$$

Болтове навантаження за робочих умов :

$$\begin{aligned} P_{\phi 22} &= P_{\phi 21} + (1 - \alpha_{\phi 2}) \cdot (Q_{g2} \pm P_2) + Q_{t\phi 2} + \frac{4 \cdot M_2}{D_{cn2}} = 1,226 + (1 - 1,2) \cdot \\ & (0,67 + 0,32) + 9,6 \cdot 10^{-3} + 0 = 1,04 \text{ МПа} \end{aligned} \quad (3.46)$$

Так як $Q_{t\phi 2} > 0$ то перевірку на додаткову умову не проводимо, бо:

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

$$[\sigma_{62}]^t \cdot Z_{62} \cdot f_{62} - \gamma_2 \cdot Z_{62} \cdot f_{62} \cdot E_{62} \cdot (\alpha_{\phi 2}^t \cdot t_{\phi 2} - \alpha_{62}^t \cdot t_{62}) > P_{622} \quad (3.47)$$

Розрахункове навантаження на болти (3.76):

$$P_{6\phi 2} = \max\{P_{621}; P_{622}\} = \max\{1,226; 1,04\} = 1,226 \text{ МПа}$$

Напруження розтягування в болтах за умов монтажу:

$$\sigma_{62}^{20} = \frac{P_{621}}{Z_{62} \cdot f_{62}} = \frac{1,226}{60 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4}} = 87 \text{ МПа} \quad (3.48)$$

Напруження розтягування в болтах за робочих умов ;

$$\sigma_{62}^t = \frac{P_{622}}{Z_{62} \cdot f_{62}} = \frac{1,04}{60 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4}} = 74 \text{ МПа} \quad (3.49)$$

Скручуючий момент, що виникає від розтягування гайок:

$$M_{\text{скр}2} = f_{21} \cdot \frac{P_{6\phi 2}}{Z_{62}} \cdot d_{62} = 0,1 \cdot \frac{1,226}{60} \cdot 0,02 = 4,1 \cdot 10^{-5} \text{ МН} \cdot \text{м}, \quad (3.50)$$

де $f_{21} = 0,1$ – коефіцієнт тертя.

Дотичне напруження в болтах:

$$\tau_{62} = \frac{M_{\text{скр}2}}{0,2 \cdot d_{02}^3} = \frac{4,1 \cdot 10^{-5}}{0,2 \cdot 0,017^3} = 41,7 \text{ МПа}, \quad (3.51)$$

Еквівалентні напруження в болтах :

$$\sigma_{6e2}^{20} = \sqrt{(\sigma_{62}^{20})^2 + 3 \cdot \tau_{62}^2} = \sqrt{87^2 + 3 \cdot 41,7^2} = 113 \text{ МПа}; \quad (3.52)$$

$$\sigma_{6e2}^t = \sqrt{(\sigma_{62}^t)^2 + 3 \cdot \tau_{62}^2} = \sqrt{74^2 + 3 \cdot 41,7^2} = 103 \text{ МПа} \quad (3.53)$$

Умова міцності болтів:

$$\sigma_{6e2}^{20} \leq [\sigma_{62}]^{20}: 113 < 160;$$

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

$\sigma_{6e2}^t \leq [\sigma_{62}]^t : 103 < 147$ – умова виконується;

де $[\sigma_{62}]^t = 147$ МПа – допустиме напруження для матеріалу шпильок при $t_{62} = 118$ °С (к. 13, табл. 10).

Розрахунковий згинаючий момент у діаметральному перерізі фланця:

$$M_{01\phi 2} = 0,5 \cdot P_{621} \cdot (D_{62} - D_{сп2}) = 0,5 \cdot 1,226 \cdot (1,69 - 1,63) = 0,037 \text{ МПа} \quad (3.54)$$

$$M_{01\phi 2} = 0,5 \cdot [P_{621} \cdot (D_{62} - D_{сп2}) + Q_{g2} \cdot (D_{62} - D_2 - S_{02})] \cdot \frac{[\sigma_{\phi 2}]^{20}}{[\sigma_{\phi 2}]^t} = 0,5 \cdot [1,04 \cdot (1,69 - 1,63) + 0,67 \cdot (1,63 - 1,6 - 0,007)] \cdot \frac{110}{103} = 0,042 \text{ МПа} \quad (3.55)$$

$$\text{Де: } \frac{[\sigma_{\phi 2}]^{20}}{[\sigma_{\phi 2}]^t} = \max \left\{ \frac{[\sigma_{\phi 12}]^{20}}{[\sigma_{\phi 12}]^t}; \frac{[\sigma_{\phi 22}]^{20}}{[\sigma_{\phi 22}]^t} \right\} = \frac{110}{103}; \quad (3.56)$$

де $[\sigma_{\phi 12}]^{20} = [\sigma_{\phi 22}]^{20} = 110$ МПа - допустиме напруження для матеріалу фланців при $t = 20$ °С.

$[\sigma_{\phi 12}]^t = [\sigma_{\phi 22}]^t = 133$ МПа - допустиме напруження для матеріалу фланців при $t = 122$ °С.

