

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри

_____ підпис, дата

Кваліфікаційна робота магістра

зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"
освітня програма "Обладнання хімічних виробництв
і підприємств будівельних матеріалів"

Тема роботи: Виробництво етилового спирту. Розробити та модернізувати колону з ковпачковими тарілками

Виконав:
студент групи ХМ.м-01/1Лаврик

Віталій Сергійович

_____ підпис

Залікова книжка
№ 20510175

Кваліфікаційна робота магістра
на засіданні ЕК

з оцінкою _____

" ____ " _____ 20 ____ р.

Підпис голови
(заступника голови) комісії

Керівник: захищена
канд. техн. наук, доцент

Яхненко Сергій Михайлович

_____ підпис, дата

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 95 с., 25 рис., 5 табл., 2 додатки, 18 джерел.

Графічні матеріали: технологічна схема ректифікаційної установки, складальне креслення апарату, складальні креслення вузлів, - всього 4 аркуша формату А1.

Тема проекту "Виробництво етилового спирту. Розробити та модернізувати колону з ковпачковими тарілками".

Проведено аналіз літературних джерел, наведено теоретичні основи і особливості процесу ректифікації, виконані розрахунки матеріального і теплового балансів процесу, виконані технологічні розрахунки апарату, визначені його розміри, гідравлічний опір, обґрунтований вибір матеріалу для виготовлення апарату.

Розраховані коефіцієнти масопередачі з урахуванням інтенсивності взаємодії фаз на тарілці і знайдено оптимальне флегмове число. Розрахунками на міцність і герметичність показана надійність роботи запроєктованого апарату. Розроблено схему автоматизації технологічного процесу з використанням сучасних контрольно-вимірвальних приладів і засобів автоматизації. Подано аналіз потенційних небезпек.

Ключові слова: АПАРАТ, УСТАНОВКА, ЕТИЛОВИЙ СПИРТ, ВОДЯНА ПАРА, КОЛОНА РЕКТИФІКАЦІЙНА, ТАРИЛКА, РОЗРАХУНОК, ОПОРА, АВТОМАТИЗАЦІЯ.

ЗМІСТ

	С.
ВСТУП	5
1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	6
1.1 Спиртова промисловість України	6
1.2 Теоретичні основи процесу	7
1.3 Особливості конструкції ректифікаційної колони	16
1.4 Новизна проектної розробки та її економічне обґрунтування	18
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	19
2.1 Опис технологічної схеми виробництва	19
2.2 Опис об'єкту розробки	21
2.3 Технологічні розрахунки	26
2.4 Конструктивні розрахунки апарату	32
2.5 Визначення гідравлічного опору апарату	42
2.6 Розрахунок і вибір допоміжного обладнання	44
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	54
3.1 Вибір конструкційних матеріалів	54
3.2 Розрахунки на міцність, стійкість та герметичність	55
4 БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНА ЧАСТИНА	70
4.1 Обґрунтування компонування основного та допоміжного обладнання	70
4.2 Проведення монтажних та ремонтних робіт основного технологічного обладнання	72

					XI.M.00.00.00 ПЗ		
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Лаврик</i>				<i>Лім.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Яхненко</i>					3	95
<i>Реценз.</i>					СумДУ, ХМ.м-01/1		
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>							
Колона ректифікації							
<i>Пояснювальна записка</i>							

5 ІНФОРМАЦІЙНЕ ТА АПАРАТУРНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	
АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ	80
5.1 Вибір та обґрунтування параметрів контролю, регулювання та вимірювання	80
5.2 Вибір та обґрунтування технічних засобів автоматизації	85
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	87
Аналіз потенційних небезпек та шкідливостей під час роботи установки	87
ВИСНОВОК	93
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	94
ДОДАТОК А – Комп’ютерні розрахунки	
ДОДАТОК Б – Специфікації до графічної частини проекту	

					ХІ.М.00.00.00 ПЗ	Арк.
						4
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВСТУП

Ректифікація відома з початку XIX століття як один з найважливіших технологічних процесів головним чином спиртової та нафтової промисловості. В даний час ректифікацію все ширше застосовують в самих різних областях хімічної технології, де виділення компонентів у чистому вигляді має дуже важливе значення (в виробництвах органічного синтезу, ізотопів, полімерів, напівпровідників і різних інших речовин).

Ректифікація - процес поділу гомогенних сумішей летючих рідин шляхом двостороннього масо- і теплообміну між нерівноважними рідкої і парової фазами, що мають різну температуру і рухаються відносно один одного. Поділ здійснюється зазвичай в колонних апаратах при багаторазовому або безперервному контакті фаз. При кожному контакті з рідини випаровується першочергово НК, яким збагачуються пари, а з парової фази конденсується переважно ВК, що переходить в рідину. Обмін компонентами між фазами дозволяє отримати, в кінцевому рахунку, пари, що представляють собою майже чистий НК. Ці пари, що виходять з верхньої частини колони, після їх конденсації в окремому апараті дають дистилат, або ректифікат (верхній продукт) і флегму - рідина, що повертається для зрошення колони і взаємодії з парами, що піднімаються по колоні. Знизу колони видаляється рідина, що є майже чистий ВК, - залишок (нижній продукт). Частина залишку випаровують в нижній частині колони для отримання вихідного потоку пара.

Підпис і дата	
№ дубл.	
Зам. №	
Підпис і дата	
№ підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	

1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1 Спиртова промисловість України [1]

Спиртова промисловість України є однією з найважливіших галузей економіки, яка забезпечує ефективне функціонування інших галузей, таких як галузі агроіндустрії, фармацевтичної промисловості, паливно-енергетичних комплексів та країн загалом. Понад 150 підприємств використовують спирт як сировину, розчинник та пальне. З історії відомо, що спирт є стратегічним продуктом, який завжди знаходився під контролем держави. Починаючи з 2005 року спиртовою галуззю в Україні займається Міністерство аграрної політики та продовольства. ДП "Укрспирт" було створено на базі однойменного державного концерну спиртової та лікєро-горілчаної промисловості, що об'єднувало 85 підприємств з державною формою власності (включаючи 76 спиртових заводів). Їхні потужності дозволяють щорічно виробляти до 60 мільйонів. Спирт при внутрішньому споживанні 20 млн. дал. На сьогоднішній день працюють близько 38 спиртзаводів, решта вони знаходяться або в процесі банкрутства, або просто стоять. Держпідприємство «Укрспирт» вже перепрофілювало деякі підприємства, на яких працює приватний інвестор та які залишилися у державній власності, а інші можуть бути перепроектвані під конкретні пропозиції інвесторів. Обсяг споживання алкоголю на потреби алкогольної галузі України перевищив 97%. Інші використовуються для технічних цілей. У розвинених країнах споживання етилового спиртного виробництва алкогольних напоїв вбирається у двох відсотків, 44% йде на технічні потреби, 30% - паливо. За підсумками формування переліку виробників алкоголю на внутрішньому ринку, до нього увійшли підприємства, які забезпечують його постачання. Нестача потужностей спиртових заводів може бути вирішена лише перепрофілюванням частини надмірної потужності на технічні потреби та пальне.

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	
Зм. Арк. № документа Підпис Дата	XI.M.00.00.00 ПЗ Арк. 6

Основні результати дослідження. Варто зазначити, що ДП «Укрспирт» об'єднують потужності з виробництва спирту етилового (етилового дистиляту) та потужності з виробництва лікєро-горілочаної продукції, що відноситься до державної форми власності. Реорганізація державних підприємств та об'єднань спиртової харчової промисловості, що належать до сфери управління Міністерства аграрної політики в Україні, злиття з ДП «Укрспирт» здійснюється із створенням на базі реорганізованих організацій окремих підрозділів (станом на 01 грудня 2012 року – 38 місць виробництва). Спиртова промисловість України потребує якнайшвидшого завершення реформ, що відбуваються в аграрному секторі країни. На жаль, зараз на алкогольному ринку ще є невирішені проблеми подолання тіньового виробництва алкогольною продукцією. Також в Україну надходить неякісний контрабандний спирт із Молдови та Росії, який не відповідає вимогам ГОСТу. За словами виробників із Росії та країн СНД, цей спирт можна використовувати лише з технічною метою. [41]

1.2 Теоретичні основи процесу

Колона зміцнення.

Розглянемо колона зміцнення апарату безперервної дії. Виведемо залежність між складом пари і складом рідини для будь-якого перетину колони між її тарілками. Зробимо при цьому такі припущення:

- 1) молекулярні теплоти випаровування обох компонентів рівні;
- 2) колона добре ізольована, і втрат тепла в навколишній простір немає;
- 3) суміш, що надходить в колона, нагріта до температури кипіння;
- 4) обігрів здійснюється глухим паром.

З графіка (рис. 1.2) видно, що молярне кількість пари, що піднімаються в колоні, G і кількість флегми, що стікає в колоні, f залишаються постійними, т. е. $G = \text{const}$; $f = \text{const}$. В такому випадку $G - f = \text{const}$.

	Підпис і дата
	№ дубл.
	Зам. №
	Підпис і дата
	№ підл.

										Арк.
										7
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата						

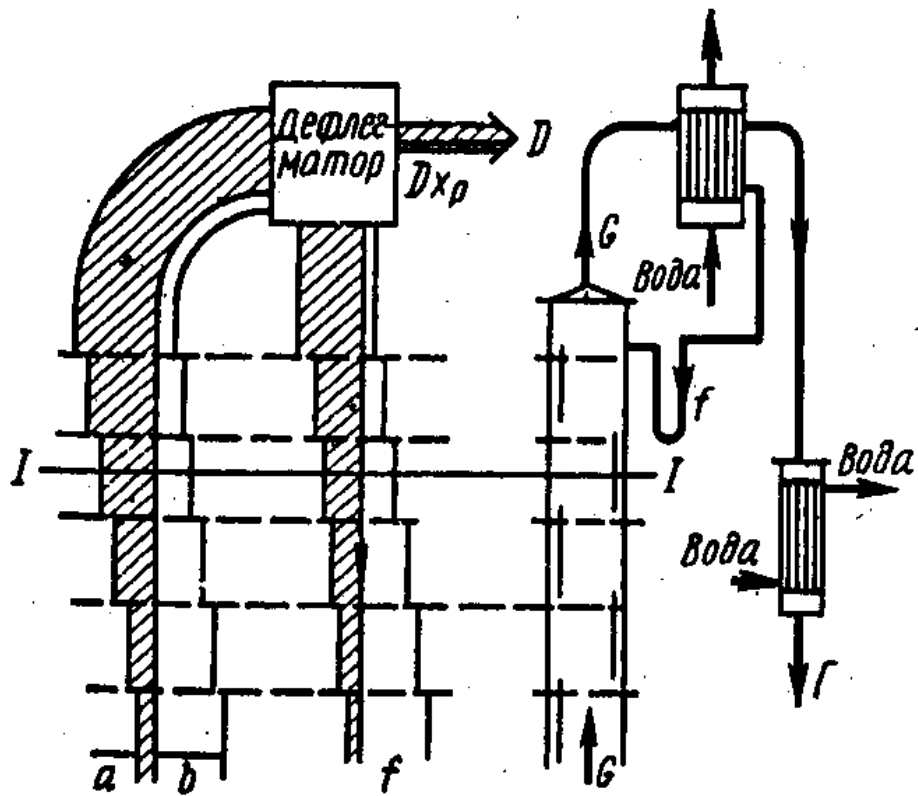


Рисунок 1.2 – Графік масообміну на тарілках ректифікаційної колони

Із рис. 1.2 видно, що

$$G - f = D \quad (1.1)$$

Розглянемо перетин I-I між двома довільно обраними тарілками. Для цього перерізу можна написати

$$Gy - fx = Dx_D \quad (1.2)$$

де D - кількість дистилляту, кмоль / с; x_D і x - вміст легколетучого компонента в дистилляті і в флегмі, мол. %.

Розглядаючи графік, неважко переконатися, що це рівняння справедливе для будь-якого перетину колони. З рівнянь (1.1) і (1.2) можна визначити

$$y = (fx + Dx_D)/G = (fx + Dx_D)/(f + D),$$

або

$$y = [fx/(f + D)] + [Dx_D/(f + D)] \quad (1.3)$$

Підпис і дата										
Інв. № дубл.										
Зам. інв. №										
Підпис і дата										
Інв. № підл.										
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ХІ.М.00.00.00 ПЗ					Арк.
										8

Позначимо відношення f / D через v . Величина v називається флегмовим числом або погонних ставленням. Флегмове число показує, в якому відношенні парової потік, що надходить в дефлегматор, розділяється на флегму і дистилат.

Замінюючи в рівнянні (1.3) f через vD , отримаємо

$$y = [vDx/(vD + D)] + [Dx_D/(vD + D)],$$

або

$$y = [v/(v + 1)]x + [x_D/(v + 1)] \quad (1.4)$$

Ця пряма буде побудована в координатах $y - x$, т. Е. В тих же координатах, що і крива рівноваги. Ця лінія називається робочої або оперативної лінією колони. Побудова цієї лінії показано на рис. 1.3. На вертикальній осі відкладається відрізок $B = x_D / (v + 1)$; при отриманій точці N будується кут α , який знаходять з умови, що $\text{tg } \alpha = v / (v + 1)$. Послід цього будується робоча лінія.

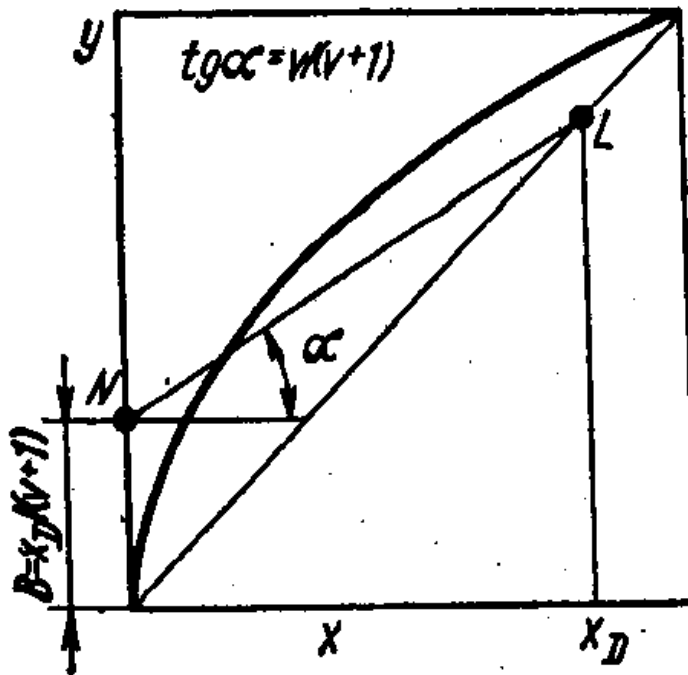


Рисунок 1.3 – Побудова робочої лінії колони зміцнення

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
-----	------	-------------	--------	------

Можна спростити побудову, виходячи з того положення, дистиллят, флегма і пар, що надходить в дефлегматор, мають однакові склади. Звідси випливає, що перпендикуляр, відновлений з точки x_D до точки перетину з діагоналлю, дає одну з точок робочої лінії. У такому випадку немає необхідності будувати кут α . Можна, знайшовши точки N і L, провести через них робочу лінію. Робоча лінія і лінія рівноваги дозволяють знайти число контактів (тарілок), необхідних для зміцнення пари, що надходять в зміцнюючу колону, до заданої концентрації легколетючого компонента.

Побудова показано на рис. 1.4. Воно починається з точки L, яка, як зазначено вище, визначає склад дистилляту, флегми і пара, що надходить в дефлегматор ($x_D = y_1$). Перпендикуляр, опущений з точки 1 на горизонтальну вісь, визначає склад рідини, що кипить на першій тарілці. Зміст легколетючого компонента в парі, що піднімається з другої тарілки на першу, y_2 , може бути знайдено за допомогою оперативної лінії. Для знаходження y_2 потрібно з точки M на оперативній лінії провести горизонталь до осі ординат. Якщо з точки 2 на кривій рівноваги опустити перпендикуляр на вісь абсцис, то знайдемо x_2 - склад рідини на другій тарілці. Точка P на оперативній лінії визначає склад пара y_3 , піднімається з третьої тарілки на другу. Кожна ступінь на графіку відповідає одній тарілці колони. При побудові допущено, що на тарілці досягається рівновага між парою і рідиною. Отже, що отримується число тарілок є числом теоретичних тарілок, або числом ступенів концентрації. Таким способом визначають число ступенів концентрації, яке потрібно для збільшення концентрації легколетючого компонента від кінцевої x_k до x_D . В даному випадку $x_k = x_3$, отже, потрібно три ступені концентрації

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
-----	------	-------------	--------	------

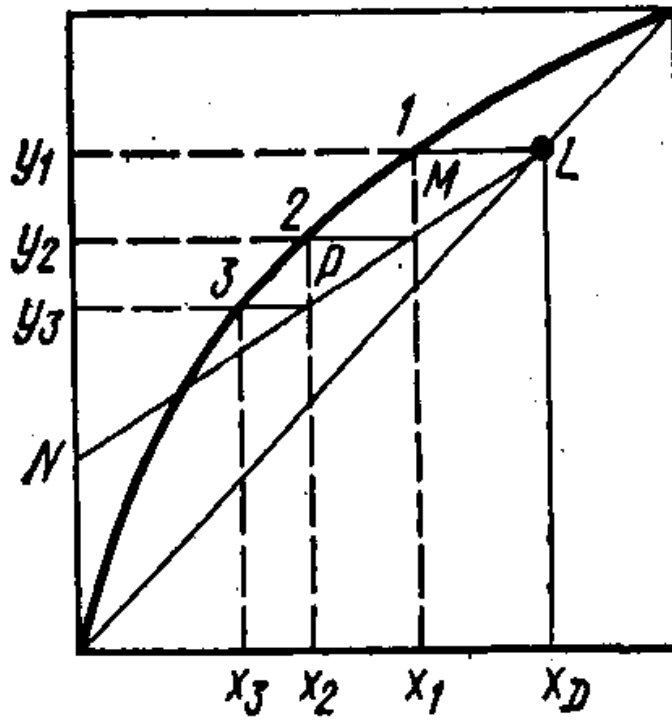


Рисунок 1.4 – Графічне визначення числа тарілок
Колони виснаження.

Колона виснаження апарату безперервної дії призначена для виділення з суміші, що надходить на ректифікацію, легколетючого компонента. Концентрація цього компонента в залишку, що минає з колони, повинна бути менше деякого заданого мінімуму. На рис. 1.5 приведена схема колони і графік руху пара і рідини в колоні виснаження.