Розрахунковий згинаючий момент у діаметральному перерізі фланця:

$$M_{0\phi 2} = \max\{M_{01\phi 2}; M_{02\phi 2}\} = \max\{0,037; 0,042\} = 0,042 \text{ МН} \cdot \text{м}. \quad (3.57)$$

Максимальні напруження в перерізі S_0 фланців від дії вигинаючого моменту

$M_{0\phi 2}$;

$$\sigma_{0\phi 12} = \psi_{32} \cdot \frac{T_{\phi 2} \cdot M_{0\phi 2} \cdot \omega_{\phi 21}}{D_2' \cdot (S_{02} - C_2)^2} = 1 \cdot \frac{1,88 \cdot 0,037 \cdot 0,42}{1,6 \cdot (0,007 - 0,001)^2} = 507 \text{ МПа} \quad (3.58)$$

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

$$\sigma_{\text{оф}22} = \psi_{32} \cdot \frac{T_{\text{ф}2} \cdot M_{\text{оф}2} \cdot \omega_{\text{ф}22}}{D_2' \cdot (S_{02} - C_2)^2} = 1 \cdot \frac{1,88 \cdot 0,016 \cdot 0,42}{1,6 \cdot (0,007 - 0,001)^2} = 535 \text{ МПа} \quad (3.59)$$

де при $D_2 = 1,6 > 20 \cdot S_{02} = 20 \cdot 0,007 = 0,14$ м:

$$D_1' = D_1 = 1,6 \text{ м}$$

Максимальні кінцеві напруження в дисках фланців від дії згинаючого моменту $M_{\text{оф}2}$:

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{кф}21} &= \frac{M_{\text{оф}2} \cdot [1 - \omega_{\text{ф}21} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\text{ф}21})] \cdot \psi_{2\text{ф}2}}{D_1 \cdot h_{\text{ф}21}^2} = \frac{0,042 \cdot [1 - 0,37 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,52)] \cdot 26}{1,6 \cdot 0,055^2} = \\ &= 103 \text{ МПа} \end{aligned} \quad (3.60)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{кф}22} &= \frac{M_{\text{оф}2} \cdot [1 - \omega_{\text{ф}22} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\text{ф}22})] \cdot \psi_{2\text{ф}2}}{D_2 \cdot h_{\text{ф}22}^2} = \frac{0,042 \cdot [1 - 0,39 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,5)] \cdot 26}{1,6 \cdot 0,053^2} = \\ &= 106 \text{ МПа} \end{aligned} \quad (3.61)$$

Кінцеве та меридіальне напруження у циліндричній втулці фланця від дії внутрішнього тиску P_2 :

$$\sigma_{\text{хф}12} = \sigma_{\text{хф}22} = \frac{P_2 \cdot D_2}{2 \cdot (S_{02} - C_2)} = \frac{0,32 \cdot 1,6}{2 \cdot (0,007 - 0,001)} = 43 \text{ МПа}; \quad (3.62)$$

$$\sigma_{\text{уф}12} = \sigma_{\text{уф}22} = \frac{P_2 \cdot D_2}{4 \cdot (S_{02} - C_2)} = \frac{0,32 \cdot 1,6}{4 \cdot (0,007 - 0,001)} = 21,5 \text{ МПа}; \quad (3.63)$$

Еквівалентні напруження в перерізі циліндричної втулки фланців:

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{еф}12} &= \sqrt{(\sigma_{\text{оф}12} + \sigma_{\text{уф}12})^2 + \sigma_{\text{хф}12}^2 - (\sigma_{\text{оф}12} + \sigma_{\text{уф}12}) \cdot \sigma_{\text{хф}12}} = \\ &= \sqrt{(507 + 21,5)^2 + 43^2 - (507 + 21,5) \cdot 43} = 508 \text{ МПа}; \end{aligned} \quad (3.64)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{еф}22} &= \sqrt{(\sigma_{\text{оф}22} + \sigma_{\text{уф}22})^2 + \sigma_{\text{хф}22}^2 - (\sigma_{\text{оф}22} + \sigma_{\text{уф}22}) \cdot \sigma_{\text{хф}22}} = \\ &= \sqrt{(535 + 21,5)^2 + 43^2 - (535 + 21,5) \cdot 43} = 536 \text{ МПа}; \end{aligned} \quad (3.65)$$

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

Умова міцності:

$$\sigma_{\text{еф}12} \leq [\sigma_{\phi12}^{S_{02}}] \cdot \varphi_2 : 508 \leq 597 \cdot 0,9 = 537 \text{ МПа} \quad (3.66)$$

$$\sigma_{\text{еф}22} \leq [\sigma_{\phi22}^{S_{02}}] \cdot \varphi_2 : 536 \leq 597 \cdot 0,9 = 537 \text{ МПа} - \text{умова виконується};$$

де $[\sigma_{\phi12}^{S_{02}}] = [\sigma_{\phi22}^{S_{02}}] = 0,003 \cdot E_{\phi21}^t = 0,003 \cdot 1,99 \cdot 10^5 = 597 \text{ МПа}$ - допустиме напруження матеріалу фланця у перерізі S_{02} .

Умови герметичності (при $D_2 \leq 2 \text{ м}$ $[\theta] = 0,013 \text{ рад}$)

$$\sigma_{\text{кф}21} \cdot D_2 / (E_{\phi21}^t \cdot h_{\phi21}) \leq [\theta]; \quad (3.67)$$

$$91 \cdot 1,6 / (1,9 \cdot 10^5 \cdot 0,52) = 0,00016 \leq 0,013 \text{ рад};$$

$$\sigma_{\text{кф}22} \cdot D_2 / (E_{\phi22}^t \cdot h_{\phi22}) \leq [\theta]; \quad (3.68)$$

$$93 \cdot 1,6 / (1,9 \cdot 10^5 \cdot 0,5) = 0,00016 \leq 0,013 \text{ рад}; - \text{умова виконується}$$

3.3 Розрахунок та вибір опори апарата[7]