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

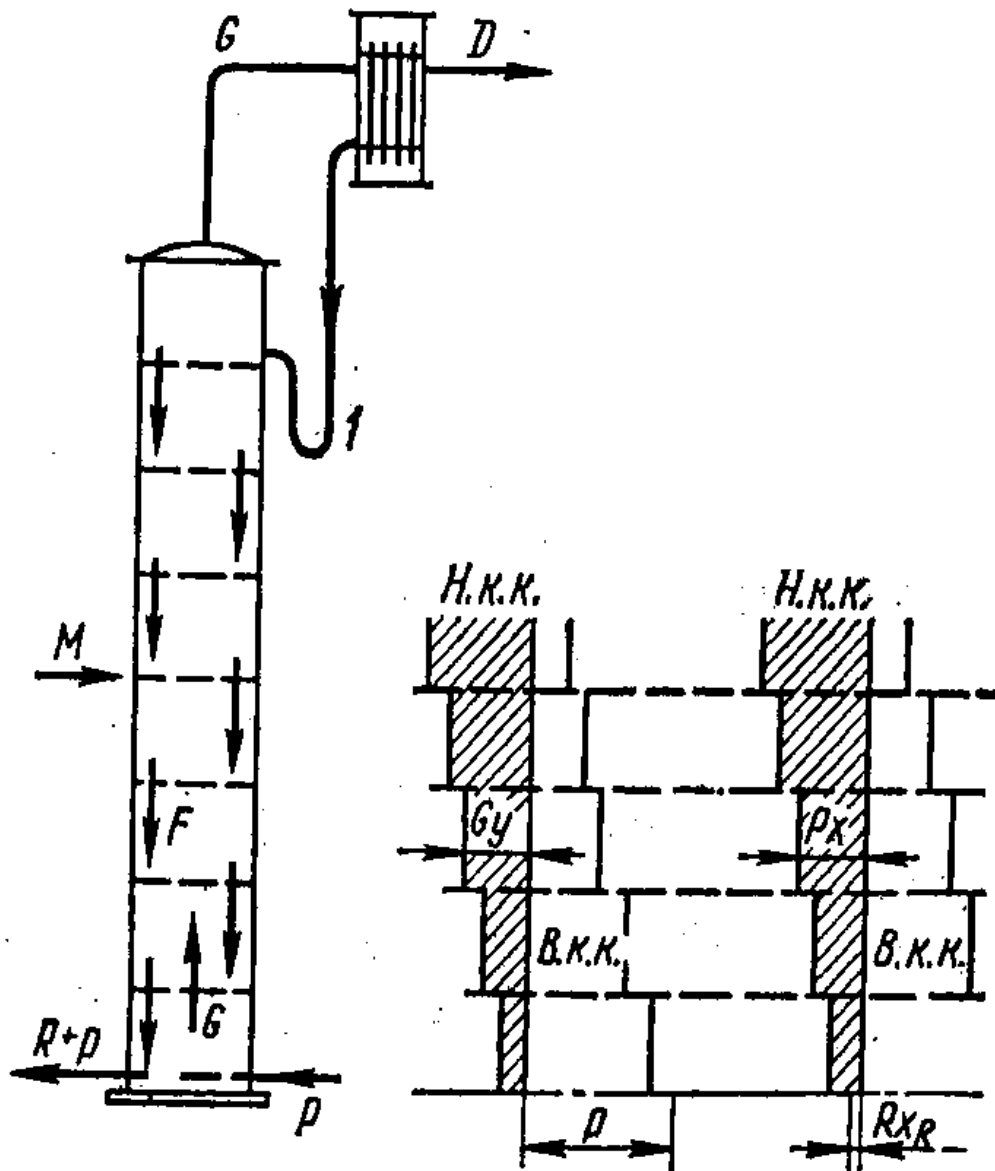


Рисунок 1.5 – Графік руху пара і рідини в колоні виснаження

У цій колоні стікає флегма / (в кмоль / с), що надійшла з колони зміцнення, і свіжа суміш, яка надходить на ректифікацію, в кількості M (в кмоль / с). Пара, що піднімається в цій колоні, утворюється в нижній частині колони за рахунок теплоти конденсації пари, що гріє. Його кількість P (в кмоль / с).

При цих умовах для виснажливої колони можна записати такі рівності :

$$M + f = F \quad (1.5)$$

де F – загальна кількість рідини, що стікає в нижній колоні, кмоль/с:

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
-----	------	-------------	--------	------

$$M = R + D \quad (1.6)$$

де R — залишок, що йде з колони, кмоль/с;

$$F - R = G \quad (1.7)$$

де G — кількість пари, що піднімається в колоні, кмоль / с.

При обігріві колони закритим паром з графіка руху пара і рідини випливає і таке рівняння:

$$F_x - G_y = R_{xR} \quad (1.8)$$

де x_R — зміст легколетучого компонента в залишку, мол. %; x і y — зміст легколетучого компонента в парі і рідини в будь-якому перетині виснажливої колони, мол. %.

При обігріві відкритою парою рівняння (1.9) буде мати інший вигляд:

$$F_x - G_y = (P + R)x_R \quad (1.9)$$

так як конденсат пара змішується в цьому випадку із залишком. Однак так як P завжди значно менше R, то і при роботі з відкритим паром часто користуються рівнянням (1.8).

Рівняння (1.8) можна написати в такому вигляді:

$$x = [(F - R)/F]y + (R/F) x_R$$

Так як $F = M + f$ и $M = R + D$, то рівняння (2.8) може бути записано і так:

$$x = [(M + f - M + D)/(M + f)]y + [(M - D)/(M + f)] x_R = \\ = [(f + D)/(M + f)]y + [(M - D)/(M + f)] x_R$$

Якщо прийняти $M / D = u$, а f, як ранне прийнято, вважати рівним vD , то це рівняння може бути записано і так:

$$x = [(vD + D)/(uD + vD)]y + [(uD - D)/(uD + vD)] x_R$$

Після скорочення на D отримаємо

$$x = [(v + 1)/(u + v)]y + [(u - 1)/(u + v)] x_R \quad (1.10)$$

Це рівняння так само, як і рівняння (1.4), є рівнянням прямої лінії, яка відсікає на осі x відрізок $[(u - 1)/(u + v)] x_R$ (рис. 1.6).

Пряма утворює з вертикаллю кут β , тангенс якого дорівнює $(v+1)/(u+v)$.

Підпис і дата					Арк. 13
	Инв. № дубл.				
Зам. інв. №					XI.M.00.00.00 ПЗ
	Підпис і дата				
Инв. № підл.					Зм. Арк. № документа Підпис Дата

На цьому ж графіку побудована робоча лінія колони укріплення. Робочі лінії перетинаються в точці К. Користуючись методами аналітичної геометрії, можна знайти координати точки К. Виявляється, що точка К лежить на перпендикулярі, восставленний з точки на осі абсцис x_M . Ця точка відповідає змісту легколетучего компонента в суміші, що надходить на ректифікацію. Таким же чином може бути знайдена точка перетину робочої лінії нижньої колони з діагоналлю графіка. Виявляється, що вона лежить на перпендикулярі, восставленний з точки x_R на осі абсцис (рис. 2.6).

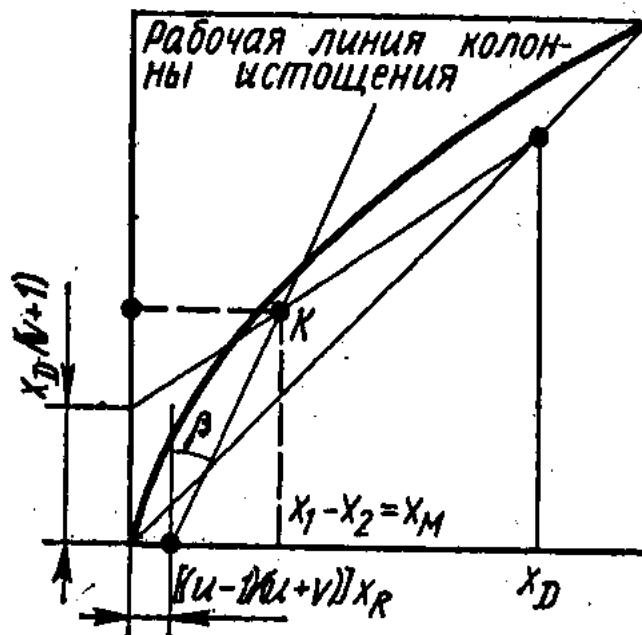


Рисунок 1.6 – Побудова робочої лінії колони виснаження (перший спосіб)

Звідси впливає другий, більш простий метод побудови робочої лінії нижньої колони (див. Рис. 1.7). Він полягає в наступному. Описаним методом проводять робочу лінію колони зміцнення; знаходять точки x_M і x_R на горизонтальній осі, проводять перпендикуляри до перетину з робочою лінією колони зміцнення і до діагоналі графіка; знаходять точки К і D. Сусідня їх пряма, отримують робочу лінію колони виснаження.

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

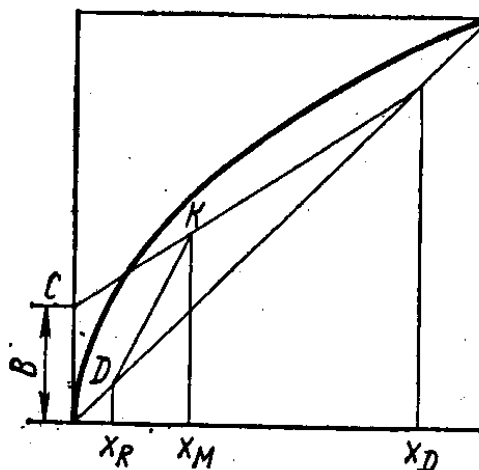


Рисунок 1.7 – Побудова робочої лінії колони виснаження (другий спосіб)

Число тарілок колони виснаження визначають так само, як і колони зміцнення, побудувавши ступінчастий графік. Це побудова показано на рис. 1.8. Отримане графічним розрахунком число теоретичних ступенів концентрації є вихідним для знаходження числа дійсних (реальних) тарілок. Дійсних тарілок повинно бути більше, ніж теоретичних, так як на дійсних тарілках не досягається стан рівноваги. Мірою ефективності дійсної тарілки є к. к. д. Тарілки. Цю величину, меншу одиниці, визначають експериментально. Розділивши число ступенів концентрації, знайдене графічним методом, на к. к. д., Отримують число дійсних тарілок. Величина к. к. д. Тарілок залежить від багатьох факторів: конструкції тарілки, відстані між тарілками, швидкості пара, фізичних властивостей ректифікованого рідини. При розрахунку апаратів користуються середнім к. к. д., Встановленими для різних випадків ректифікації. к. к. д. Коливається в межах від 0,25 до 0,9. Такий спосіб визначення числа тарілок в колоні за допомогою їх к. к. д. В даний час вважається наближеним, так значення к. к. д. Змінюються в широких межах і, крім того вони багато в чому залежать від концентрації поділюваних сумішей «лінії перемішування суміші на тарілках. Точніше число тарілок до в колоні визначають за допомогою рівнянь масопередачі.

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

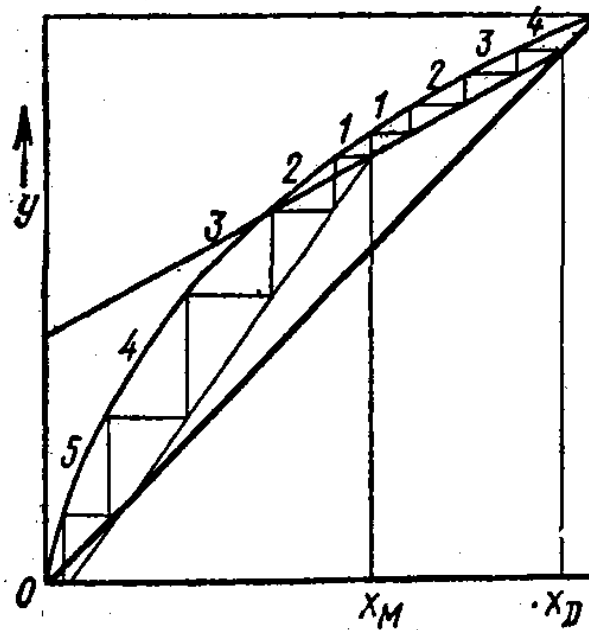


Рисунок 1.8 – Знаходження числа ступенів концентрації для колони ректифікації

1.3 Особливості конструкції ректифікаційної колони [2]

До конструкції колони ректифікації пред'являються такі вимоги: висока роздільна здатність і продуктивність; надійність та гнучкість у роботі; низькі експлуатаційні витрати; низька металомісткість; простота, технологічність виготовлення; малі гідравлічні опори.

Сучасні колони ректифікації в залежності від внутрішнього пристрою поділяються на насадкові і тарілчасті.

Тарілчасті колони. Найчастіше такі колони використовуються для поділу рідких сумішей. У цих колонах поверхня зіткнення фаз розвивалася потоками пари, які циркулювали в рідині у вигляді бульбашок і пронизували (барботували) цю рідину. Також тарілчасті колони називаються барботажними.

На ступінчастому проходженні пари в барботажних колонах, які розташовані всередині колон, переливні або провальні-решітчасті тарілки. До переливних відносяться ковпачні, ситчасті, жалюзійні тарілки. У ковпачкових тарілках парові вентиля закриті зверху круглими або прямокутними циліндричними ковпачками з прорізами на верхніх краях для дроблення струменя пари, що знаходиться на тарілці.

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

Рідина, що тече з тарілки на тарілку, проходить крізь переливні труби. Патрубок, який знаходиться вище верхнього краю переливної труби, повинен бути нижче нижнього кінця парового патрубка. Однак якщо рідина тектиме через паровий патрубок, то вона може потрапити на стіл або в тарілку.

При цьому нижній кінець парової трубки опущений під рівень рідини, що знаходиться на тарілці, що створює гідрозатвор, що запобігає проходу пари через переливні труби.[2]

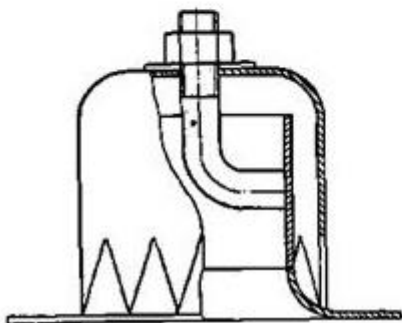
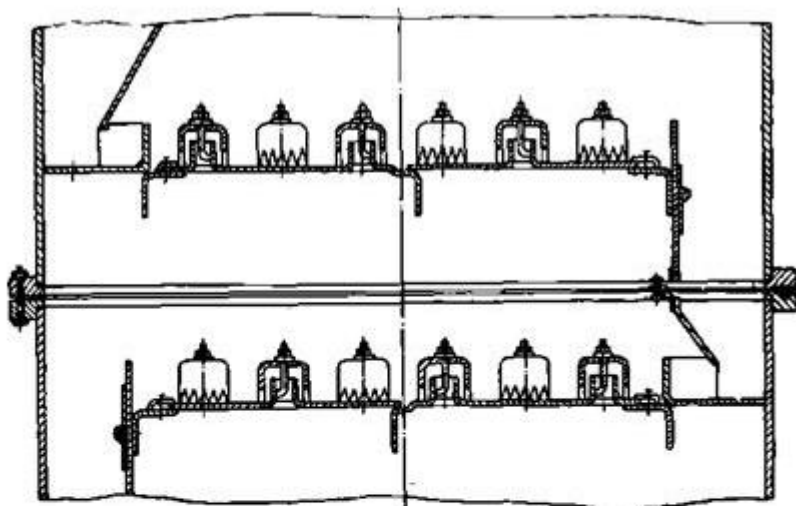


Рис. 1.9 - Ковпачкові тарілки ректифікаційних колон

Сучасні колони ректифікації оснащуються ковпачковими тарілками типу ТСК-1, ТСК-Р, ТСК-РЦ, ТСК-РБ. Ковпачкові тарілки найбільше доцільно застосовувати при нестабільних навантаженнях по газу та рідині (рис. 1.9).

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
-----	------	-------------	--------	------

1.4 Новизна проектної розробки та її економічне обґрунтування

У колоні ректифікації відбувається безперервний нерівномірний процес поділу вихідної бінарної суміші на дистилат із середнім вмістом легколетючого компонента і кубовий залишок, збагачений важколетючим компонентом.

У промислових колонах ректифікації використовуються зовнішня флегма для кращого поділу продукту.

Вибір критеріїв оптимізації було зроблено відповідно до двох критеріїв.

- інтенсифікація процесів тепло-масообміну;
- зниження витрат енергії на забезпечення теплового режиму роботи клони;
- передумовою для економічного ефекту є вибір матеріалу який повністю підходить для проектного апарату, також за рахунок не дефіцитності матеріалу і взаємозамінності матеріалу аналоговими марками закордонних постачальників матеріалу.

Інв. № підл.	Підпис і дата	Зам. інв. №	Інв. № дубл.	Підпис і дата						Арк.
										18
					ХІ.М.00.00.00 ПЗ					
					Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Опис технологічної схеми виробництва

Принципова схема ректифікаційної установки показана на рисунку 2.1. Вихідна суміш (етанол - вода) з проміжної ємності поз.7 подається в теплообмінник підігрівача поз.4, де підігрівається до температури кипіння. Нагріта суміш надходить на поділ в колону ректифікації поз.1 на тарілку живлення, де склад рідини дорівнює складу вихідної суміші.

Стікаючи вниз по колоні, рідина взаємодіє і піднімається вгору паром, що утворюється при кипінні кубової рідини в кип'ятильнику поз.3. Початковий склад пара приблизно дорівнює складу кубового залишку X_w , тобто, збіднений легколетючим компонентом. Для більш повного збагачення верхню частину колони зрошують відповідно до заданого флегмового числа рідиною (флегмою) складу x_p , яка виходить в дефлегматорі поз.2 шляхом конденсації пара, що виходить з колони. Частина конденсату виводиться з дефлегматора у вигляді готового продукту поділу - дистилляту, який охолоджується в теплообміннику (холодильнику) поз.5 і направляється в проміжну ємність поз.8. З кубової частини колони насосом поз.11 безперервно виводиться кубова рідина - продукт, збагачений важколетючим компонентом, який охолоджується в теплообміннику (холодильнику) поз.6 і направляється в ємність поз.9.

Таким чином, в ректифікаційній колоні здійснюється безперервний нерівномірний процес поділу вихідної бінарної суміші на дистиллят з високим вмістом легколетючого компонента і кубовий залишок, збагачений важколетючим компонентом.

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

					<i>XI.M.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

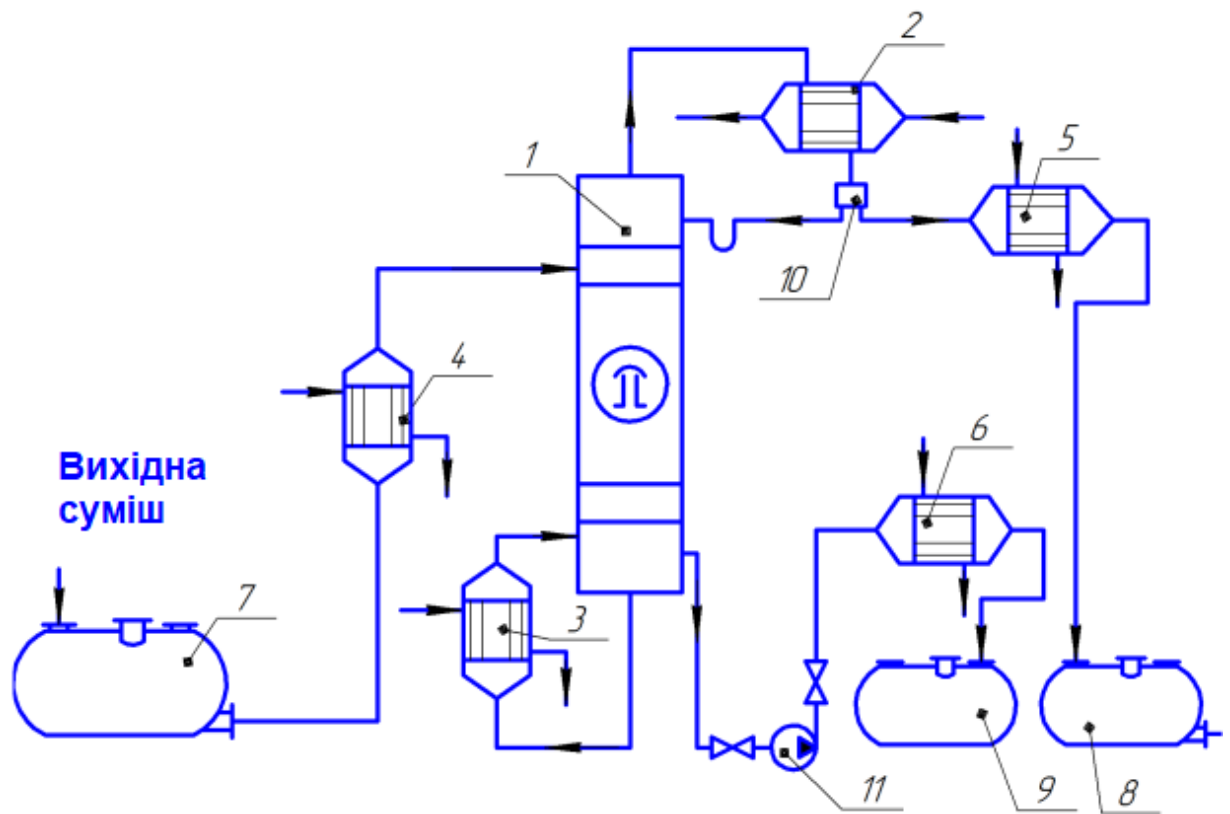


Рисунок 2.1 – Технологічна схема ректифікаційної установки.

- 1 - колона ректифікації,
- 2 - дефлегматор (конденсатор),
- 3 - кип'ятильник,
- 4 - теплообмінник - підігрівач,
- 5 - холодильник дистиляту,
- 6 - холодильник кубової рідини,
- 7 - ємність для вихідної суміші,
- 8 - ємність для збору дистиляту,
- 9 - ємність для кубової рідини,
- 10 - розподільник,
- 11 - насос

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

XI.M.00.00.00 ПЗ

Арк.

20

Інв. № підл.	Підпис і дата	Зам. інв. №	Інв. № дубл.	Підпис і дата

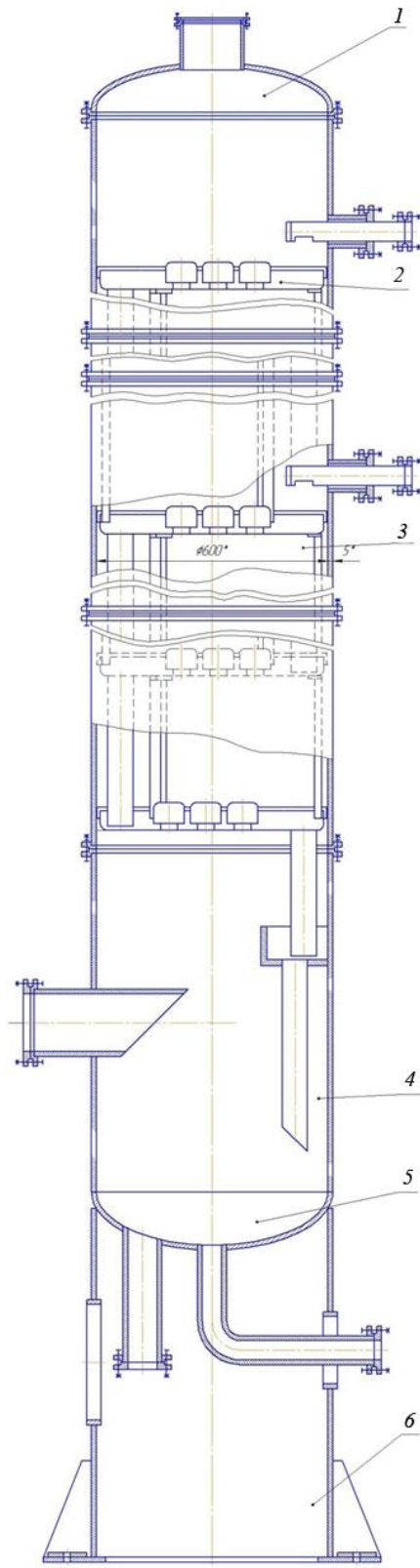


Рисунок 2.2 – Ректифікаційна колона

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

XI.M.00.00.00 ПЗ

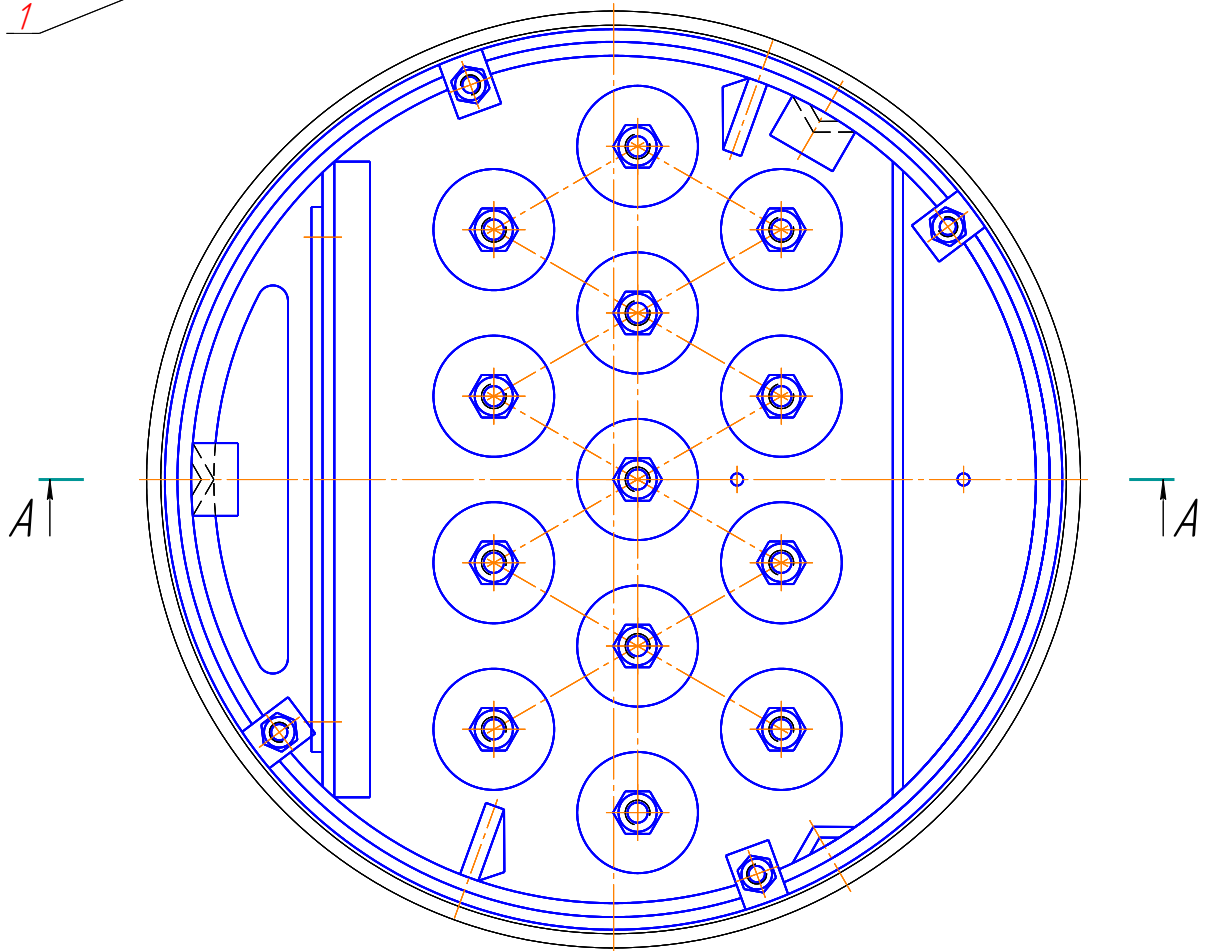
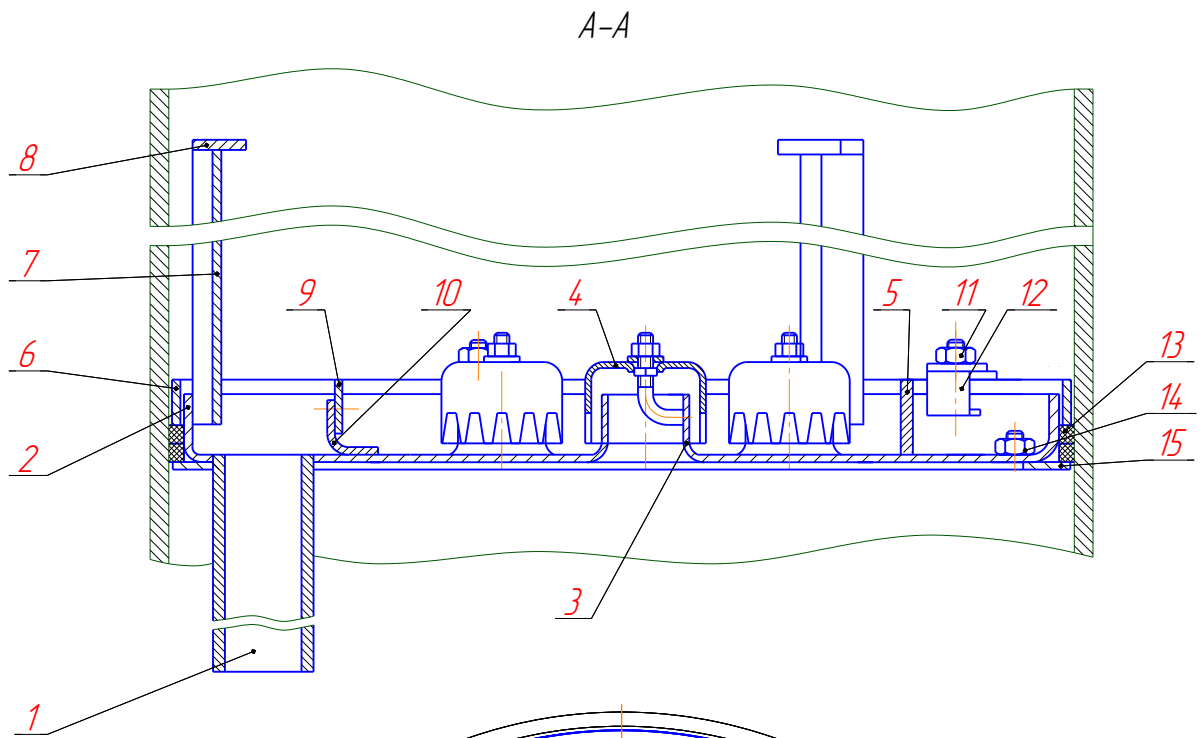
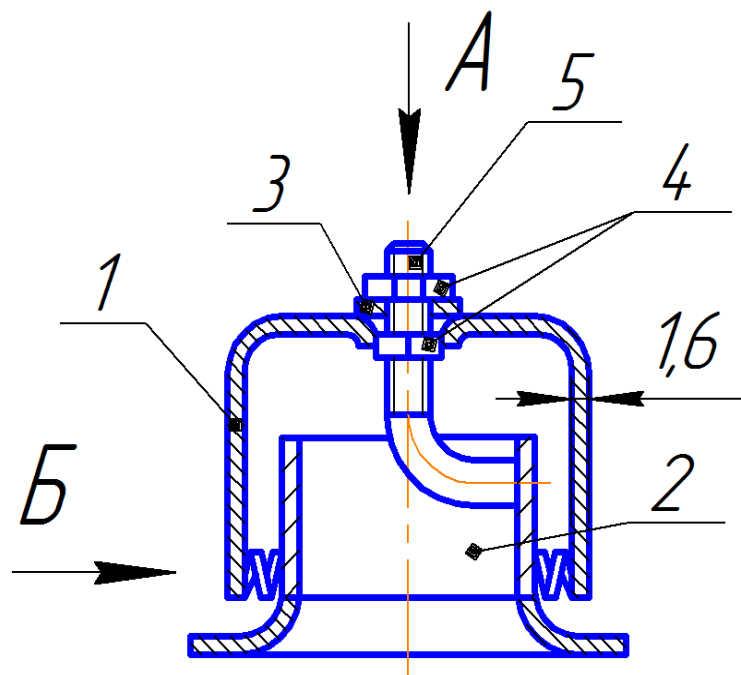


Рисунок 2.3– Тарілка ТСК-1

Інв. № підл.	Зам. інв. №	Інв. № дубл.	Підпис і дата
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис Дата

XI.M.00.00.00 ПЗ

Арк. 23



Вид А
(гайка и шайба
условно сняты)

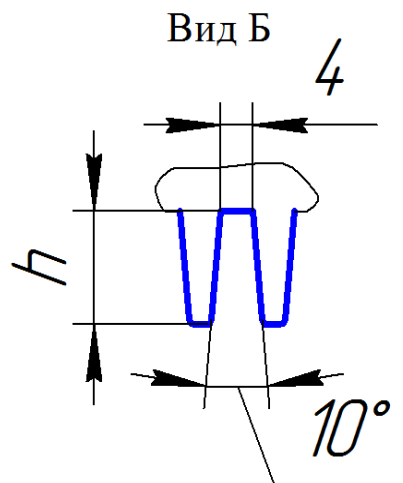
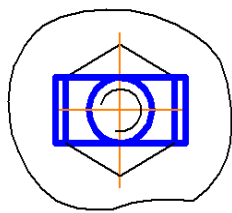


Рисунок 2.4 – Капсульні колпачки

Для установки апаратів і судин на фундаменти або несучі конструкції передбачають опори. Конструкція опор залежить від виду, робочого положення і маси апарату, а також способу і місця його монтажу.

Для зварних сталевих апаратів застосовують типові опори суцільнозварний конструкції (рисунок 2.5), що складаються з циліндричної опорної обичайки (спідниці) 1, фундаментного кільця 2 і зміцнюють елементів (косинок

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

3). Опору приварюють верхньою частиною до апарату (вузол I), а нижній за допомогою анкерних болтів кріплять до фундаменту.

Для внутрішнього огляду зварних швів і обслуговування фланцевих з'єднань в обечайки опор передбачають вікна б, що представляють собою круглі або довгасті вирізи зі зміцненням у вигляді ввареними коротких патрубків. Подібним чином, але менших розмірів влаштовують вентиляційні отвори

Косинки 3 представляють собою вертикальні ребра, що приварюються до опорної обичайки і опорного кільця для додання останнім більшої жорсткості.

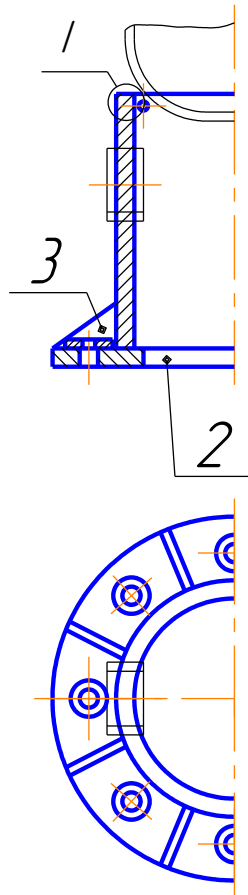


Рисунок 2.5 – Опора вертикального апарату

1 обичайка, 2 - опора, 3 – ребро

Підпис і дата	Інв. № дубл.	Зам. інв. №	Підпис і дата	Інв. № підл.

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

2.3 Технологічні розрахунки

2.3.1 Матеріальні баланси

Масова витрата дистилляту позначимо через G_D (кг/ч), витрата кубового залишку - через G_W (кг/ч), витрата вихідної суміші – G_f (кг/ч).

Рівняння матеріального балансу:

- по потокам:

$$(1.11) \quad G_D + G_W = G_f, \quad \text{або}$$

$$1200 + G_W = G_f$$

- по етанолу:

$$G_D \times X_D + G_W \times X_W = G_f \times X_f, \quad \text{або} \quad (1.12)$$

$$0,96 \times 1200 + 0,04 \times G_W = 0,25 \times G_f$$

Отримуємо систему рівнянь

$$\begin{cases} G_f - G_W = 1200 \\ 0,25G_f - 0,04G_W = 768 \end{cases}$$

З цієї системи рівнянь знаходимо:

$$\begin{cases} G_f = 800 + G_W \\ 0,25(1200 + 0,04G_W) = 1152 \end{cases}$$

$$0,21G_W = 852, \quad G_W = \frac{852}{0,21} = 4057 \text{ кг/ч}, \quad G_f = 5257 \text{ кг/ч}.$$

Секундні масові витрати вихідної суміші, дистилляту і кубового залишку складуть:

$$G_f^I = \frac{5257}{3600} = 1,46 \text{ кг/с},$$

$$G_D^I = \frac{1200}{3600} = 0,333 \text{ кг/с},$$

$$G_W^I = \frac{4057}{3600} = 1,127 \text{ кг/с}.$$

Дані по ізобаричній рівноваги «пар - рідина» для бінарної суміші «етанол - вода» при нормальному тиску представлені в таблиці 1.1

Інв. № підл.	Підпис і дата	Зам. інв. №	Інв. № дубл.	Підпис і дата						Арк.		
										XI.M.00.00.00 ПЗ	26	
					Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата			

Таблиця – 1.1 – Ізобарна рівновагу бінарної суміші «етанол -вода»

x, мол.долі	y*, мол.долі	t °C
0.0	0,0	100
0,0115	0,2791	92
0,0221	0,4488	85,2
0,0638	0,6809	72,1
0,1164	0,7777	65,3
0,1727	0,8073	62,7
0,3085	0,8309	60,9
0,4439	0,8421	60,3
0,5096	0,8524	59,8
0,6232	0,8603	59,4
0,6829	0,8722	58,8
0,7629	0,8871	58,35
0,8208	0,9037	58,1
0,9004	0,9353	57,6

Визначення флегмового числа

Приймаємо, що вихідна суміш, маючи концентрацію по етанолу $X_F = 25\%$, подається в колону у вигляді рідини, нагрітої до температури кипіння. За даними таблиці 1 будуємо криву рівноваги в координатах «y* - x»
Визначаємо мінімальне число флегми 7.30 за формулою:

$$R_{\min} = \frac{x_D - y_f}{y_f - x_f}, \quad (1.13)$$

де: x_D - склад дистилляту в мольних частках НК (етанолу);

x_f - склад дистилляту в мольних частках етанолу;

y_f - склад пари над вихідної сумішшю в мольних частках етанолу.