Вертикальні апарати встановлюють на стійках: при відношенні $H/D > 5 \left(\frac{8,98}{1,2} = 7,48\right)$ 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 приведене навантаження – сила від ваги пустого апарату

$$Q_{\text{min}} = (M_k + M_m) \cdot g \quad (3.69)$$

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

де M_k – маса колони, кг;

M_T – маса тарілок, кг.

$$M_k = (V_y + 2V_d) \cdot \rho \quad (3.70)$$

де ρ – густина матеріалу колони;

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

V_d – об'єм днища/кришки.

$$V_y = S_y H_y \quad (3.71)$$

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

$H_{ц}$ – висота циліндричної частини.

$$S_y = \frac{\pi \cdot (D + 2 \cdot S)^2}{4} - \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (3.72)$$

$$S_y = 0,785 * 9,0[(1,1 + 0,008/2)^2 - 1,2^2] = 0,27 \text{ м}^3$$

$$V_d = \pi \left[(H_g + S_1)^2 \left(R + S_1 - \frac{H_g + S_1}{3} \right) - H_g^2 \left(R - \frac{H_g}{3} \right) \right]$$

$$V_d = 3,14 \left[(0,3 + 0,008)^2 \left(1,5 + 0,008 - \frac{0,3 + 0,008}{3} \right) - 0,3^2 \left(1,5 - \frac{0,3}{3} \right) \right] = 0,0271 \text{ м}^3 \quad (3.73)$$

$$M_k = (0,27 + 2 * 0,0271) \cdot 7850 = 2545 \text{ кг}$$

$$M_m = m_m * n \quad (3.74)$$

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

де m_T - маса тарілки, $m_T=68,6$ кг

$$M_m = 39 * 68,6 = 2675 \text{ кг}$$

$$Q_{min} = (2545 + 2675) * 9,81 = 51212 \text{ Н} \quad (3.75)$$

$$Q_{min} = 0,051 \text{ МН}$$

Максимальне приведенне навантаження – з врахуванням ваги рідини

$$M_p = V_p * \rho_p \quad (3.76)$$

$$V_{жс} = 0,785D^2 * H_{ц} + \pi H_{\delta}^2 \left(R - \frac{H_{\delta}}{3} \right) \quad (3.77)$$

$$V_{жс} = 0,785 * 1,1^2 * 9 + 3,14 * 0,3^2 \left(1,1 - \frac{0,3}{3} \right) = 10,5 \text{ м}^3$$

$$M_p = 10,5 * 1000 = 10500 \text{ кг}$$

$$Q_{max} = (Q_{min} + M_{жс}) * g \quad (3.78)$$

$$Q_{max} = (51212 + 10500) * 9,81 = 61712 \text{ Н}$$

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 обечайкою опори

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

$$\sigma = \frac{Q_{max}}{\pi D a_1} \leq \varphi \cdot \min\{[\sigma]_o; [\sigma]_k\} \quad (3.79)$$

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

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

φ - коефіцієнт міцності зварного шва;

$[\sigma]_o = 136$ МПа для сталі В. Ст. 3, см³

$[\sigma]_k = 155$ МПа для сталі 12Х18Н10Т.

$\varphi = 0,7$

$$\sigma = \frac{61712}{3,14 * 1,1 * 0,007} = 2,34 \text{ МПа} \leq 0,7 \cdot 136 = 95,2 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується.

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

4 Монтаж та ремонт апарата [9]

4.1 Монтаж розробленого апарата[9]

Монтаж ректифікаційної установки слід проводити в повній відповідності з монтажною схемою. При її розробці, особлива увага повинна бути звернена на підбір запірної арматури. На гарячих продуктопроводах рекомендується ставити виключно бронзові пробкові фланцеві крани з сальниковими ущільнювачами. На лінії подачі бражки, відводу барди, лютерної води із колони можуть бути поставлені бронзові задвижки при діаметрі трубопроводів > 100 мм або пробкові крани при менших діаметрах.

При знаходженні перерізу трубопроводів виходять із слідкуючих допустимих швидкостей (6 м/с): вода в самотічних трубопроводах 0,5-1,0; вода на нагнітальній стороні насоса – 1,25-2,5; вода на всмоктуючій стороні насоса 0,75-1,0; пар спирто-водний і спиртовий із верхньої частини колони в підігрівач бражки або дефлегматор та конденсатор 15-25, для гріючої пари 20-30, для конденсата гріючої пари – 0,5-1,5.

Ліхтарі для спирту та побічних продуктів розташовують в одному місці, що добре освітлюється денним світлом, поблизу робочого місця апаратчика.

Важливим моментом при компоновці дефлегматора є правильний вибір відстані між ним і відповідною колоною. Коліно між колоною і дефлегматором бажано робити з плавним переходом (зварне із секторів), але можна і під прямим кутом. Мінімальна довжина горизонтальної частини труби орієнтовано може бути прийнята рівною 5-7 діаметрам (але не менше 1 метра).

При установці колони мінімальна висота фундаментна приймається рівною 0,6-0,8 м. Діаметр цоколя фундаменту приймається рівним $D+400$ мм, де D – діаметр колони, мм.

Лист тарілки повинен бути плоским, місцеві випучини та кривизна не повинні перебільшувати 2 мм. Відхилення верхніх торців зливних стаканів або зливних порогів відносно тарілки допускається не більше ± 2 мм.

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

Перенос ковпачків відносно площини тарілки, що вимірюється від верху прорізів, не повинен перебільшувати ± 1 мм.