Перераховуємо концентрацію етанолу в вихідної суміші з масових відсотків в молярний частки

$$x_f = \frac{\frac{a}{M_a}}{\frac{a}{M_a} + \frac{b}{M_b}}, \quad (1.14)$$

де: a, b- масові частки компонентів;

M_a, M_b - молекулярні ваги компонентів;

M_a - молекулярна маса етанолу $M_a=58$

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

M_B - молекулярна маса води $M_B=18$

$$x_f = \frac{\frac{0,25}{58}}{\frac{0,25}{58} + \frac{0,75}{18}} = 0,094 \frac{\text{кМоль а}}{\text{кМоль (а + b)}}$$

Склад дистилляту:

$$x_D = \frac{\frac{x_D}{M_a}}{\frac{x_D}{M_a} + \frac{1-x_D}{M_B}} = \frac{\frac{0,96}{58}}{\frac{0,96}{58} + \frac{1-0,96}{18}} = 0,882 \frac{\text{кМоль а}}{\text{кМоль (а + b)}}$$

Склад кубового залишку:

$$x_w = \frac{\frac{x_w}{M_a}}{\frac{x_w}{M_a} + \frac{1-x_w}{M_B}} = \frac{\frac{0,01}{58}}{\frac{0,01}{58} + \frac{1-0,01}{18}} = 0,003 \frac{\text{кМоль а}}{\text{кМоль (а + b)}}$$

Значення y_f знаходимо по кривій рівноваги при $x_f = 0,094$ $y_f^* = 0,75$
Мінімальна кількість флегми

$$R_{\min} = \frac{0,882 - 0,75}{0,75 - 0,094} = 0,2$$

Робоче число флегми:

$$R = 1.3 \times R_{\min} + 0.3$$

$$R = 1.3 \times 0.2 + 0.3 = 0.56$$

Інв. № підл.	Підпис і дата				XI.M.00.00.00 ПЗ 28
	Інв. № дубл.				
	Зам. інв. №				
	Підпис і дата				
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Арк.

2.3.2 Тепловий баланс

Розрахунок ентальпій

Молярний теплоти випаровування етанолу і води зводимо в таблицю 1.2.

Таблиця 1.2 – Молярний теплоти випаровування етанолу і води

Температура, °C			50	60	80	10
Теплота випаровування, кДж/кмоль	етанол	r_1	30600	30030	28750	27410
	вода	r_2	42920	42490	41600	40670

З причини відсутності даних залежності теплоємності водних розчинів етанолу від температури, використовуємо значення теплоємності розчинів при кімнатній температурі (таблиця 1.3).

Таблиця 1.3 – Залежності теплоємності водних розчинів етанолу від температури

x, мол.дол.	0	0,033 3	0,07 2	0,17 1	0,31 8	0,4 2	0,55 4	0,73 6	1
C_p , кДж кмоль × K°	75, 3	80,3	85,3	96,3	109	116	121	126	12 7

Теплоти змішування етанолу при 25°C беремо з довідника і вносимо в таблицю 1.4.

Таблиця 1.4 – Теплоти змішування етанолу при 25°C

x, мол.дол.	0,0 5	0,12 5	0,25 1	0,37 5	0,49 8	0,62 4	0,72 1	0,87 4	0,9 5
$\Delta H_{см}$, кДж кмоль × K°	-385	-624	-608	-419	-177	67	202	272	157

За допомогою наведених даних розраховуємо (приймавши за стандартний стан при 25°C) ентальпії етанолу і води за наступними рівняннями

$$i = \Delta H_{см} + C_p \times (t - 25) \quad (1.15)$$

Для суміші етанол-вода:

$$i = \Delta H_{см} + C_p \times (t - 25) + y \times r_1 + 1 \times (1 - y) \times r_2 \quad (1.16)$$

При виконанні розрахунків шукані величини знаходимо лінійною інтеполяцією за рівнянням

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
-----	------	-------------	--------	------

$$q = q_1 - \frac{q_1 - q_2}{s_1 - s_2} \times (s_1 - s_2), \quad (1.17)$$

де:

q - шукана величина, що залежить від параметра s

q_1 і q_2 - найближчі відомі значення q при $s = s_1$ і s_2

Так температура кипіння вихідної суміші, що містить 0,094 моль етанолу, (таблиця 1)

$$t_f = 72,1 + \frac{72,1 - 65,3}{0,0638 - 0,1164} \times (0,094 - 0,0638) = 68,5^\circ\text{C}$$

Таким же чином визначаємо теплоту змішання і теплоємність

$$\Delta H_{смf} = -385 + \frac{-385 - (-624)}{0,05 - 0,125} \times (0,094 - 0,05) = -598 \text{ кДж/кмоль}$$

Знаходимо ентальпію вихідній суміші

$$i_f = 598 + 90,2 \times (68,5 - 25) = 3325 \text{ кДж/кмоль}$$

Температура кипіння кубового залишку $t_{кип} = 98^\circ\text{C}$

Теплота змішування кубового залишку при $x_w = 0,03$ $\Delta H_w \approx -200$

кДж/
кмоль

Теплоємність $C_p = 75,8 \text{ кДж/кмоль}$

Ентальпія кубового залишку:

$$i_w = 200 + 75,8 \times (98 - 25) = 5333 \text{ кДж/кмоль}$$

Для знаходження ентальпій дистилляту і пара, що надходить в дефлегматор:

теплота змішання при температурі конденсації $t_k = 58,5^\circ\text{C}$ и $x_D = 0,882$

$$\Delta H_{см} = 272 + \frac{272 - 157}{0,874 - 0,95} \times (0,882 - 0,874) = 250 \text{ кДж/кмоль};$$

теплоємність

$$C_p = 126 + \frac{126 - 127}{0,736 - 1} \times (0,882 - 0,736) = 126,5 \text{ кДж/кмоль};$$

теплота випаровування етанолу

$$r_1 = 30600 + \frac{30600 - 30030}{50 - 60} \times (58,5 - 50) = 31085 \text{ кДж/кмоль}$$

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
-----	------	-------------	--------	------

теплота випаровування води

$$r_2 = 42920 + \frac{42920 - 42490}{50 - 60} \times (58,5 - 50) = 42555 \frac{\text{кДж}}{\text{кмоль}}$$

В результаті отримаємо ентальпію етанолу і суміші етанолу з водою

$$i_p = 250 + 126,5 \times (58,5 - 25) = 4488 \frac{\text{кДж}}{\text{кмоль}}$$

$$I_1 = 4488 + 0,882 \times 31085 + (1 - 0,882) \times 42555 = 36927 \frac{\text{кДж}}{\text{кмоль}}$$

Тепловий баланс:

Теплове навантаження дефлегматора

$$Q_d = P \times (R + 1) \times (I_1 - i_p), \quad (1.18)$$

де:

P – витрата дистилляту, кмоль/с

$$P = \frac{1200}{58 \times 3600} = 5,75 \times 10^{-3} \frac{\text{кмоль}}{\text{с}}$$

$$Q_d = 5,75 \times 10^{-3} \times (0,56 + 1) \times (36927 - 4488) = 291 \text{кВт};$$

Теплове навантаження кип'ятильника

$$Q_k = Q_d + P \times i_p + W \times i_w - F \times i_f \quad (1.19)$$

$$Q_k = 291 + 5,75 \times 10^{-3} \times 4488 + 34 \times 10^{-3} \times 5433 - 37,8 \times 10^{-3} \times 3325 = 376 \text{кВт}$$

Витрата що гріє пара $P_{\text{изб}} = (3 \text{кг/см}^2)$ з урахуванням його вологості (5%) в кип'ятильник при теплових втратах 5% складе

$$G_{\text{сп.н.}} = \frac{Q_k \times 1,05}{r \times x} \quad (1.20)$$

$$G_{\text{сп.н.}} = \frac{376 \times 10^3 \times 1,05}{2140 \times 10^3 \times 0,95} = 0,194 \frac{\text{кг}}{\text{с}} = 699 \frac{\text{кг}}{\text{час}},$$

де:

2140×10^3 Дж/ кг – теплота конденсації пари, що гріє.

Витрата охолоджуючої води в дефлегматоре при нагріванні її на 20°C

$$G_{\text{сп.н.}} = \frac{Q_d}{C_w \times \Delta t_w} \quad (1.21)$$

$$G_{\text{сп.н.}} = \frac{291 \times 10^3}{4,19 \times 10^3 \times 20} = 3,47 \frac{\text{кг}}{\text{с}} = 12500 \frac{\text{кг}}{\text{час}}$$

$$\Delta t_w = 20 \text{ [3, с. 432]}$$

Витрата вихідної суміші F , кмоль/с

Підпис і дата		№ дубл.		Зам. №		Підпис і дата		№ підл.		ХІ.М.00.00.00 ПЗ				Арк.
										Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

$$F = \rho \frac{x_D - x_W}{x_f - x_W} = 5.75 \times 10^{-3} \frac{0,882 - 0,003}{0,094 - 0,003} = 55.75 \times 10^{-3} \text{ кмоль/с} \quad (1.22)$$

Витрата кубового залишку

$$W = F - P = (55.75 - 5.75) \times 10^{-3} \approx 50 \times 10^{-3} \text{ кмоль/с}$$

2.4 Конструктивні розрахунки апарату

Визначення числа теоретичних тарілок

Рівняння робочої лінії для верхньої (зміцнювальної) частини колони:

$$y_{n+1} = \frac{R}{R+1} \times x_n + \frac{x_D}{R+1} \quad (1.23)$$

$$y_{n+1} = \frac{0,56}{0,56+1} \times x_n + \frac{0,882}{0,56+1} = 0,36 \times x_n + 0,565$$

За діаграмою рівноваги ($y^* - x$) (рисунок 1.13) знаходимо, що при $y^* = 0,882$ $x = 0,765$. Для першого ступеня зміни концентрації отримаємо:

$$y_1 = 0,36 \times 0,765 + 0,565 = 0,84$$

За діаграмою рівноваги знаходимо, що при $y^* = 0,84$ $x = 0,45$. Для другого ступеня зміни концентрації отримаємо

$$y_2 = 0,36 \times 0,45 + 0,565 = 0,727$$

Аналогічно знаходимо далі.

При $y^* = 0,719$, $x = 0,09$.

Третя ступінь - $y_3 = 0,36 \times 0,08 + 0,565 = 0,594$

При $y^* = 0,594$, $x = 0,04$

Четвертий ступінь зміни концентрації -

$$y_4 = 0,36 \times 0,04 + 0,565 = 0,58$$

Якщо харчування подається на четверту теоретичну тарілку (зверху) то склад пара для всіх наступних ступенів знаходимо за рівнянням робочої лінії для вичерпної частини колони.

$$y_{n+1} = \frac{R+F}{R+1} \times x_n - \frac{F-1}{R+1} \times x_W, \quad (1.24)$$

де:

F- число кіломолей харчування на 1 кіломоль дистилляту. Визначається за формулою

$$F = \frac{x_D - x_W}{x_f - x_W} \quad (1.25)$$

$$F = \frac{0,882 - 0,003}{0,094 - 0,003} = 9,66$$

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

$$y_{n+1} = \frac{0,56 + 9,66}{0,56 + 1} \times x_n - \frac{9,66 - 1}{0,56 + 1} \times 0,003 = 6,55 \times x_n - 0,0162$$

При $y_4 = 0,58$, $x = 0,035$.

П'ята ступінь зміни концентрації

$$y_5 = 6,55 \times 0,035 - 0,0162 = 0,208$$

При $y_5 = 0,208$, $x = 0,01$.

Шостий ступінь зміни концентрації

$$y_6 = 6,55 \times 0,01 - 0,0162 = 0,048$$

При $y_6 = 0,048$, $x = 0,002$.

Тобто в рідині, що стікає з шостий тарілки, етанолу менше необхідної концентрації його в кубовому залишку

$$x_w = 0,003 > 0,002$$

Отже число теоретичних тарілок $n_T = 6$.

Графічний розрахунок також підтверджує це.

На графіку $b = X_D / (R + 1) = 0,882 / (0,56 + 1) = 0,565$

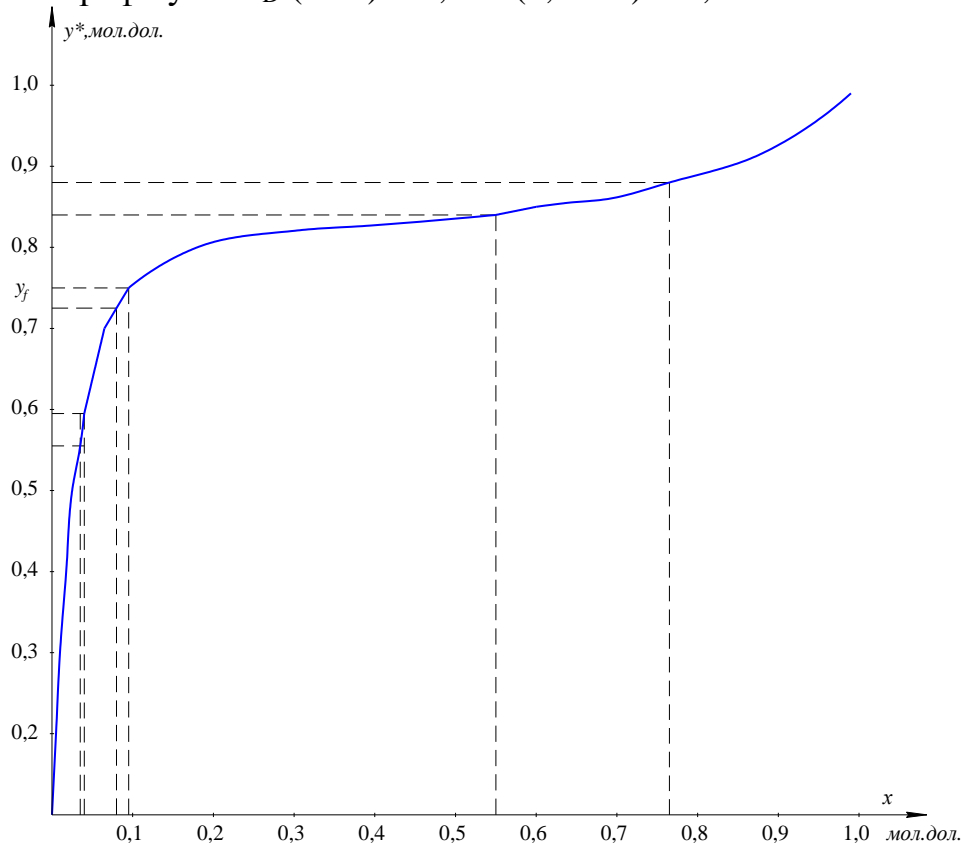


Рисунок 2.5 – Графік ізобарного рівноваги «пар-рідина» для системи «етанол-вода»

Розрахунок числа робочих тарілок в колоні

ККД тарілки знаходимо за допомогою кінетичної кривої яка побудована на основі закону ефективності тарілок по Мерфі. Тут на осі абсцис відкладено

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

твір середньої в'язкості рідкої фази в колоні (МПа · с) на відносну летючість (α)

$$\alpha = \frac{y \times (1 - x)}{x \times (1 - y^*)} \quad (1.26)$$

Середня в'язкість рідини визначається за рівнянням

$$\mu_{cp} = x_f \times \mu_1 + (1 - x_f) \times \mu_2, \quad (1.27)$$

де:

μ_1 і μ_2 - в'язкість в рідкому стані етанолу і води при середній температурі верху і низу колони.

Відносна плинність також знаходиться при середній температурі.

Шляхом лінійної інтерполяції даних таблиці знаходимо температуру конденсації пари, що містить 0,882 молей етанолу: $t_k = 58,5^\circ\text{C}$.

Температура кипіння кубового залишку, що містить $x_w = 0,003$ моля етанолу: $t_{кип} = 98^\circ\text{C}$.

Середня температура в колоні складе

$$t_{cp} = \frac{58,5 + 98}{2} = 78,25^\circ\text{C}$$

Інтерполяцією рівноважних концентрацій табл. 1 (додаток) знаходимо концентрації при середній температурі:

$$x = x_1 + \frac{x_1 - x_2}{t_1 - t_2} \times (t - t_1) \quad (1.28)$$

$$x = 0,0221 + \frac{0,0221 - 0,0638}{85,2 - 72,1} \times (78,25 - 85,2) = 0,0442$$

$$y = y_1 + \frac{y_1 - y_2}{t_1 - t_2} \times (t - t_1) \quad (1.29)$$

$$y = 0,4488 + \frac{0,4488 - 0,6809}{85,2 - 72,1} \times (78,25 - 85,2) = 0,572$$

отже

$$\alpha = \frac{0,572 \times (1 - 0,0442)}{0,0442 \times (1 - 0,572)} = 28,9$$

В'язкість етанолу при $t_{cp} = 78,3^\circ\text{C}$ дорівнює 0,2 Мпа · с а води $\mu_2 = 0,357$ МПа.

Середня в'язкість суміші складе:

$$\mu_{cp} = x_f \times \mu_1 + (1 - x_f) \times \mu_2 \quad (2.30)$$

Підпис і дата					Арк.
Інв. № дубл.					34
Зам. інв. №					XI.M.00.00.00 ПЗ
Підпис і дата					34
Інв. № підл.					34
	Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

$$\mu_{\text{ср}} = 0,094 \times 0,2 + (1 - 0,094) \times 0,357 = 0,34 \text{ МПа}\cdot\text{с}$$

$$\text{Величина } \alpha \cdot \mu_{\text{ср}} = 28,9 \times 0,34 = 9,83$$

За графіком [2, малюнок III.14] знаходимо ККД ковпачкових тарілок

$$\eta_{\text{T}} = 30\%$$

Отже число робочих ковпачкових тарілок

$$n_{\text{р.к.}} = \frac{6}{0,3} = 20$$

У верхній частині колони:

$$n_{\text{верх.}} = \frac{4}{0,3} = 13 \text{ тарілок}$$

У нижній частині колони:

$$n_{\text{низ.}} = 20 - 13 = 7 \text{ тарілок}$$

Живлення потрібно подавати на тарілку харчування 8-ю, вважаючи знизу.

Розраховуємо діаметр колони при відстані між тарілками рівними $l_h = 0,4\text{м}$

Швидкість пара при захлинанні.