Горизонтальність ковпачкових тарілок перевіряється по наливу води на верхню тарілку царги.

Установка дефлегматорів і конденсаторів повинна забезпечувати повний та вільний стік конденсата з них. Практично достатньо мати по висоті відстань 1,5 м між вихідним штуцером флегми і штуцером на верхній тарілці колони.

На монтажну площадку колони можуть поступати: у вигляді великих складальних одиниць; у вигляді окремих листових заготовок для корпусу апарата. Заготовкам подається потрібна форма і розмір разом з виконаними на заводі – виготовлювачі окремими вузлами, які входять в комплект поставки. Монтаж апаратів цеху, розташованих, як правило, на міжповерхових перекриттях, заключається в установленні їх на фундамент у відповідності з вимогами п. 2.34 СНіП III-Г.10-66, з наступним під'єднанням технологічних трубопроводів і випробуванні на щільність.

Монтаж апаратів, які поставляються у вигляді укрупнених блоків і у вигляді заготовок, починають з виготовлення металічної основи. Остання монтується на фундаменті у відповідності з СНіП III-Г.10-66 і СНіП III-В.1-62. Металічна основа, встановлена з нахилом 1:100 в бік виходу технологічної і каналізаційної комунікації, повинна відповідати вимогам СНіП III-В.5-62.

Царги транспортують лебідками або краном за приварені з зовнішньої сторони монтажні скоби і встановлюють на днищі апарата царгу за царгою. Кришка подається на верхній пояс краном або лебідкою. Вона поступає на монтажну площадку у зібраному вигляді. Після завершення збирання корпусу апарата. перевіряють якість зварних швів і випробовують апарат на щільність, заповнюючи його водою. Ліквідувавши виявлені дефекти зварних швів приступають до монтажу допоміжних вузлів. Після зачистки, шліфовки і поліровки зварювальних швів у середині апарата проводять випробування на щільність корпусу апарата подачею води.

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

Після монтажу відвідної труби і гідрозатвору, приварювання до днища колектора для технологічних і каналізаційних трубопроводів приступають до монтажу штуцерів для підводу компонентів живильного середовища.

Оскільки колона потребує мікробіологічної чистоти, уварювання штуцерів і патрубків повинна проводитися акуратно, з послідуною шліфовкою зварних швів.

Змонтований апарат після випробування на міцність і щільність здають по акту в експлуатацію.

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.

4.2 Ремонт апарата[9]

Ремонт ректифікаційної колони відбувається в такій послідовності:

1) Технічне обслуговування. Огляд стану всіх з'єднань корпуса, арматури, люків, тарілок, контрольно – вимірювальних приладів, очистка внутрішніх поверхонь тарілок, барботера, куба, перевірка стану, а при необхідності заміна зношених деталей, ущільнювачів, зборка, перевірка герметичності.

2) Ремонт поточний перший. Виконуються всі роботи ТО і, крім того, відбувається промивка внутрішніх поверхонь; ремонт або заміна зношених арматури, тарілок, стійок тарілок, стаканів, царг, фланцевих з'єднань; заміна зношених прокладок, кріплення; ремонт теплоізоляцій; збірка, випробування, покраска.

3) Ремонт поточний другий. Виконуються всі роботи Т1 і, крім того, відбувається розборка і демонтаж усієї колони; перевірка товщини стінок

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

4) методом незруйнованої дефектоскопії; повна заміна теплоізоляції.

Ремонт трубопроводу.

1) Технічне обслуговування. Огляд трубопроводів для виявлення нещільностей в зварних швах і фланцевих з'єднаннях; перевірка роботи конденсатовідвідників і теплового пункту; перевірка стану спиртоводовіддільників і спуск з них залишку; підтяжка кріплень рухомих і нерухомих опор трубопроводів; підтяжка сальників запірної арматури.

2) Ремонт поточний перший. Виконуються всі роботи ТО і відбувається заміна фланцевих прокладок; ремонт спиртоводовіддільників і запірної арматури; заміна сальникової набивки в арматурі.

3) Ремонт поточний другий. Виконуються всі роботи Т1 і відбувається заміна трубопроводів на окремих ділянках; ремонт теплоізоляції і антикорозійного покриття; гідравлічне випробування на щільність і міцність, покраска.

Ремонт капітальний. Виконуються всі роботи Т2 і відбувається демонтаж несправного і монтаж нового трубопроводу основних магістралей; вибіркова заміна арматури, фланцевих і сальникових компресорів, опор; відновлення термоізоляції і антикорозійного покриття.

До поточного ремонту входить такий об'єм робіт: перевірка на щільність усіх зварних швів, з'єднань і усунення виявлених дефектів; часткова заміна запірної арматури; очистка поверхні теплообміну від накипу; часткова заміна штуцерів різьбового з'єднання, заміна деформованих трубок; виправлення випинань в стінках апарата з накладенням допоміжних ребер жорсткості; перевірка і ремонт основ апарата і обслуговуючих площадок; усунення некомплектованості кришок; люків, фланцевих з'єднань кріпильними деталями; ремонт або заміна показників рівня рідини в апараті; часткова заміна трубопроводів; ремонт відводу і ємкості гідрозатвору; пофарбування металоконструкцій апарата; здача апарата в експлуатацію.

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

До капітального ремонту входить увесь об'єм робіт, що й при поточному ремонті, а також: заміна основи апаратів; заміна комплекту запірної апаратури; вирізка випуклих ділянок стінок апарата з приваркою накладок шириною не менше 250 мм; заміна обслуговуючих площадок, механічного фільтра; капітальний ремонт ємкості і відводу гідрозатвору; випробування на міцність і здача в експлуатацію.