Знаходимо граничну швидкість пара за формулою

$$\omega_{\text{уз}} = c \times \sqrt{\frac{\rho_x - \rho_y}{\rho_y}}, \quad (1.31)$$

де:

c- емпіричний коефіцієнт. Для тарілок з капсульними ковпачками значення з (м / с) визначаємо з емпіричної залежності III.69 [2, с.62].

$$C = \left\{ v - a \times \lg \left[\frac{L}{G} \times \left(\frac{\rho_y}{\rho_x} \right)^{0,5} \right] \right\} \times \left(\frac{\sigma}{0,02} \right)^{0,2}, \quad (1.32)$$

де:

σ - поверхневий натяг в Н/м.

Коефіцієнти «а» і «в» залежать від відстані між тарілками (h) і визначаються з рівнянь [2, с.63]

$$\text{при} \quad \frac{L}{G} \times \left(\frac{\rho_x}{\rho_y} \right)^{0,5} < 0,2 \quad (1.33)$$

$$a = 0,0492h + 0,0041; \quad v = 0,0564h + 0,0207,$$

де: L- витрата рідини, G- витрата пара.

Розрахунок ведемо для самого низу колони ректифікації.

Підпис і дата		Інв. № дубл.		Зам. інв. №		Підпис і дата		Інв. № підл.	
ХІ.М.00.00.00 ПЗ									Арк.
									35
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					

Витрата пари, що надходить на нижню тарілку з кип'ятильника

$$G = \frac{Q_k}{r_w}, \quad (1.34)$$

де:

r_w - теплота випаровування кубового залишку.

При $t_{\text{кип}} = 98^\circ\text{C}$ теплота випаровування етанолу

$$r_1 = 28750 + \frac{28750 - 27410}{80 - 100} \times (98 - 80) = 27050 \text{ кДж/кмоль}$$

При цьому теплота випаровування води

$$r_2 = 41600 + \frac{41600 - 40670}{80 - 100} \times (98 - 80) = 40700 \text{ кДж/кмоль}$$

Отже теплота випаровування кубового залишку дорівнює

$$r_w = 0,003 \times 27050 + (1 - 0,003) \times 40700 = 40660 \text{ кДж/кмоль}$$

Отже витрата пара надходить на нижню тарілку з кип'ятильника складе

$$G = \frac{Q_k}{r_w} \quad (1.35)$$

$$G = \frac{376}{40660} = 9,24 \times 10^{-3} \text{ кмоль/с}$$

Отже, витрата рідини, що стікає з нижньої тарілки в кип'ятильник складе:

$$L = G + W \quad (1.36)$$

$$L = (9,24 + 50) \times 10^{-3} = 59,24 \times 10^{-3} \text{ кмоль/с}$$

Оскільки середня молекулярна маса кубового залишку практично дорівнює молекулярній масі води, то масові витрати пара і рідини в низу колони складе [2, с.63]

$$G = 9,24 \times 10^{-3} \times 18 = 0,166 \text{ кг/с}$$

$$L = 59,24 \times 10^{-3} \times 18 = 1,066 \text{ кг/с}$$

Щільності пара і рідини, зважаючи на малу вмісту етанолу, приймемо рівними густинами водяної пари і води при 98°C

$$\rho_y = 0,590 \text{ кг/м}^3 \quad \rho_x = 959 \text{ кг/м}^3$$

Поверхневий натяг води при цій температурі (σ) становить $0,059 \text{ Н/м}$ [2, с. 63].

Обчислюємо коефіцієнт s по формулі 1.31 [2].

Підпис і дата	Інв. № дубл.	Зам. інв. №	Підпис і дата	Інв. № підл.	Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	XI.M.00.00.00 ПЗ	Арк.
											36

При

$$\frac{L}{G} \times \left(\frac{\rho_x}{\rho_y} \right)^{0,5} = \frac{1,066}{0,166} \left(\frac{0,59}{959} \right)^{0,5} = 0,159$$

Отримаємо коефіцієнти:

$$a = 0,0492 \times 0,4 + 0,041 = 0,0238$$

$$b = 0,0564 \times 0,4 + 0,0207 = 0,0433$$

Тоді

$$c = \left[0,0433 - 0,0238 \times \lg 0,159 \times \left(\frac{0,059}{0,02} \right)^{0,2} \right] = 0,098 \text{ м/с}$$

Отже швидкість пара при захлинанні дорівнює:

$$\omega_{yz} = 0,098 \times \sqrt{\frac{959 - 0,59}{0,59}} = 3,95 \text{ м/с}$$

Мінімально можливий діаметр колони визначимо за рівнянням

$$D_{\min} = \sqrt{\frac{4G}{\pi \times \rho_y \times \omega_{yz} \times S_{\text{раб}}}}, \quad (1.37)$$

де:

$S_{\text{раб}}$ - частка робочого перерізу колони.

Для ковпачкових тарілок $S_{\text{раб}}$ лежить в межах 0,5...0,7.

Приймаємо $S_{\text{раб}} = 0,6$

$$D_{\min} = \sqrt{\frac{4 \times 0,166}{3,14 \times 0,59 \times 3,95 \times 0,6}} = 0,4 \text{ м}$$

Аналогічний розрахунок проводимо для верхньої частини колони.

Витрата пара в дефлегматор

$$G_D = \frac{Q_D}{r_D}, \quad (1.38)$$

де:

r_D - теплота випаровування дистилляту.

При $t = 58,5^\circ\text{C}$ теплота випаровування етанолу дорівнює $r_1 = 30000 \text{ кДж/кмоль}$.

Теплота випаровування води: $r_2 = 42400 \text{ кДж/кмоль}$

$$r_D = 0,96 \times 30000 + (1 - 0,96) \times 42400 = 30500 \text{ кДж/кмоль}$$

Витрата пара складе:

$$G_D = \frac{291}{30500} = 9,54 \times 10^{-3} \text{ кмоль/с}$$

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

У верхній частині колони відношення мольних витрат рідини і пара складе:

$$\left(\frac{L}{G}\right)_{\text{верх}} = \frac{R}{R+1} \quad (1.39)$$

$$\left(\frac{L}{G}\right)_{\text{верх}} = \frac{0,56}{0,56+1} = 0,359$$

Отже, витрата рідини складе:

$$L_{\text{д}} = 0,359 \times 0,50 \times 10^{-3} = 2,28 \times 10^{-3} \text{ кмоль/с}$$

Масові витрати вгорі колони складуть:

$$G_{\text{д}} = 9,54 \times 10^{-3} \times 58 = 0,553 \text{ кг/с}$$

$$L_{\text{д}} = 2,28 \times 10^{-3} \times 58 = 0,132 \text{ кг/с}$$

Щільність парів етанолу при температурі 58,5°C

$$\rho_{\text{y}} = 1,9 \text{ кг/м}^3$$

Щільність етанолу

$$\rho_{\text{x}} = 750 \text{ кг/м}^3$$

Обчислюємо коефіцієнт с при:

$$\frac{L}{G} \times \left(\frac{\rho_{\text{x}}}{\rho_{\text{y}}}\right)^{0,5} = \frac{0,132}{0,553} \times \left(\frac{1,9}{750}\right)^{0,5} = 0,012$$

$$C = \left\{ b - a \times \lg \left[\frac{L}{G} \times \left(\frac{\rho_{\text{y}}}{\rho_{\text{x}}}\right)^{0,5} \right] \right\} \times \left(\frac{\sigma}{0,02}\right)^{0,2} \quad (1.40)$$

$$C = \left[0,0433 - 0,0238 \times \lg 0,012 \times \left(\frac{0,021}{0,02}\right)^{0,2} \right] = 0,15$$

$$\omega_{\text{yз}} = 0,15 \times \sqrt{\frac{750-1,9}{1,9}} = 2,976 \text{ м/с}$$

$$D_{\text{min}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,37}{3,14 \times 1,9 \times 2,976 \times 0,6}} = 0,496 \text{ м}$$

Вибираємо стандартну тарілку для діаметра колони 0,6 м типу ТСК-1 має частку робочого перетину $S_{\text{раб.}} = 49\%$.

Технічні дані колпачкової ректифікаційної тарілки ТСК-1:

Матеріал - сталь X18H10T

Товщина, мм - 2,5

Висота прорізу ковпачка h, мм - 20

Підпис і дата											
Інв. № дубл.											
Зам. інв. №											
Підпис і дата											
Інв. № підл.											
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата							
XI.M.00.00.00 ПЗ										Арк.	
										38	

Діаметр ковпачка d , мм - 80
 Висота ковпачка H_1 , мм - 70
 Число ковпачків z , - 13
 Шаг ковпачків, мм - 110
 Вільний перетин колони, m^2 - 0,28
 Довжина лінії барботажа, м - 3,25
 Периметр злива L_c , м - 0,48
 Відстань між тарілками, мм - 400
 Площа парових патрубків F_n , m^2 , 0,027
 Визначаємо діаметр парових патрубків.
 Площа патрубків $F_n = z \times 0,785 \times d_n^2$,
 звідки діаметр патрубка

$$d_n = \sqrt{\frac{F_n}{z \times 0,785}} \quad (1.41)$$

$$d_n = \sqrt{\frac{0,027}{13 \times 0,785}} = 0,051m$$

Приймаємо патрубки діаметром 57 x 3 (мм)
 Висоту рівня рідини над прорізом ковпачків приймаємо рівною:
 $h_d = 30mm$.

Визначення висоти колони

Колону приймаємо збірної конструкції. Корпус колони збирається з окремих царг, що з'єднуються за допомогою фланців і болтів.

При діаметрі колони 600 мм і відстані між тарілками 400 мм рекомендована висота царги 2000мм і в кожній з них встановлено 5 тарілок. Вгорі колони розміщена сепарації частина висотою 600мм. До нижньої царге приєднується кубова частина висотою 1200 мм. Висоту циліндричної опорної обичайки приймаємо рівною 900мм.

Загальна висота колони відповідно до прийнятої компонованням складе:

$$H = 4 \times 2000 + 600 + 1200 + 900 = 10700mm$$

Визначення діаметрів штуцерів

Діаметри штуцерів визначаємо за рівнянням витрати і прийнятої швидкості середовища в штуцері

$$d = \sqrt{\frac{V}{0,78 \times \omega}}, \quad (1.42)$$

де:

d - діаметр штуцера, м

Підпис і дата							
	Інв. № дубл.						
		Зам. інв. №					
Підпис і дата							
	Інв. № підл.						
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	XI.M.00.00.00 ПЗ Арк. 39		

V - витрата середовища, m^3/c

ω - швидкість середовища в штуцері, m/c

Приймаються наступні швидкості середовища в штуцерах [3, таблиця 1-2, с. 23]:

Початкова суміш (під напором), $\omega = 1,0m/c$

Пари при вході і виході, $\omega = 10m/c$

Флегма і кубовий залишок (самопливом), $\omega = 0,4m/c$

Витрата середовища в штуцерах складе:

а) початкової суміші:

$$V_f = \frac{G_f}{\rho_{жс} \times 3600}, \quad (1.43)$$

де:

$\rho_{жс}$ - щільність вихідної суміші

$$\rho_{жс} = 0,25 \times \rho_a + (1 - 0,25) \times \rho_v,$$

де:

ρ_a - щільність етанолу, $\rho_a=800\text{кг/м}^3$

ρ_v - щільність води, $\rho_v=950\text{кг/м}^3$

$$\rho_{жс} = 0,25 \times 800 + 0,75 \times 950 = 912 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$V_f = \frac{5257}{912 \times 3600} = 161 \times 10^{-5} \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

б) Пара дистилляту: $G_d=0,37\text{кг/с}$

$$V_d = \frac{G_d}{\rho_d} = \frac{0,553}{1,9} = 0,291 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

в) флегми

$$V_R = \frac{G_d \times R}{\rho_{н.к.}},$$

де:

$$G_d = P \times M_a = 5,75 \times 10^{-3} \times 58 = 0,333 \text{ кг/с}$$

При $t = 58,5^\circ\text{C}$ $\rho_{н.к.}=750 \text{ кг/м}^3$

$$V_R = \frac{0,333}{750} = 4,44 \times 10^{-4} \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

г) кубового залишку

$$V_w = \frac{G_w}{\rho_w},$$

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

де:

$$G_w = W \times M_B = 50 \times 10^{-3} \times 18 = 0,9 \text{ кг/с}$$

$$V_d = \frac{0,9}{950} = 9,47 \times 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$$

Визначаємо діаметри штуцерів:

а) для початкової суміші

$$d_a = d_f = \sqrt{\frac{161 \times 10^{-5}}{0,785 \times 1,0}} = 0,045 \text{ м}$$

приймаємо $d_f = 50 \text{ мм} = d_a$

б) для виходу парів дистилляту

$$d_6 = \sqrt{\frac{0,291}{0,785 \times 10}} = 0,153 \text{ м}$$

приймаємо $d_6 = 160 \text{ мм}$.

в) для входу парів кубового залишку

$$d_b = d_6 = 160 \text{ мм}$$

г) для флегми

$$d_r = \sqrt{\frac{V_r}{0,785 \times \omega_r}}$$

$$d_r = \sqrt{\frac{4,44 \times 10^{-5}}{0,785 \times 0,4}} = 0,037 \text{ м} = 37 \text{ мм}$$

приймаємо $d_r = 50 \text{ мм}$

д) для кубового залишку

$$d_d = \sqrt{\frac{V_w}{0,785 \times \omega_r}}$$

$$d_d = \sqrt{\frac{9,47 \times 10^{-4}}{0,785 \times 0,4}} = 0,045 \text{ м} = 45,3 \text{ мм}$$

приймаємо $d_d = 50 \text{ мм}$

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

2.5 Визначення гідравлічного опору апарату

Гідравлічний опір ковпачкової тарілки складається з трьох доданків

$$\Delta P = \Delta P_{\text{сух}} + \Delta P_{\text{в}} + \Delta P_{\text{пж}}, \quad (1.44)$$

де:

$\Delta P_{\text{сух}}$ - опір сухої тарілки

$\Delta P_{\text{в}}$ - опір, викликане силами поверхневого натягу

$\Delta P_{\text{пж}}$ - опір парорідинного шару.

Складові гідравлічного опору визначаємо за формулами

$$\Delta P_{\text{сух}} = \xi \times \frac{\omega_0^2 \times \rho_1}{2} \quad (1.45)$$

$$\Delta P_{\text{в}} = \frac{4\sigma}{d_3} \quad (2.36)$$

$$\Delta P_{\text{пж}} = 1,3 \times \rho_{\text{ж}} \times \left(1 + \frac{H_{\text{пр}}}{2} + \Delta h \right) \times g \quad (1.47)$$

Знаходимо значення величин, що входять в формули.

Коефіцієнт опору ξ приймаємо рівним 5

Швидкість пара в прорізах ковпачків, або в патрубках

$$\omega_0 = \frac{V_n}{F_n} = \frac{V_d}{F_d} \quad (1.48)$$

$$\omega_0 = \frac{0,291}{0,027} = 7,22 \text{ м/с}$$

Середня щільність пара

$$\rho_n = \frac{0,59 + 1,9}{2} = 1,25 \text{ кг/м}^3$$

Поверхневий натяг $\sigma = 0,059 \text{ Н/м}$

Еквівалентний діаметр прорізів ковпачка

$$d_3 = \frac{4a}{\Pi}, \quad (1.49)$$

де:

f - площа прорізу

$$f = \frac{h \times d}{2} \quad (1.50)$$

$$f = \frac{0,02 \times 0,02}{2} = 0,0004 \text{ м}^2$$

периметр прорізи: $\Pi = 3 \times 0,02 = 0,06 \text{ м}$

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

					ХІ.М.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		42

$$d_s = \frac{4 \times 0,0004}{0,06} = 0,0013 \text{ м}$$

Щільність рідини $\rho_x = 750 \text{ кг/м}^3$

Висота рівня над зливним порогом

$$\Delta h = \left(\frac{V_{ж}}{1,85 \times L_c \times k} \right)^{\frac{2}{3}}, \quad (1.51)$$

де:

$V_{ж}$ - витрата рідини (найбільший)

$$V_{ж} = \frac{G_f + G_D \times (1 + R)}{3600 \times \rho_{ж}} \quad (1.52)$$

$$V_{ж} = \frac{5257 + 1200 \times (1 + 0,56)}{3600 \times 750} = 1,76 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$$

Периметр зливу $L_c = 0.48 \text{ м}$

$$\Delta h = \left(\frac{1,76 \times 10^{-3}}{1,85 \times 0,48 \times 0,3} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,035 \text{ м}$$

Обчислюємо доданок гідравлічного опору

$$\Delta P_{сyx} = 5 \times \frac{7,22^2 \times 1,25}{2} = 163 \text{ Па}$$

$$\Delta P_B = \frac{4 \times 0,059}{0,013} = 182 \text{ Па}$$

$$\Delta P_{пж} = 1,3 \times 0,3 \times 750 \times \left(1 + \frac{0,02}{2} + 0,035 \right) \times 9,81 = 3000 \text{ Па}$$

Гідравлічний опір тарілки

$$\Delta P_T = 163 + 182 + 3000 = 3345 \text{ Па}$$

Гідравлічний опір всіх тарілок

$$\Delta P_{об} = \Delta P_T \times z = 3345 \times 20 = 69.6 \text{ кПа.}$$

Підпис і дата					
Інв. № дубл.					
Зам. інв. №					
Підпис і дата					
Інв. № підл.					
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	
<i>XI.M.00.00.00 ПЗ</i>					Арк.
					43

2.6 Розрахунок і вибір допоміжного обладнання

Розрахунок кубового кип'ятильника

Температурні умови процесу:

Кубовий залишок кипить при 98°C за рахунок теплоти конденсації пари. Згідно з завданням тиск пара $P = 3 \text{ кг/см}^2$, отже температура конденсації $t_k = 142,9^\circ\text{C}$ і середня різниця температур

$$\Delta t_{cp} = 142,9 - 98 = 44,9^\circ\text{C}$$

Теплове навантаження кип'ятильника $Q_k = 376 \text{ кВт}$

Приймаємо для розрахунку внесений куб з труб $d = 25 \times 2 \text{ мм}$ довжиною

$$l = 2000 \text{ мм.}$$

Визначення коефіцієнта теплопередачі.

Приймаємо теплову провідність забруднень з боку конденсуючого пара

$$\frac{1}{r_{загр1}} = 5000 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}},$$

а з боку кубового залишку (майже чистої води)

$$\frac{1}{r_{загр2}} = 4000 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}$$

теплопровідність стали $\lambda = 46,5 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$

Таким чином

$$\Sigma r_{ст} = r_{загр1} + r_{загр2} + r_{ст} \quad (1.53)$$

$$\Sigma r_{ст} = \frac{1}{500} + \frac{0,002}{46,5} + \frac{1}{4000} = 5 \times 10^{-4} \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}}$$

Коефіцієнт тепловіддачі з боку конденсації пари визначаємо за формулою

$$\alpha_{конд} = 2,04 \times A \times \left(\frac{r}{H \times \Delta t_1} \right)^{0,25}, \quad (1.54)$$

де:

A для води береться при температурі плівки конденсату ($t_{пл}$)

$$t_{пл} = \frac{t_{нас} + t_{cm}}{2}$$

r - теплота конденсації (при $t_{нас} = 142,9^\circ\text{C}$ $r = 2141 \times 10^3 \text{ Дж/кг}$)

$$\Delta t_1 = t_{нас} - t_{ст}$$

H - висота труб, м.

При $H = 2 \text{ м}$

$$\alpha_{конд} = 2,04 \times A \times \left(\frac{2141 \times 10^3}{2 \times \Delta t_1} \right)^{0,25} = 66 \times A \times \Delta t_1^{0,25} \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}} \right) \quad (1.55)$$

Підпис і дата										
Інв. № дубл.										
Зам. інв. №										
Підпис і дата										
Інв. № підл.										
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ХІ.М.00.00.00 ПЗ					Арк.
										44

87] Коефіцієнт тепловіддачі з боку киплячого кубового залишку [8, с.

$$\alpha_{\text{кип}} = 2,72 \times \varphi \times P^{0,4} \times q^{0,7} \quad (1.56)$$

Для води $\varphi=1$.
При $P \approx 1 \text{ кг/см}^2$

$$\alpha_{\text{кип}} = 2,72 \times q^{0,7} \text{ Вт/м}^2 \times \text{К} \quad (1.57)$$

При сталому процесі теплообміну

$$\begin{aligned} q_{\text{конд}} &= q_{\text{ст}} = q_{\text{кип}} \\ q_{\text{конд}} &= \alpha_{\text{конд}} (t_{\text{конд}} - t_{\text{ст1}}) \end{aligned} \quad (1.58)$$

$$q_{\text{ст}} = \frac{t_{\text{ст1}} - t_{\text{ст2}}}{\sum r_{\text{ст}}} \quad (1.59)$$

$$q_{\text{кип}} = \alpha_{\text{кип}} (t_{\text{ст2}} - t_{\text{кип}}) \quad (1.60)$$

В даному випадку $\alpha_{\text{конд}} = f(t_{\text{ст1}})$, а $\alpha_{\text{кип}} = f(q)$

Так як $t_{\text{ст1}}$ і q заздалегідь невідомі, то далі вважаємо методом послідовних наближень, тобто по різним значенням $t_{\text{ст}}$ знаходимо залежність $(t_{\text{ст}} - q)$. Величина $t_{\text{ст}}$ знаходиться в межах $142,9 - 98 \text{ }^\circ\text{C}$.

Розрахунок ведемо по таблиці

Будуємо графіки залежності $q_{\text{конд}}$ і $q_{\text{кип}}$ від $t_{\text{ст}}$ (рисунок 1.14)

Точки перетину прямих для $(q_{\text{конд}})$ и $(q_{\text{кип}})$ дають:

$$t_{\text{ст1}} = 136^\circ\text{C}; \quad q_{\text{ст1}} = 54000 \text{ Вт/м}^2$$

Перевірочний розрахунок при тій же температурі дає:

$$q_{\text{ст2}} = \frac{q_{\text{конд3}} + q_{\text{кип3}}}{2} = \frac{54510 + 57780}{2} = 56145 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_{\text{ст}} = \frac{q_{\text{ст1}} + q_{\text{ст2}}}{2}$$

$$q_{\text{ст}} = \frac{54000 + 56145}{2} = 55072 \text{ Вт/м}^2$$

Тоді коефіцієнт теплопередачі

$$\kappa = \frac{q_{\text{ст}}}{\Delta t_{\text{ст}}} \quad (1.61)$$

$$\kappa = \frac{55072}{44,9} = 1227 \text{ Вт/м}^2 \times \text{К}$$

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

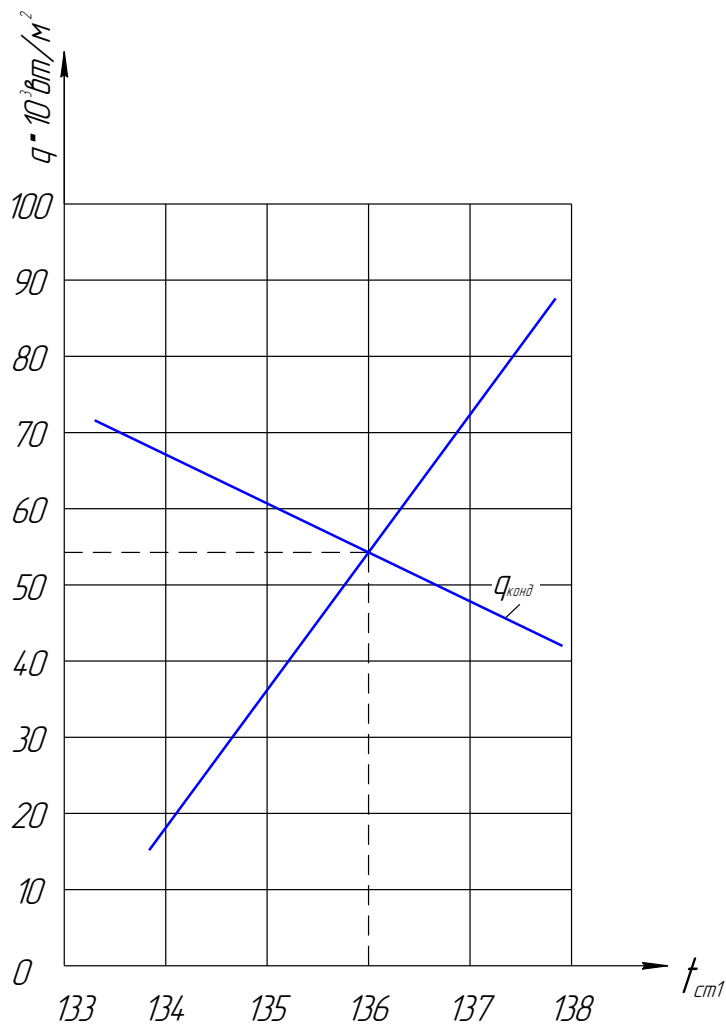


Рисунок 2.7 – визначення t_{cp1} і q_{cp} .

Необхідна поверхню теплообміну (F)

$$F = \frac{Q_k}{\kappa \times \Delta t_{cp}} = \frac{Q_k}{q_{cp}} \quad (1.62)$$

$$F = \frac{376000}{55072} = 6.8 \text{ м}^2$$

Вибираємо кожухотрубний теплообмінник з параметрами:

поверхні теплообміну $F = 8 \text{ м}^2$
 діаметр кожуха $D = 273 \text{ мм}$
 діаметр труб $d_T = 25 \times 2$
 число ходів $z = 1$
 загальне число труб $n = 37$
 довжина труб, м $l = 2,0$

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

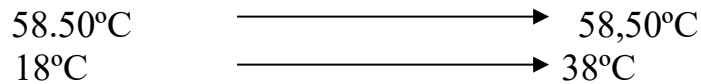
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

Розрахунок дефлегматора

У дефлегматорі конденсується $G_d = 0,37$ кг/с парів етанолу за рахунок нагрівання води на 20°C .

Приймаємо, що охолоджуюча вода нагрівається в дефлегматоре від 18 до 38°C .

В цьому випадку температурні умови процесу виражаються наступною діаграмою



$$\Delta t_n = 40,5^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_k = 20,5^\circ\text{C}$$

Відношення

$$\frac{\Delta t_n}{\Delta t_k} = \frac{40,5}{20,5} = 1,97 < 2$$

Отже

$$\Delta t_{cp} = \frac{40,5 + 20,5}{2} = 30,5^\circ\text{C}$$

Середня температура води

$$t_{cp} = \frac{38 + 18}{2} = 28^\circ\text{C}$$

$$Q_d = 291 \text{ кВт}$$

Розраховуємо, скільки труб розміром 25×2 мм буде потрібно на один хід в трубному просторі при турбулентному режимі руху води.

приймаємо критерій $Re = 20000$.

з виразів [3, с 22]

$$Re = \frac{\omega \times d \times \rho}{\mu} \tag{1.63}$$

$$\omega = \frac{G_g}{3600 \times 0,785 \times d^2 \times n \times \rho} \tag{1.64}$$

Визначаємо кількість труб (n)

$$n = \frac{G_g}{3600 \times Re \times 0,785 \times \mu \times d}$$

де:

$G_b = 8334$ кг/час береться з попередніх розрахунків

$\mu = 0,853 \times 10^{-3}$ Н·с/м² – в'язкість води при 28°C

$$n = \frac{8334}{3600 \times 20000 \times 0,785 \times 0,853 \times 10^{-3} \times 0,021} = 8$$

Підпис і дата						
Інв. № дубл.						
Зам. інв. №						
Підпис і дата						
Інв. № підл.						
						Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	<i>ХІ.М.00.00.00 ПЗ</i>	
						47

Вибираємо для розрахунку теплообмінник кожухотрубний.
Знаходимо величину критерію Рейнольдса

$$Re = \frac{\omega \times d \times \rho}{\mu} = \frac{G_6}{3600 \times 0,785 \times \mu \times d \times n};$$

$$Re = \frac{8334}{3600 \times 0,785 \times 0,853 \times 0,021 \times 10^{-3} \times 8} = 20600$$

Визначаємо коефіцієнт тепловіддачі з боку охолоджуючої води при турбулентному режимі

$$N_u = 0,021 \times Re^{0,8} \times P_r^{0,43} \times \left(\frac{P_r}{P_{2cm}} \right)^{0,25} \quad (1.65)$$

звідки

$$\alpha_6 = \frac{\lambda}{d} \times Re^{0,8} \times P_r^{0,43} \times \left(\frac{P_r}{P_{2cm}} \right)^{0,25} \times 0,021 \quad (1.66)$$

$$\alpha_6 = \frac{0,615}{0,021} \times 20600^{0,8} \times 5,8^{0,43} \times 0,021 = 3700 \text{ Bm/m}^2 \times K$$

де:

$\lambda = 0,615 \text{ Bt/m}\cdot\text{gr}$ - теплопровідність води при $t_{cp} = 28^\circ\text{C}$

P_r - критерій Прандтля для води при тій же температурі.

Значення $\left(\frac{P_r}{P_{2cm}} \right)^{0,25}$ не враховуємо.

Визначаємо коефіцієнт тепловіддачі з боку конденсуючого пара (дистиляту) [8, с. 91]

$$\alpha_{конд} = E_{cp} \times \alpha, \quad (1.67)$$

де:

α - коефіцієнт тепловіддачі для одиночної горизонтальної труби

E_{cp} - усереднений коефіцієнт для пучка труб

Для одиночної горизонтальної труби

$$\alpha = 2,02 \times \lambda \times \sqrt[3]{\frac{\rho^2 \times l}{\mu \times G_d}}, \quad (1.68)$$

де:

λ - теплопровідність конденсату,

ρ - щільність конденсату, $\rho_x = 750 \text{ кг/м}^3$,

μ - в'язкість конденсату,

l - довжина горизонтальної труби, м

приймаємо $l = 1,5 \text{ м}$

G_d - витрата конденсуючого дистиляту

$$G_d = 0,17 \text{ кг/с}$$

Підпис і дата					
Інв. № дубл.					
Зам. інв. №					
Підпис і дата					
Інв. № підл.					
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	
<i>XI.M.00.00.00 ПЗ</i>					Арк.
					48

Значення λ , ρ , μ треба брати при температурі плівки конденсату

$$t_{пл} = \frac{t_{конд} + t_{ст1}}{2},$$

де:

$t_{ст1}$ - температура стінки з боку конденсуючого пара.

В цьому випадку

$$\alpha = 2,02 \times \lambda \times \sqrt[3]{\frac{750^2 \times 1,5}{\mu \times 0,37}} = 266 \sqrt[3]{\frac{\lambda^3}{\mu}} \text{ Bm}/\text{m}^2 \times \text{K} \quad (1.69)$$

Опір стінки і забруднень

$$\sum r_{ст} = r_{загр} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + r_{загр2}, \quad (1.70)$$

де:

$\delta_{ст}$ - товщина стінки труби, що дорівнює 0,004м

$\lambda_{ст}$ - теплопровідність сталевий стінки, що дорівнює 46,5 Вт/м·К [3, с]

$r_{загр1}$ і $r_{загр2}$ - прийняті опори забруднень з боку пара і води

$$\sum r_{ст} = \frac{1}{10000} + \frac{0,004}{46,5} + \frac{1}{2000} = 6,86 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \times \text{K}/\text{Bm}$$

Визначення питомого теплового навантаження [8, с]

При сталому тепловому потоці

$$Q = q_{конд} = q_{ст} = q_{в}, \quad (1.71)$$

т.е.

$$\alpha_{конд} \times (t_{конд} - t_{ст}) = \sum r_{ст} \times (t_{ст1} - t_{ст2}) = \alpha_в \times (t_{ст2} - t_в), \quad (1.72)$$

де:

$t_{ст1}$ - температура стінки з боку пара,

$t_{ст2}$ - температура стінки з боку води.

Так як $t_{ст1}$ і $t_{ст2}$ заздалегідь невідомі, то $t_{ст1}$ або $t_{ст2}$ визначаємо (q) методом послідовних наближень.

Перший розрахунок проводимо при

$$t_{ст1} = 0,5 \times \left(\frac{t_{н1} + t_{к1}}{2} + \frac{t_{н2} + t_{к2}}{2} \right), \quad (1.73)$$

де:

$t_{н1}$, $t_{н2}$ - початкові температури теплоносіїв,

$t_{к1}$, $t_{к2}$ - кінцеві температури теплоносіїв.

$$t_{ст1} = 0,5 \times \left(\frac{18 + 38}{2} + \frac{58,5 + 58,5}{2} \right) = 43^\circ\text{C}$$

$$t_{пл} = 0,5 \times (t_{конд} + t_{ст1}) = 0,5 \times (58,5 + 43) = 51^\circ\text{C}$$

При цій температурі ($t_{пл} = 51^\circ\text{C}$)

Підпис і дата						
	Інв. № дубл.					
		Зам. інв. №				
Підпис і дата						
	Інв. № підл.					
XI.M.00.00.00 ПЗ						
Арк. 49						
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$\alpha_{\text{конд}} = 266 \sqrt[3]{\frac{\lambda^3}{\mu}} = 266 \sqrt[3]{\frac{0,163^3}{0,25 \times 10^{-3}}} = 688 \text{ Вт/м}^2 \times \text{К},$$

де:

μ - по монограмі ([3, с. 596] рисунок V) при $t=51^\circ\text{C}$, ($\text{Н}\cdot\text{с}/\text{м}^2$);

λ - по монограмі ([3, с. 601] рисунок X) для етанолу

$$0,14 \times 1,163 = 0,163 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$$

$$\Delta t_1 = t_{\text{конд}} - t_{\text{ст1}} = 58,5 - 43 = 15,5\text{К}$$

$$q_{\text{конд}} = \alpha_{\text{конд}} \times \Delta t_1 = 688 \times 15,5 = 10670 \text{ Вт/м}^2$$

$$\Delta t_{\text{ст}} = q_{\text{конд}} \times \sum r_{\text{ст}} = 10670 \times 6,86 \times 10^{-4} = 7,3^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{ст2}} = t_{\text{ст1}} - \Delta t_{\text{ст}} = 43 - 7,5 = 35,7^\circ\text{C}$$

$$\alpha_{\text{в}} = 3700 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$\Delta t_2 = t_{\text{ст2}} - t_{\text{в ср}} = 35,7 - 28 = 7,7\text{К}$$

$$q_{\text{в}} = \alpha_{\text{в}} \times \Delta t_2 = 3700 \times 7,7 = 28490 \text{ Вт/м}^2$$

Так як $q_{\text{конд}}$ менше $q_{\text{в}}$, другий розрахунок проводимо при $t_{\text{ст1}} < 43^\circ\text{C}$ приймаємо $t_{\text{ст1}} = 40^\circ\text{C}$

Згідно другого розрахунку $q_{\text{конд}} = 13000 \text{ Вт/м}^2$, $q_{\text{в}} = 11470 \text{ Вт/м}^2$
отже

$$q_{\text{сп}} = \frac{13000 + 11470}{2} = 12235 \text{ Вт/м}^2$$

Необхідна поверхню теплообміну

$$F = \frac{Q_{\text{д}}}{q_{\text{сп}}} \quad (1.74)$$

$$F = \frac{291000}{12235} = 23,8 \text{ м}^2$$

коефіцієнт теплопередачі

$$\kappa = \frac{q_{\text{сп}}}{\Delta t_{\text{сп}}} \quad (1.75)$$

$$\kappa = \frac{12235}{30,5} = 401 \text{ Вт/м}^2 \times \text{К}$$

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

Вибираємо кожухотрубний холодильник з наступною характеристикою:
 Діаметр теплообмінних труб, мм – 25 x 2
 Число ходів – 1
 Діаметр кожуха, мм – 400
 Число труб в апараті – 111
 Поверхня теплообміну, м² – 24

Розрахунок підігрівача вихідної суміші

У підігрівачі вихідна суміш з витратою $F=55,75 \times 10^{-3}$ кмоль/с нагрівається від температури 15°C до температури кипіння вихідної суміші $t_k=68,5^\circ\text{C}$ за рахунок теплоти конденсації пари. Температура конденсації дорівнює 119,6°C (при P=2ата)

119,6 _____ Пар _____ 119,6

15 _____ Вихідна суміш _____ 68,5

$$\Delta t_H = 104,6$$

$$\Delta t_K = 51,1$$

отже

$$\frac{\Delta t_H}{\Delta t_K} = \frac{104,6}{51,5} = 2,05$$

$$\Delta t_{CP} = \frac{104,6 \times 51,5}{\ln \frac{104,6}{51,1}} = 74,7\text{K}$$

і середня температура суміші

$$t_{cp} = 119,6 - 74,7 = 44,9\text{K}$$

Теплове навантаження підігрівача

$$Q_H = F \times i_f = 55,75 \times 10^{-3} \text{ кмоль/с} \times 3325 \text{ кДж/кмоль} = 184,4 \text{ кВт}$$

Визначення коефіцієнта теплопередачі. Приймають теплову провідність забруднень з боку конденсується пара

$$\frac{1}{r_{загр1}} = 5000 \text{ вт}/(\text{м}^2 \times \text{K}),$$

а з боку кубового залишку (майже чистої води)

$$\frac{1}{r_{загр2}} = 4000 \text{ вт}/(\text{м}^2 \times \text{K}).$$

теплопровідність сталі $\lambda=46,5 \text{ вт}/(\text{м} \cdot \text{K})$.