Ремонт трубопроводів і арматури. В трубопроводах в основному зустрічаються два види неполадок: 1) порушення герметичності, в результаті чого виникає витік рідини, повітря, газу; 2) поломка окремих деталей трубопроводу, фланців, муфт, шпильок і гайок.

Герметичність частіше всього порушуються в місцях з'єднання труб, у кранах і т.д. В деяких випадках появляються щілини в шовних трубах в результаті високого тиску газу або рідини, замерзання трубопроводу, наповненого рідиною, або від дії високої температури. Порушення герметичності в трубопроводах також від корозії. З'єднувальні частини трубопроводів ламаються в результаті необережного користування ними, а також від корозії.

Тріщини в трубопроводах видаляють зварюванням. Якщо труба пропускає рідину в багатьох місцях, особливо в результаті прогорання або корозії, її доцільно замінити новою. Замінюють також труби з тріщинами, якщо вони працюють під великим тиском, знаходяться під дією роз'їдаючих речовин або високої температури.

В місцях з'єднання труб протікання усувають підтягуванням (підгвинчуванням) фітингів. Якщо таким шляхом протікання усунути не вдалося, з'єднання розбирають і збирають заново причому підганяють деталі і ставляють необхідне ущільнення – прокладки.

При пошкодженнях і нещільностях фланцевих з'єднань у результаті пошкодження прокладок має місце втрата тепла, що іноді призводить до

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

необхідності не запланованих ремонтів трубопроводів. Тому контроль за фланцевими з'єднаннями слід вести постійно і ретельно виявляти в кожній ділянці причини пошкоджень і нещільностей.

При роз'їданні фланців потрібно дотримуватися обережності, щоб не пошкодити їх обробленої поверхні. Матеріал замінних фланців вибирають однакового (або близького) по хімічному складу з матеріалом труби, до якої його легше буде приварити.

Для збільшення терміну служби прокладок потрібно приділяти належну увагу правильного вибору сорту та якості прокладки в залежності від її призначення.

Прокладки у вигляді кільця повинні мати: 1) внутрішній отвір з діаметром, рівним внутрішньому діаметру трубопроводу або більше від нього на 1-2 мм; 2) зовнішній діаметр кільця повинен бути рівний діаметру кола описаного по внутрішнім кромкам болтових отворів фланця при таких розмірах полегшується центрування прокладки, що встановлюється у фланцевому з'єднанні.

Перед установкою нової прокладки торцеві поверхні фланців ретельно очищають від залишків старої прокладки, бруду і корозії. Після заміни прокладок з'єднувати фланці труб можна, тільки перевіривши паралельність фланців. Болти потрібно затягувати рівномірно інакше можливий швидкий пробій прокладки. При цьому слід запевнитись в тому, що зварювання фланця з трубою непошкоджене, тобто відриву від кільця фланця.

Ні в якому випадку неможна допускати під час зборки фланців виправлення їх перекосу шляхом застосування болтів або шпильок. Під час заміни паропроводів необхідно слідкувати, щоб трубопровід мав постій нахил у бік руху конденсату, так як накопичення конденсату в трубопроводі гальмує прохід пару, що приводить до гідравлічних ударів і порушенню щільності у з'єднаннях.

Під час ремонту арматури проводять:

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

- 1) очистку внутрішніх поверхонь, сальникових коробок і фланців од накипу, нагару і грязі;
- 2) притирання і при необхідності заміну ущільнюючих клапанів і гнізд;
- 3) заміну сальників ущільнення;
- 4) відновлення пошкоджених і спрацьованих деталей (тріщини в корпусах, погнуті шпindelі і т.д.).

Очистка. Для очистки деталі опускають на 5 – 8 годин у ванну, наповнену 10%- ним розчином соляної кислоти; потім їх промивають чистою водою, чистять металічною щіткою і насухо протирають чистою ганчіркою.

Наліт масла на внутрішніх стінках арматури конденсатної лінії, а також сліди корозії видаляють промивкою у кислоті. Прилиплі залишки м'якої набивки на стінках сальникових прокладках на фланцях відчищають шабером, потім фланці промивають керосином, сушать і щоб запобігти корозії покривають тонким шаром змазки.

Притирання арматури. Притирку клапанів і пробок до їх гнізда можна проводить наступним чином:

- а) безпосередньо притиранням робочих поверхонь однієї до другої;
- б) окремим притиранням клапанів на плитах-притирах і сідел на спеціальних притирах з обов'язковою перевіркою і доведенням у парі.

Робочі ущільнюючі поверхні засувки, не центровані одна відносно другої, підганяються шабруванням.

Для притирання ущільнень арматури рекомендується користуватися пастами ГОЙЯ і шліфувальними порошками. У якості змочувальних рідин під час притирання обачно використовують керосин, рослинне масло або суміш парафінового масла з мінералами. Притирку слід застосовувати тоді, коли глибина рисок, забоїн і других дефектів на ущільнених поверхнях не більше 0,05 мм; при великій глибині необхідно проводить проточку на станку.

Притирку зазвичай проводять в ручну. Можна застосовувати також електричні дрилі або свердлильні верстати.