Таким чином [8, с]

$$\sum r_{cm} = r_{загр1} + r_{cm} + r_{загр2} = \frac{1}{500} + \frac{0,0025}{46,5} + \frac{1}{4000} = 5 \times 10^{-4} \text{ м}^2 \times \text{K}/\text{вт}.$$

Коефіцієнт тепловіддачі з боку конденсується пара визначають за формулою

Підпис і дата						Арк. 51
№ дубл.						XI.M.00.00.00 ПЗ
Зам. №						51
Підпис і дата						Арк. 51
№ підл.						XI.M.00.00.00 ПЗ
	Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	

$$a_{\text{конд}} = 2,04 \times A \times \left(\frac{r}{H\Delta t_1} \right)^{0,25} \text{ вт}/(\text{м}^2 \times \text{К}), \quad (1.76)$$

де:

А для води береться при температурі $t_{\text{пл}} = \frac{t_{\text{нас}} + t_{\text{ст}}}{2}$,

r – теплота конденсації (при $t_{\text{нас}}=119,6^\circ\text{C}$ $r=2208 \times 10^3$ Дж/кг),

$\Delta t_1 = t_{\text{нас}} - t_{\text{ст1}}$,

H – висота труб, м.

При $H = 2$ м

$$a_{\text{конд}} = 2,04 \times A \times \left(\frac{2208 \times 10^3}{2\Delta t_1} \right)^{0,25} = 66 \times A \times \Delta t_1^{-0,25} \text{ вт}/(\text{м}^2 \times \text{К}). \quad (1.77)$$

Коефіцієнт тепловіддачі з боку киплячої вихідної суміші визначають за формулою:

$$a_{\text{кип}} = 2,72 \times \varphi \times \rho^{0,4} \times q^{0,7} \text{ вт}/(\text{м}^2 \times \text{К}). \quad (1.78)$$

Для суміші $\varphi = 0,5$.

При $p \approx 1$ ат $a_{\text{кип}} = 1,36 \times q^{0,7}$ вт/(м²•К).

При сталому процесі теплообміну

$$q_{\text{конд}} = q_{\text{ст}} = q_{\text{кип}}, \quad (1.79) \text{ де}$$

$$q_{\text{конд}} = a_{\text{конд}} (t_{\text{конд}} - t_{\text{ст1}}),$$

$$q_{\text{ст}} = \frac{t_{\text{ст1}} - t_{\text{ст2}}}{\sum r_{\text{ст}}},$$

$$q_{\text{кип}} = a_{\text{кип}} (t_{\text{ст2}} - t_{\text{кип}}). \quad (1.80)$$

В даному випадку $a_{\text{конд}} = f(t_{\text{ст1}})$, а $a_{\text{кип}} = f(q)$. Так як $t_{\text{ст1}}$ і q заздалегідь не відомі, то далі розраховують методом послідовних наближень, тобто за різними заданим значенням $t_{\text{ст}} - q$. Величина $t_{\text{ст}}$ повинна знаходитися в межах $119,6 - 68,5^\circ\text{C}$.

Будую графіки залежності $q_{\text{конд}}$ і $q_{\text{кип}}$ від $t_{\text{ст}}$.

Підпис і дата					
	Інв. № дубл.				
		Зам. інв. №			
	Підпис і дата				
Інв. № підл.					
	ХІ.М.00.00.00 ПЗ				
	Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
					Арк. 52

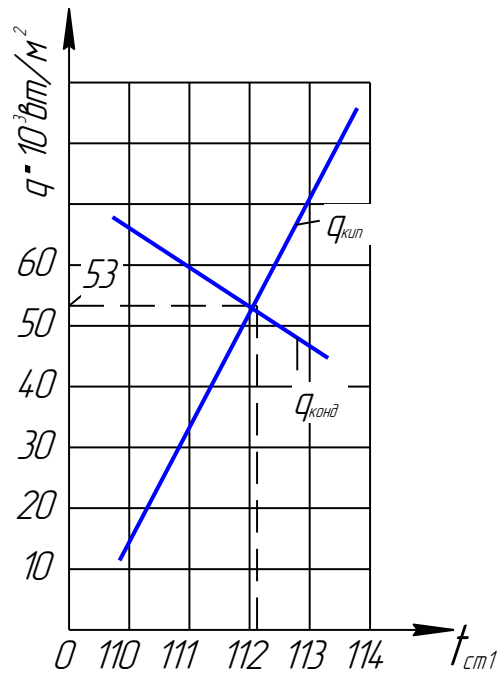


Рисунок 2.8 – визначення $t_{ст1}$ і $q_{ср}$

Точка перетину прямих для $q_{конт}$ і $q_{кип}$ при $t_{ст1}$ дає $q_{ср1}=53000\text{Вт/м}^2$. Перевірочний розрахунок при тій же температурі дає

$$q_{ср2} = \frac{q_{конт} + q_{кип}}{2} = \frac{54000 + 54700}{2} = 54350\text{Вт/м}^2$$

Приймаємо для розрахунку

$$q_{ср} = \frac{q_{ср1} + q_{ср2}}{2} = \frac{53000 + 54350}{2} = 53685\text{Вт/м}^2$$

Тоді коефіцієнт теплопередачі

$$K = \frac{q_{ср}}{\Delta t_{ср}} = \frac{53685}{74,7} = 719\text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Необхідна поверхню теплообміну

$$F = \frac{Q}{K \times \Delta t_{ср}} = \frac{Q}{q_{ср}} = \frac{185400}{53685} = 3,45\text{м}^2$$

Згідно з проведеними розрахунками, розміри підігрівача наступні:

поверхню теплообміну	3,5м ² ;
зовнішній діаметр корпусу	159мм;
діаметр трубок	20 x 2мм;
довжина трубок	2000мм;
кількість трубок	19шт.

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

3. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Вибір конструкційних матеріалів

Вибір конструкційного матеріалу, який визначається умовою експлуатації проєктованого елемента, вузла або апарата (температура, тиск, величина навантаження, характер агресивного впливу середовища, вимоги до якості, що переробляється продукту і т. д.), Слід виконувати так, щоб при низькій вартості і не дефіцитності матеріалу забезпечувати ефективну технологію виготовлення елемента (вироби).

Для забезпечення умов роботи апарату в суміші етанол-вода прийнята корозійностойкая сталь Х18Н10Т ГОСТ 5632-80. Швидкість корозії її менше 0,1 мм / рік, коефіцієнт теплопровідності і $\lambda_{ст} = 25,1 \text{Вт/м}\cdot\text{К}$.

Сталь характеризується гарною корозійною стійкістю в середовищі, рекомендується застосовувати в температурному інтервалі -256°C до $+525^\circ \text{C}$ для корпусних елементів, до 600°C - для внутрішніх пристроїв без обмеження тиску. Сталь технологічна, добре зварюється, добре деформується в холодному і гарячому стані, добре обробляється всіма видами різання, характеризується задовільними лінійними властивостями. Хімічний склад і механічні властивості представлені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 Хімічний склад і механічні властивості сталі 12Х18Н10Т

C, %	Mn , %	Si , %	Cr , %	Ni , %	Cu , %	Ti , %	S, %	P, %	E·10 ⁵ , МПа	$\sigma_{т}$, МПа	$\sigma_{в}$, МПа	δ , %
0,1 2	2,0	0, 8	17 - 18	2- 11	0, 3	0, 8	0,0 2	0,03 5	2,1	216	530	4 0

До недоліків цієї сталі слід віднести те, що з-за великої в'язкості вона гірше піддається механічній обробці. Однак, з огляду на, що механічна обробка конструктивних елементів апарату здійснюється тільки за місцем стику зварюваних елементів конструкції, то цей фактор не має істотного впливу в цілому на вартість виготовлення апарату.

Для прокладок вибираємо пароніт ГОСТ 481 - 88, що характеризується гранично-допустимими робочими параметрами середовища $t_c = 150^\circ\text{C}$, $P_p = 2,5 \text{МПа}$

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

3.2 Розрахунки на міцність, стійкість, герметичність

Розрахункова температура

Розрахункова температура [9, с. 9]

$$t = \max(t_c; 20^\circ\text{C}) \quad (2.1)$$

$$t = \max(t_c = 68^\circ\text{C}; 20^\circ\text{C}) = 68^\circ\text{C},$$

де: t_c – максимально можлива температура середовища в апараті, взята температурі середовища в апараті, згідно із завданням, $^\circ\text{C}$.

Розрахунковий тиск [9, с. 8]

$$P_1 = P_a + P_r, \quad (2.2)$$

де: P_a – робочий надлишковий тиск в апараті, МПа;

P_r – гідростатичний тиск середовища, МПа.

Якщо $(P_r/P_a)/100\% < 5\%$, то $P_1 = P_a$

$$P_r = \rho_c^a g \cdot H \cdot 10^{-6} \quad (2.3)$$

$$P_r = 1000 \cdot 9,81 \cdot 10 \cdot 10^{-6} = 0,0981 \text{ МПа},$$

де: ρ_c^a – щільність середовища в корпусі апарату, $\text{кг}/\text{м}^3$;

g – прискорення вільного падіння, $\text{м}/\text{с}^2$,

H – висота стовпа рідини, м;

$$H = H_{\text{ж}} = 10$$

$$(P_r/P_a)100\% = (0,091/0,11) \cdot 100 = 89,18\%, \text{ що більше } 5\%$$

$$P_1 = 0,11 + 0,0981 \approx 0,208 \text{ МПа}$$

Допустимі напруги

Напруга, що допускається для матеріалу корпусу (сталь Х18Н10Т) при 20°C і розрахункової температури відповідно [9, с. 11]:

$$[\sigma]_{20} = 160 \text{ МПа};$$

$$[\sigma] = 152 \text{ МПа}$$

Розрахункове значення межі текучості для сталі 12Х18Н10Т при 20°C [9, с. 282]:

$$\sigma_{m20} = 240 \text{ МПа}$$

Напруга, що допускається в умовах гідравлічних випробувань визначається за формулою

$$[\sigma]_{\text{н}} = \sigma_{m20}/1,1 \quad (2.4)$$

$$[\sigma]_{\text{н}} = 240/1,1 = 218 \text{ МПа.}$$

Пробний тиск при гідровипробуванні

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

Пробний тиск при гідровипробуванні корпусу:

$$p_{\text{пр}}^k = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,5p[\sigma]_{20} / [\sigma] \\ 0,2 \end{array} \right\} \quad (2.5)$$

$$p_{\text{пр}}^k = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,5 \cdot 0,208 \cdot 160 / 152 = 0,328 \text{ МПа} \\ 0,2 \text{ МПа} \end{array} \right\} = 0,328 \text{ МПа}$$

Розрахункове значення модуля поздовжньої пружності

Модуль поздовжньої пружності для матеріалу корпусу і сорочки (сталь 12Х18Н10Т) при 20°C і розрахунковій температурі відповідно [9, с. 282]:
 $E_{20} = 2,0 \cdot 10^5 \text{ МПа}; \quad E = 2,0 \cdot 10^5 \text{ МПа}.$

Надбавка до розрахункових товщинам конструктивних елементів

Надбавка до розрахункових товщинам слід визначати за формулою [9, с. 80]:

$$c = c_1 + c_2 + c_3 \quad (2.6)$$

де: c_1 – прибавка для компенсації корозії та ерозії, мм;
 c_2 – прибавка для компенсації мінусового допуску, мм;
 c_3 – прибавка технологічна, мм.

Прибавки c_2 і c_3 приймаємо рівними нулю.

Надбавку для компенсації корозії (ерозію не враховуємо) визначаємо за формулою:

$$c_1 = \Pi \cdot \tau \quad (2.7)$$

$$c_1 = 0,09 \cdot 12 = 1,08 \text{ мм},$$

де: Π – проникність матеріалу, згідно завдання, мм/год,
 τ – термін служби апарату, згідно завдання на проектування, лет.

$$C = 1,08 + 0 + 0 = 1,08 \text{ мм}.$$

3.7 Коефіцієнт міцності зварних швів

Коефіцієнт міцності зварних швів $\phi = 0,65$ - для стикового, виконаної вручну з одного боку при контролі швів по довжині до 50% [9, с. 10].

Підпис і дата № дубл. Зам. № Підпис і дата № підл.					XI.M.00.00.00 ПЗ	Арк.	
						56	
	Зм.	Арк.	№ документа	Підпис		Дата	

3.2.1 Розрахунок товщини стінки корпусу

Розрахункова (номінальна) товщина стінки обичайки корпусу визначається по формулі [9, с. 18]:

$$s_p^p = \max \left\{ \begin{array}{l} p_1 D / (2\varphi[\sigma] - p_1) \\ p_{np}^k D / (2\varphi[\sigma]_{нi} - p_{np}^k) \end{array} \right\} \quad (2.8)$$

$$s_p^p = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,208 \cdot 600 / (2 \cdot 0,65 \cdot 152 - 0,208) = 0,63 \text{ мм} \\ 0,328 \cdot 600 / (2 \cdot 0,65 \cdot 218 - 0,328) = 0,695 \text{ мм} \end{array} \right\} = 0,695 \text{ мм}$$

де: D – внутрішній діаметр обичайки корпусу, мм.

Виконавчу товщину стінки обичайки корпусу визначаємо за формулою [9, с. 18]:

$$s \geq s_p + 2c \quad (2.9)$$

$$s \geq 0,695 + 2 \cdot 1,08 = 2,855 \text{ мм.}$$

Приймаємо виконавчу товщину стінки обичайки корпусу рівній:

$$s = 4 \text{ мм.}$$

Перевіряємо умову застосовності формул безмоментної теорії [9, с. 19]:

$$(s-2c)/D \leq 0,1 \quad (2.10)$$

$$(4-2 \cdot 1,08)/600 = 0,0047,$$

що менше 0,1 - умова застосовності формул виконано.

3.2.2 Розрахунок товщини стінки еліптичного днища (кришки) корпусу

Згідно завдання, днище корпусу виготовлено зі сталі 12Х18Н10Т. Приймаємо стандартне еліптичне днище по ГОСТ 6533-78 з висотою $H = 0,25D$, для якого розрахунковий параметр $R = D = 600 \text{ мм}$. Конструкція еліптичного днища представлена на рис. 3.1

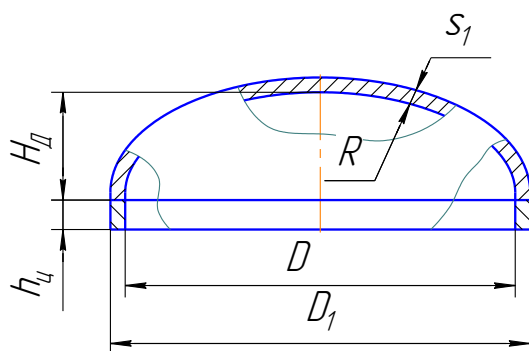


Рисунок 3.1– Конструкція еліптичного днища (кришки)

Розрахункова товщина еліптичного днища (кришки), навантаженого внутрішнім надлишковим тиском, визначається за формулою:

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

$$s_{1p} = \max \left\{ \begin{array}{l} p_1 R / (2\varphi[\sigma] - 0,5p_1) \\ p_{np}^k R / (2\varphi[\sigma]_{н} - 0,5p_{np}^k) \end{array} \right\} \quad (2.11)$$

$$s_{1p} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,208 \cdot 600 / (2 \cdot 0,65 \cdot 152 - 0,5 \cdot 0,208) = 0,633 \text{ мм} \\ 0,328 \cdot 600 / (2 \cdot 0,65 \cdot 218 - 0,5 \cdot 0,328) = 0,695 \text{ мм} \end{array} \right\} = 0,695 \text{ мм}$$

Виконавчу товщину стінки днища (кришки) корпусу реактора визначимо за формулою:

$$s_1 \geq s_{1p} + 2c \quad (2.12)$$

$$s_1 \geq 0,695 + 2 \cdot 1,08 = 2,855 \text{ мм.}$$

Приймаємо виконавчу товщину стінки днища (кришки) корпусу реактора рівній:

$$s_1 = 4 \text{ мм.}$$

Перевіряємо умови застосовності формул [9, с. 20]:

$$0,002 \leq (s_1 - 2c) / D \leq 0,10; \quad (2.13)$$

$$0,2 \leq H/D \leq 0,5; \quad (2.14)$$

$0,002 < [(s_1 - 2c) / D = (5 - 2 \cdot 1,08) / 600 = 0,0047] < 0,10$ – умова виконана;

$0,2 < [H/D = 0,25 \cdot 600 / 600 = 0,25] < 0,5$ – умова виконана.

Визначення допустимих тисків

Допустимий тиск для обичайки корпусу

Допустиме внутрішній тиск для обичайки корпусу з $s = 4$ мм визначається за формулою:

- в робочих умовах [9, с. 19]

$$[p] = \frac{2[\sigma]\varphi(s - 2c)}{D + (s - 2c)} \quad (2.15)$$

$$[p] = \frac{2 \cdot 152 \cdot 0,65(5 - 2 \cdot 1,08)}{600 + (5 - 2 \cdot 1,08)} = 0,93 \text{ МПа;}$$

- в умовах гідравлічних випробувань [9, с. 19]

$$[p]_{н} = \frac{2[\sigma]_{н}\varphi(s - 2c)}{D + (s - 2c)} \quad (2.16)$$

$$[p]_{н} = \frac{2 \cdot 218 \cdot 0,65(5 - 2 \cdot 1,08)}{600 + (5 - 2 \cdot 1,08)} = 1,335 \text{ МПа;}$$

Допустимий тиск для днища (кришки) корпусу

Визначаємо допустимий тиск, для еліптичного днища (кришки) корпусу в робочих умовах і в умовах гідровипробувань відповідно:

$$[p]_l = \frac{2(s_1 - 2c)\varphi \cdot [\sigma]}{R + 0,5(s_1 - c)} \quad (2.17)$$

$$[p]_l = \frac{2(5 - 2 \cdot 1,08) \cdot 0,65 \cdot 152}{600 + 0,5(4 - 2 \cdot 1,08)} = 0,933 \text{ МПа;}$$

Підпис і дата						Арк.
Інв. № дубл.						58
Зам. інв. №						XI.M.00.00.00 ПЗ
Підпис і дата						Арк.
Інв. № підл.						58
	Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	

$$[p]_{ли} = \frac{2(s_1 - 2c) \varphi \cdot [\sigma]_{ли}}{R + 0,5(s_1 - c)} \quad (2.18)$$

$$[p]_{ли} = \frac{2(5 - 2 \cdot 1,08) \cdot 0,65 \cdot 218}{600 + 0,5(5 - 2 \cdot 1,08)} = 1,339 \text{ МПа};$$

3.2.3 Розрахунок зміцнення стінок в зоні отворів

Як показують експерименти, максимальні напруги швидко зменшуються в міру віддалення від краю отвору, т. Е. Приріст напружень носить локальний характер. Таким чином, при проектуванні апаратури необхідно вирішувати задачу про зниження підвищених напруг в області отворів до допустимих значень за рахунок компенсації ослаблення, викликаного наявністю вирізу.