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

Повертають клапан або кран з права на ліво і з ліва на право, одночасно злегка тиснувши на нього. Після п'яти-сими поворотів клапана виймають із гнізда і перевіряють, як піддаються ущільненню поверхні притирання. Притирання вважається закінченим, коли обидві поверхні будуть рівномірно матовими, гладенькими і щільно прилягати одна до одної. Для перевірки притерту поверхню гнізда покривають тонким шаром фарби (зазвичай берлінською лазур'ю); клапан чисто витирають і опускають на пофарбовану поверхню гнізда. На всій притертій поверхні повинно відпечататись фарба. Не зафарбовані місця показують, що в них не було стискання між клапаном і гніздом. Це усувається подальшим притиранням.

Царги транспортують лебідками або краном за приварені з зовнішньої сторони монтажні скоби і встановлюють на днищі апарата царгу за царгою. Кришка подається на верхній пояс краном або лебідкою. Вона поступає на монтажну площадку у зібраному вигляді. Після завершення збирання корпусу апарата перевіряють якість зварних швів і випробовують апарат на щільність, заповнюючи його водою. Ліквідувавши виявлені дефекти зварних швів приступають до монтажу допоміжних вузлів. Після зачистки, шліфовки і поліровки зварювальних швів у середині апарата проводять випробування на щільність корпусу апарата подачею води.

Після монтажу відповідної труби і гідрозатвору, приварювання до днища колектора для технологічних і каналізаційних трубопроводів приступають до монтажу штуцерів для підводу компонентів живильного середовища.

Оскільки колона потребує мікробіологічної чистоти, уварювання штуцерів і патрубків повинна проводитися акуратно, з послідуною шліфовкою зварних швів.

Змонтований апарат після випробування на міцність і щільність здають по акту в експлуатацію.

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

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.

Після гідравлічного або пневматичного випробування усувають всі нещільності і проводять випробування обладнання під навантаженням, тобто перевіряють роботу установки спочатку на водяній парі, а потім на бражці або спирті-сирцю.

Колони, трубопроводи грючої пари, гарячі продуктопроводи (крім продуктів, що ідуть на охолодження), які мають температуру стінки вище 45°C, обов'язково покривають теплоізоляцією. Товщина шару теплоізоляції знаходиться на основі техніко – економічного розрахунку або по нормативам.

Після монтажу, гідравлічного або пневматичного випробування проводиться підготовка установки до пуску.

Проводять маркування запірної арматури на колекторі пари і води, пробних холодильників, контрольно – вимірювальних приладів, ліхтарів.

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.

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

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). Драбини і решітки, встановлені під час збирання БРУ, рекомендується не знімати до повного завершення випробувань і пробного пуску БРУ на воді і парі.

Після вказаної підготовки колони до випробувань включають повітряний компресор і нагнітають стиснене повітря в колону до того часу, поки тиск за манометром в кубі колони і над її верхньою тарілкою не досягне 150 кПа (0,5 атм.).

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.

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, заборонена. 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

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

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 вимірювання 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. 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.

Все обладнання ретельно промивають, залишки води випускають через спускні крани. Перевіряють правильність установки зливних стаканів, щільність закриття люків і лазів на колонах і додатковому обладнанні,

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

ущільнення кришок дефлегматорів, конденсаторів та іншого теплообмінного обладнання. Перевіряють роботу і легкість відкриття запірної арматури.

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'ятильниками при їх наявності в схемі БРУ. Випробування на воді і парі установки БРУВАК-1.

Випробування проводять в такій послідовності. Спочатку відкривають арматуру на відповідних комунікаціях води від колектора до теплообмінній апаратурі і послідовно подають воду на всі поверхні теплообміну. Впевнившись в надходженні води на всі поверхні теплообміну), організовують подачу пари на колектор і приступають до підігріву колон.

Першою прогрівають ректифікаційну колону, її обігривають подачею гострого пару з колектору на барботер у виварній камері колони. По мірі прогрівання колони спостерігають за величиною тиску (вакууму) в кубі колони і при його підвищенні до 65-70 кПа (-0,3 +0,35 кг/см) стабілізують витрати пари, а при повному прогріві колони при необхідності змінюють витрату води на дефлегматор так, щоб конденсатор колони був прогрітий на 1/2 - 1/3.

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 паром 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

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

налагоджують і включають в роботу прилади контуру стабілізації рівня у виварній камері колони.

Аналогічно ректифікаційній прогрівають епіюраційну колону також подачею гострої пари з колектора на барботер в кубі колони. По мірі прогріву епіюраційної 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 епіюрату і організують відведення рідини з кубу епіюраційної колони на 16 (живильну) тарілку ректифікаційної колони. При повному підігріві епіюраційної колони і її дефлегматора стабілізують витрати пари в колону і води на дефлегматор.

При цьому тиск (вакуум) в кубі колони встановлюють на рівні 60-65 кПа. Над верхньою тарілкою колони вибирають тиск в межах 45-50 кПа для забезпечення прогріву конденсатора колони на 1/2 - 1/3 його висоти.

Робота установки повинна тривати 6-8 год. при умові повного усунення всіх дефектів. В ході випробування виявляють і усувають всі дефекти монтажу, а внутрішню поверхню всіх елементів установки і комунікації пропарюють і промивають.

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

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.

Щоб забезпечити нормальні та безпечні умови праці в кожному виробничому приміщенні спиртового заводу, необхідно проводити контроль повітряного середовища на вміст у ньому шкідливих газів та пари. Вони можуть потрапляти в повітряне середовище деяких виробничих приміщень підприємства з інших загазованих приміщень, де порушуються технологічні процеси. Це аміак, фреон або діоксид вуглецю із компресорних станцій чи бродильних відділень, пари спиртів, ефір із брагоректифікаційних установок та ін. Так, для визначення загазованості повітря діоксидом вуглецю застосовують лабораторний інтерферометр ШП-3 та ШП-5.

Для визначень вмісту двоокису вуглецю, хлору, оксиду азоту, оксиду сірки, метану застосовують газоаналізатор „Атмосфера” та ТХП-75. Приміщення повинно мати надійно працюючу проточно-витяжну вентиляцію, При великій загазованості повітря необхідно використовувати засоби індивідуального захисту: респіраторні маски, протигази.

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

В ректифікаційному відділенні необхідно контролювати і попереджувати утворення вибухонебезпечних концентрацій парів спирта.

Контроль за вмістом парів спирта в повітрі здійснюється за допомогою сигналізатора СГГ або СКВ-3М з газоаналізатором. Повітряники для виводу несконденсованих газів із спиртоловушок повинні бути виведені за межі ректифікаційного відділення і оснащені вогневими запобіжниками.

Приміщення повинно мати улаштування для автоматичного пожежогасіння (пар, піна або діоксид вуглецю), а також засоби пожежогасіння.

Техніка безпеки при експлуатації ректифікаційних установок визначається тим, що пари спирта і відповідаючі йому суміші, в тій чи іншій кількості містяться в повітрі, є токсичними і в визначених співвідношеннях з повітрям утворюють пожежо- і вибухонебезпечну суміш. Згідно класифікації вибухонебезпечних речовин, спирт і його суміші відносяться до 1 класу.

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.

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).

Порівнюючи виміряні значення параметрів з допустимими приходимо до висновку, що зазначені параметри повітряного середовища знаходяться в межах норм і до погіршення самопочуття, передчасної втоми працюючих, а також до зниження їх працездатності не призводять.

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

У цеху БРУ застосовується природне і штучне освітлення. Допустиме значення освітленості за СНиП II-4-79 тут – 0.8%, а виміряне – 0.4% .

Штучне освітлення здійснюється за допомогою люмінесцентних ламп типу ЛСП-18. Основними недоліками цих ламп є: складність схеми вмикання; обмежена одинична потужність і великі розміри при даній потужності; залежність характеристик ламп від температури навколишнього середовища і напруження мережі живлення; шкідливі для зору пульсації світлового потоку при живленні лампи змінним струмом, які можливо виправити вмиканням ламп у протифазі або за допомогою спеціальних схем вмикання. Але люмінесцентні лампи мають ряд істотних переваг: висока світлова віддача, яка досягає 76 лм/Вт; великий термін служби; можливість мати різний спектральний склад світла; незначний нагрів поверхні трубки, тощо. Не дозволяється експлуатація БРУ при наявності нещільностей і неполадок в апаратурі, трубопроводах, арматурі, при недостатньому забезпеченні обладнання холодною водою або парою.

Для попередження пожеж і вибухів та ліквідації загорання на комбінаті розробляється план протипожежних засобів, способи і засоби ліквідації аварій, порядок та способи евакуації персоналу та обладнання. Гасити спирт, електроустановки водою забороняється. Категорія вибухо- і пожежної небезпеки приміщення брагоректифікаційного відділення - А. Брагоректифікаційне відділення необхідно розмішувати в окремому приміщенні. Робота брагоректифікаційних установок, якщо є пропуски пари чи рідини у зварних або фланцевих з'єднаннях, лючках чи штуцерах, не допускається. На паропроводі, який підводить пару у відділення, мусять встановлюватися автоматичні регулювальні пристрої, що виключають можливість подання пари в апарати з тиском вище встановленої величини. Електроустаткування і електроосвітлення має бути виконане у відповідності до Правил ПУЕ, корпуси електродвигунів, іншого електрообладнання, спиртові резервуари та комунікації повинні бути заземлені.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

Інструмент, який застосовується у відділенні брагоректифікації не повинен утворювати іскру: бронзовий, мідний, обміднений або, в крайньому випадку, сталевий, добре змащений солідолом.

У приміщенні відділення треба передбачити: напірний збірник з півгодинним запасом води, аварійне освітлення, телефонний зв'язок, пожежогасіння, парогасіння та первинні протипожежні засоби. У відділенні мають бути індивідуальні засоби захисту.

Приміщення повинно бути обладнано системою автоматичного попередження накопичення вибухонебезпечних концентрацій парів ЛЗР з ввімкненням звукової сигналізації та аварійної вентиляції. У приміщенні повинно бути не менше двох виходів, всі спиртові ємкості повинні бути обладнані герметичними люками, що сполучаються з атмосферою за допомогою повітровиків, споряджених дихальними клапанами і вогнеперешкоджувачами. Перед вогнеперешкоджувачами встановлюється спиртовловлювач. Повітровики повинні виводитись за межі приміщення.

Приміщення повинно мати надійну вентиляцію, витяжні шафи якої виготовляються з вогнетривких матеріалів. Вогневі роботи можна проводити тільки після повної зупинки БРУ, повного вивільнення обладнання від спиртопродуктів та повного набору його водою.

При експлуатації апарата необхідно не допускати відхилень від технологічної інструкції ведення процесу брагоректифікації, дотримуватись вимог безпеки перед початком роботи, під час роботи, в аварійних ситуаціях та після закінчення роботи згідно інструкцій з охорони праці. У відділенні мають бути індивідуальні засоби захисту:

шланговий противогаз з виносним шлангом, переносний електросвітильник напругою не вище 12В у вибухозахищеному виконанні або акумуляторний ліхтар УАС-3В, запобіжний пояс з рятувальною вірьовкою, противогаз фільтруючий з коробкою А- 2 комплекта, аптечка з необхідними медикаментами.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

Чищення та ремонт БРУ можуть дозволятися лише після їхньої зупинки, охолодження, промивання водою, відключення трубопроводів за допомогою заглушок, провітрювання приміщення та улаштування риштування, яке має міцну огорожу.

При виконанні ремонтних робіт необхідно застосовувати інструменти та ключі бронзові, мідні або обмідненні.

Вентиляція виробничих приміщень на типовому спиртовому заводі є механічна, припливновитяжна, розрахована на забезпечення необхідних санітарних норм в помешканнях. Вона здійснюється штучним шляхом із встановленням дефлекторів на даху будівлі. Приточне повітря потрапляє у приміщення крізь щілини у дверях і крізь спеціальні канали, створені у нижній частині панелей будівлі, попередньо очищаючись у фільтрах, для стерильного середовища у приміщенні.

У фіксованих місцях виділення шкідливостей передбачене улаштування місцевих відсмоктувачів, пилевиділяюче обладнання має аспіраційні установки з очисткою повітря, що викидається.

Для швидкої заміни повітря у приміщенні сокоочисного відділення на випадок аварії передбачена система аварійної вентиляції, яка вмикається автоматично при досягненні допустимої концентраційної межі шкідливих або небезпечних виділень (сатураційного або несконденсованих газів).

Повітряні обміни в підсобних приміщеннях прийняті у відповідності з відповідними санітарними нормами.

Згідно технологічному завданню в приміщенні потрібно підтримувати температуру $18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ за санітарними нормами (СН 245-71).

Це досягається шляхом кондиціонування вентиляції повітря.

Приміщення ректифікації добре вентиляється і має місцеві відсмоктувачі, а також аспіраційну установку з очисткою повітря, що викидається.

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок теплової ізоляції

Коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої неізолюваної поверхні апарату до повітря

$$\alpha_2 = 9,74 + 0,07(t_{CT} - t_B) = 9,74 + 0,07(115 - 20) = 16,39 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (5.1)$$

Втрати тепла неізолюваною стінкою

$$q_1 = (t_{BH} - t_C) / (1 / \alpha_2) = (115 - 20) / (1 / 16,39) = 1557,05 \text{ Вт}/\text{м}^2. \quad (5.2)$$

При $\eta = 85\%$ втрати ізолюваним апаратом

$$q_2 = (1 - \eta_{iz}) \cdot q_1 = (1 - 0,85) \cdot 1557,05 = 233,56 \text{ Вт}/\text{м}^2. \quad (5.3)$$

Визначимо λ_{iz} для совелітової ізоляції при середній температурі ізоляції

$$t_{iz} = (t_{BH} + t_H) / 2 = (115 + 36) / 2 = 75,5^\circ \text{C}.$$

$$\lambda_{iz} = 0,09 + 0,000087 \cdot t = 0,09 + 0,000087 \cdot 75,5 = 0,096 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}).$$

(3.72)

Необхідна товщина ізоляції

$$\delta_{iz} = \lambda_{iz} \cdot (t_{BH} - t_H) / q_2 = 0,096 \cdot (115 - 36) / 179 = 0,034 \text{ м} = 34 \text{ мм}. \quad (5.4)$$

Перевіримо значення t_H :

$$t_H = q_2 / \alpha_2 + t_B = 233,56 / 16,39 + 20 = 35^\circ \text{C} \quad (5.5)$$

що наближається до заданої температури 36°C .

Коефіцієнт тепловіддачі від ізоляції до повітря в приміщенні

$$\alpha_2 = 9,74 + 0,07 \cdot (t_H - t_B) = 9,74 + 0,07(35 - 20) = 10,79 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}). \quad (5.6)$$

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі розрахована и розроблена ректифікаційна колона для отримання етилового спирту продуктивністю 6000 дал/добу.

В технологічній частині приведений опис технологічної схеми установки та самої колони , вказані теоретичні основи процесу ректифікації в спиртовій колоні , обґрунтований вибір конструктивних матеріалів.

Проведені розрахунки матеріального і теплового балансів , визначені конструктивні розміри апарата , гідравлічний опір апарата , а також наведений вибір допоміжного обладнання.

Проведені розрахунки на міцність, які підтверджують доцільність прийнятих технічних и конструктивних рішень.

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

					ПОХНВ.Р.00.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Цыганков П.С. Ректификационные установки спиртовой промышленности.- М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.
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.Маринченка.- Вінниця: "Поділля-2000", 2003.-496с.
3. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості /За ред. академіка УААН Гулого І.С./-Вінниця: Нова книга, 2001,-576с.,рис.335, табл.26.
4. Павлов К.Ф., Романков П.Г, Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессы и аппараты хим. технолог., Ленинград, Химия, 1981г.
5. Процеси і апарати харчових виробництв. Курсове проектування. Малежик І.Ф., Марценюк О.С., Мельник Л.М. і інші/ За ред. проф. І.Ф. Малежика.- Київ, НУХТ, 2012.-с.543
6. Лунин О.Г., Вальтищев В.Н. Теплообменные аппараты пищевых производств, Москва, Агропромиздат, 1987г, ст. 239.
7. Лацинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. – Л., «Машиностроение», 1970.- 752 с.
8. Циганков П.С. Монтаж і експлуатація брагоретифікаційних установок. Кив: Техніка, 1970,-с.316
9. Фарамазов С. А. Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов. 2-е изд., перераб. — М.- 1980. — 312 с, ил.
10. Основы 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.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		