Компенсація ослаблення може здійснюватися двома способами:

- 1) збільшенням товщини стінки всієї оболонки виходячи з максимальних напружень біля краю отвору і
- 2) зміцненням краю отвору додатковим матеріалом, що вводиться по можливості ближче до місця розподілу максимальних напружень. Перший спосіб застосовується дуже рідко і не може бути визнаний раціональним, т. К. Область підвищення напружень незначна.

Зміцнення отворів циліндричної обичайки корпусу

Визначаємо розрахунковий діаметр одиночного отвори не потребує зміцнення:

$$d_0 = 2 \left(\frac{s-c}{s_p} - 0,8 \right) \sqrt{D_p(s-c)} \quad (2.19)$$

$$d_0 = 2 \left(\frac{5-1,08}{0,63} - 0,8 \right) \sqrt{600(5-1,08)} = 263 \text{ мм}$$

Так як діаметр штуцера входу пари, що гріє (штуцер Д) D_y 200мм, то зміцнення отвори не потрібно.

Зміцнення отворів еліптичного днища сорочки [9, с. 76]

Визначаємо розрахунковий діаметр одиночного отвори не потребує зміцнення:

$$d_0 = 2 \left(\frac{s-c}{s_p} - 0,8 \right) \sqrt{D_p(s-c)} \quad (2.20)$$

$$d_0 = 2 \left(\frac{4-1,08}{1,55} - 0,8 \right) \sqrt{1697(4-1,08)} = 153 \text{ мм},$$

Підпис і дата									
Інв. № дубл.									
Зам. інв. №									
Підпис і дата									
Інв. № підл.									
									Арк.
									59
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	<i>ХІ.М.00.00.00 ПЗ</i>				

Так як діаметр штуцера нижнього спуску (Л) $D_y = 50\text{мм}$, то зміцнення не потрібно.

Зміцнення отворів еліптичної кришки (днища) корпусу

Визначаємо розрахунковий діаметр одиночного отвори не потребує зміцнення

-для штуцера Г (вихід парів дистилляту)

$$d_0 = 2 \left(\frac{s-c}{s_p} - 0,8 \right) \sqrt{D_p(s-c)} \quad (2.21)$$

де: D_p – розрахунковий діаметр зміцнює елемента.

Для еліптичного днища при $H = 0,25D$:

$$D_p = 2D \sqrt{1 - 3 \left(\frac{x}{D} \right)^2} \quad (2.22)$$

$$D_p = 2 \cdot 600 \sqrt{1 - 3 \left(\frac{0}{1000} \right)^2} = 1200\text{мм},$$

де: x – відстань від центру зміцнює отвору до осі еліптичного днища, мм.

$$d_0 = 2 \left(\frac{5-1,08}{0,695} - 0,8 \right) \sqrt{1200(5-1,08)} = 331,94\text{мм}$$

Так як діаметр штуцера Г $D_y = 200\text{мм}$, то зміцнення отвори не потрібно.

Інв. № підл.	Підпис і дата	Інв. № дубл.	Зам. інв. №						XI.M.00.00.00 ПЗ	Арк.
										60
				Підпис і дата						
				Зам. інв. №	Інв. № дубл.	Підпис і дата	Зам. інв. №	Інв. № дубл.		Підпис і дата

3.2.4 Розрахунок фланцевого з'єднання

Перевірочний розрахунок фланцевого з'єднання [10, с. 31, 11, с. 259]

Ставлення більшої товщини втулки до меншої [10, с.31]:

$$\beta = 1 \quad (2.23)$$

Середній діаметр прокладки

$$D_{с.п.} = D_{п.} - b \quad (2.24)$$

$$D_{с.п.} = 0,64 - 0,02 = 0,62 \text{ мм.}$$

Ефективна ширина прокладки при $b > 0,015 \text{ м}$:

$$b_E = 0,06 \cdot b^{0,5} \quad (2.25)$$

$$b_E = 0,06 \cdot 0,02^{0,5} = 0,0085 \text{ м.}$$

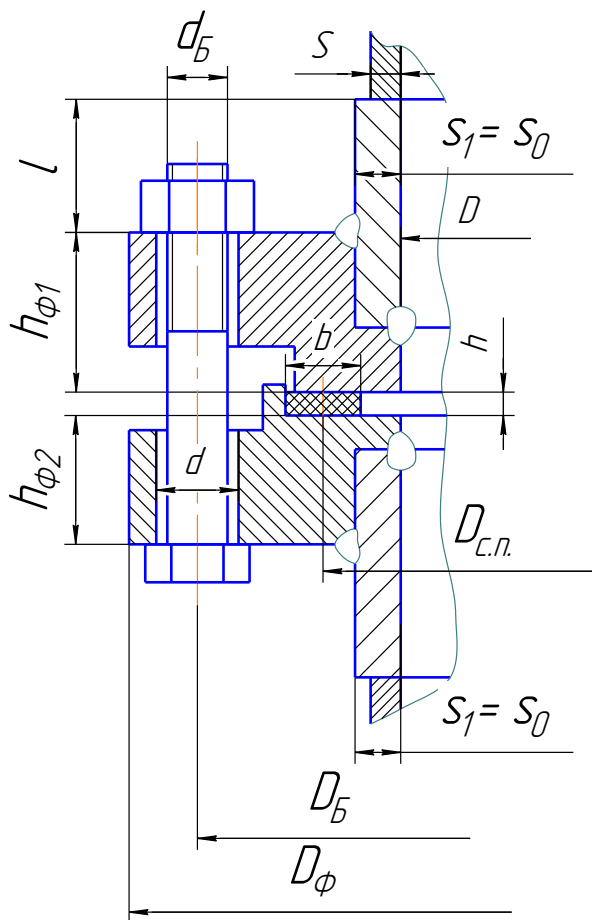


Рисунок 3.2 – Схема фланцевого з'єднання

Схема дії навантажень на фланець в робочих умовах представлена на рисунку 3.3.

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

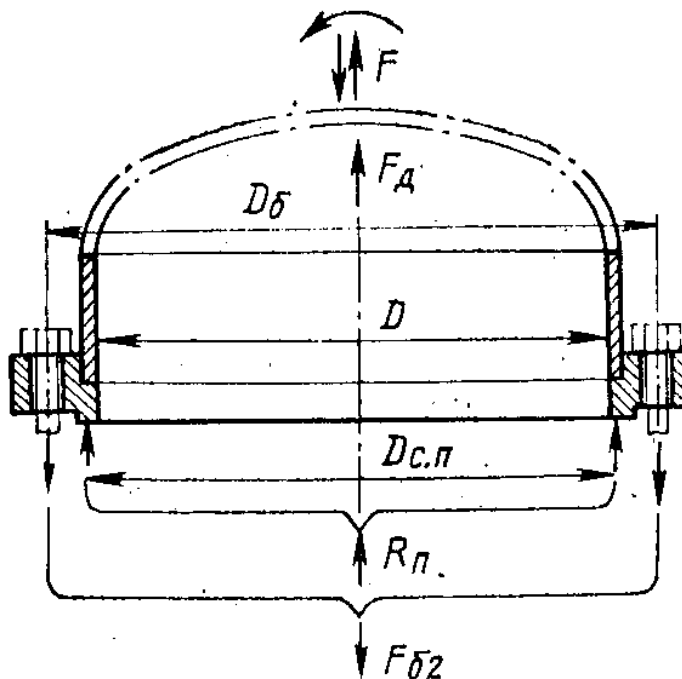


Рисунок 3.3 – Схема дії навантажень на фланець в робочих умовах

F – зовнішня осьова розтягуються (+) або стискаючий (-) сила;

M - зовнішній згинальний момент;

F_d – рівнодіюча внутрішнього тиску;

$R_{п}$ – реакція прокладки.

Конструктивний коефіцієнт для фланця:

$$K_{\phi} = D_{\phi}/D$$

(2.26)

$$K_{\phi} = 720/600 = 1,2$$

Конструктивні коефіцієнти для фланців:

$$\lambda_{\phi 1} = h_{\phi 1} / \sqrt{DS_0}$$

(2.27)

$$\lambda_{\phi 1} = 0,03 / \sqrt{0,6 \cdot 0,008} = 0,434$$

$$\lambda_{\phi 2} = h_{\phi 2} / \sqrt{DS_0}$$

(2.28)

$$\lambda_{\phi 2} = 0,025 / \sqrt{0,6 \cdot 0,008} = 0,362$$

Поправочний коефіцієнт [11, с.265]:

$$\Psi_{1\phi} = 1,28 \cdot \lg K_{\phi}$$

(2.29)

$$\Psi_{1\phi} = 1,28 \cdot \lg 1,2 = 0,101$$

Поправочний коефіцієнт:

$$\Psi_{2\phi} = (K_{\phi} + 1) / (K_{\phi} - 1)$$

(2.30)

$$\Psi_{2\phi} = (1,2 + 1) / (1,2 - 1) = 11$$

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

Поправочний коефіцієнт для перетину S_0 для плоских приварних фланців

$$\Psi_{3\phi} = 1,0$$

Геометричні параметри фланців [11, с. 265]:

$$j_{\phi 1} = h_{\phi 1} / S_0 \quad (2.31)$$

$$j_{\phi 1} = 0,03 / 0,008 = 3,75$$

$$j_{\phi 2} = h_{\phi 2} / S_0 \quad (2.32)$$

$$j_{\phi 2} = 0,025 / 0,008 = 3,13$$

Безрозмірний параметр фланців [11, с. 269]:

$$T_{\phi} = \frac{K_{\phi}^2 (1 + 8,55 / g K_{\phi}) - 1}{(1,05 + 1,945 K_{\phi}^2) (K_{\phi} - 1)} \quad (2.33)$$

$$T_{\phi} = \frac{1,20^2 (1 + 8,55 / g 1,20) - 1}{(1,05 + 1,945 \cdot 1,20^2) (1,20 - 1)} = 1,8371$$

Безрозмірні параметри [11, с. 266]:

$$\omega_{\phi 1} = [1 + 0,9 \lambda_{\phi 1} (1 + \psi_{1\phi} j_{\phi 1}^2)]^{-1} \quad (3.34)$$

$$\omega_{\phi 1} = [1 + 0,9 \cdot 0,434 (1 + 0,101 \cdot 3,75^2)]^{-1} = 0,514$$

$$\omega_{\phi 2} = [1 + 0,9 \lambda_{\phi 2} (1 + \psi_{2\phi} j_{\phi 2}^2)]^{-1} \quad (3.35)$$

$$\omega_{\phi 2} = [1 + 0,9 \cdot 0,362 (1 + 11 \cdot 3,13^2)]^{-1} = 0,0274$$

Кутова податливість фланців [11, с. 269]

$$y_{\phi 1} = \frac{[1 - \omega_{\phi 1} (1 + 0,9 \lambda_{\phi 1})] \cdot \psi_{2\phi}}{h_{\phi 1}^3 \cdot E_{\phi 1}^t} \quad (2.36)$$

$$y_{\phi 1} = \frac{[1 - 0,514 (1 + 0,9 \cdot 0,434)] \cdot 11}{0,03^3 \cdot 2,0 \cdot 10^5} = 0,581 \frac{1}{\text{МН} \cdot \text{м}}$$

$$y_{\phi 2} = \frac{[1 - \omega_{\phi 2} (1 + 0,9 \lambda_{\phi 2})] \cdot \psi_{2\phi}}{h_{\phi 2}^3 \cdot E_{\phi 2}^t} \quad (2.37)$$

$$y_{\phi 2} = \frac{[1 - 0,0274 (1 + 0,9 \cdot 0,362)] \cdot 11}{0,025^3 \cdot 2,0 \cdot 10^5} = 3,39 \frac{1}{\text{МН} \cdot \text{м}}$$

Розрахункова довжина болтів [11, с. 270]

$$L_B = h_{\phi 1} + h_{\phi 2} + h + 0,28 d_B \quad (2.38)$$

$$L_B = 0,03 + 0,025 + 0,002 + 0,28 \cdot 0,02 = 0,0606 \text{ м.}$$

Лінійна піддатливість прокладки [11, с. 270]:

Підпис і дата	Інв. № дубл.	Зам. інв. №				Арк.
Підпис і дата	Інв. № підл.				63	
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ХІ.М.00.00.00 ПЗ	

$$y_{\pi} = \frac{2h}{\pi D_{с.п.} b E_{\pi}}$$

$$y_{\pi} = \frac{2 \cdot 0,002}{3,14 \cdot 0,62 \cdot 0,020 \cdot 2000} = 5,14 \cdot 10^{-5} \frac{\text{М}}{\text{МН}}$$
(2.39)

Площа поперечного перерізу болта (шпильки) [11, с. 268]:

$$f_{\text{Б}} = 0,785 d_0^2$$

$$f_{\text{Б}} = 0,7850 \cdot 0,0173^2 = 2,351 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$
(2.40)

Лінійна піддатливість болтів [11, с. 270]:

$$y_{\text{Б}} = \frac{L_{\text{Б}}}{E_{\text{Б}} f_{\text{Б}} Z_{\text{Б}}}$$

$$y_{\text{Б}} = \frac{0,0606}{1,96 \cdot 10^5 \cdot 2,351 \cdot 10^{-4} \cdot 20} = 6,57 \cdot 10^{-5} \frac{\text{М}}{\text{МН}}$$
(2.41)

Параметр жорсткості фланцевого з'єднання [11, с. 270]:

$$A_{\text{ф}} = [y_{\pi} + y_{\text{Б}} + 0,25(y_{\text{ф1}} + y_{\text{ф2}})(D_{\text{Б}} - D_{с.п.})^2]^{-1}$$

$$A_{\text{ф}} = [5,14 \cdot 10^{-5} + 6,57 \cdot 10^{-5} + 0,25(0,581 + 3,39)(0,68 - 0,62)^2]^{-1} = 272$$
(2.42)

Параметр жорсткості фланців:

$$B_{\text{ф1}} = y_{\text{ф1}}(D_{\text{Б}} - D - S_0)$$

$$B_{\text{ф1}} = 0,581(0,68 - 0,6 - 0,008) = 4,18 \cdot 10^{-2} \text{ 1/МН}$$
(2.43)

$$B_{\text{ф2}} = y_{\text{ф2}}(D_{\text{Б}} - D - S_0)$$

$$B_{\text{ф2}} = 3,39(0,68 - 0,6 - 0,008) = 24,4 \cdot 10^{-2} \text{ 1/МН}$$
(2.44)

Безрозмірний коефіцієнт фланцевого з'єднання [11, с. 270]:

$$\gamma = A_{\text{ф}} y_{\text{Б}}$$

$$\gamma = 272 \cdot 6,57 \cdot 10^{-5} = 0,0178$$
(2.45)

Коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання [11, с. 270]:

$$\alpha_{\text{ф}} = A_{\text{ф}} [y_{\text{Б}} + 0,25(B_{\text{ф1}} + B_{\text{ф2}})(D_{\text{Б}} - D_{с.п.})]$$

$$\alpha_{\text{ф}} = 272 [6,57 \cdot 10^{-5} + 0,25(4,18 \cdot 10^{-2} + 24,4 \cdot 10^{-2})(0,68 - 0,62)] = 1,166$$
(2.46)

Рівнодіюча внутрішнього тиску [11, с. 270]:

$$Q_{\text{д}} = 0,785 D_{с.п.}^2 p$$

$$Q_{\text{д}} = 0,785 \cdot 0,62^2 \cdot 0,208 = 0,063 \text{ МН}$$
(2.47)

Реакція прокладок в робочих умовах [11, с. 271]:

$$R_{\pi} = 2\pi D_{с.п.} b E_{\pi} p$$

$$R_{\pi} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,62 \cdot 0,0085 \cdot 2,5 \cdot 0,208 = 0,0172 \text{ МН}$$
(2.48)

Зусилля, що виникає від температурних деформацій фланцевого з'єднання [11, с. 271]:

$$Q_{\text{тф}} = \gamma \cdot z_{\text{Б}} \cdot f_{\text{Б}} \cdot E_{\text{Б}} (\alpha_{\text{ф}}^{\text{т}} t_{\text{ф}} - \alpha_{\text{Б}}^{\text{т}} t_{\text{Б}})$$
(2.49)

Підпис і дата
Інв. № дубл.
Зам. інв. №
Підпис і дата
Інв. № підл.

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
-----	------	-------------	--------	------

$$Q_{тф} = 0,0178 \cdot 36 \cdot 2,351 \cdot 10^{-4} \cdot 1,96 \cdot 10^5 (16,6 \cdot 10^{-6} \cdot 68 - 11,6 \cdot 10^{-6} \cdot 64) = 0,0064 \text{ МН},$$

де:

$$\alpha_{ф}^t = (\alpha_{ф1}^t + \alpha_{ф2}^t) / 2 = (16,6 \cdot 10^{-6} + 16,6 \cdot 10^{-6}) / 2 = 16,6 \cdot 10^{-6}.$$

Монтажне болтове зусилля фланцевого з'єднання при різних умовах [11, с.271]

$$P_{Б1}' = \pi \cdot D_{с.п} \cdot b_E \cdot q \quad (2.50)$$

$$P_{Б1}' = 3,14 \cdot 0,62 \cdot 0,0085 \cdot 20 = 0,331 \text{ МН}$$

$$P_{Б1}'' = \alpha_{ф}(Q_{д} \pm P) + R_{п} + 4M / D_{с.п} \quad (2.51)$$

$$P_{Б1}'' = 1,166(0,063 \pm 0) + 0,0172 + 4 \cdot 0 / 0,62 = 0,0906 \text{ МН}$$

$$P_{Б1}''' = 0,4[\sigma_B]^{20} z_B f_B \quad (2.52)$$

$$P_{Б1}''' = 0,4 \cdot 130 \cdot 20 \cdot 2,351 \cdot 10^{-4} = 0,245 \text{ МН}$$

Розрахункова болтова навантаження (при $p < 0,6$ МПа)

$$P_{Б1} = \max\{P_{Б1}'; P_{Б1}''; P_{Б1}'''\} \quad (2.53)$$

$$P_{Б1} = \max\{0,331 \text{ МН}; 0,0906 \text{ МН}; 0,245 \text{ МН}\} = 0,331 \text{ МН}$$

Умова міцності прокладки [11, с. 271]:

$$P_{Б1} / (\pi \cdot D_{с.п} \cdot b) \leq [q], \quad (2.54)$$

$$0,331 / (3,14 \cdot 0,62 \cdot 0,020) = 8,501 \text{ МПа} < [q] = 130 \text{ МПа} - \text{умова міцності}$$

прокладки виконано.

Болтова навантаження в робочих умовах [11, с.]:

$$P_{Б2} = P_{Б1} + (1 - \alpha_{ф})(Q_{д} \pm P) + Q_{тф} + 4M / D_{с.п} \quad (2.55)$$

$$P_{Б2} = 0,331 + (1 - 1,166)(0,063 \pm 0) + 0,0064 + 4 \cdot 0 / 0,92 = 0,327 \text{ МН}$$

Розрахункова болтова навантаження [11, с. 271]

$$P_{Бф} = \max\{P_{Б1}; P_{Б2}\} \quad (2.56)$$

$$P_{Бф} = \max\{0,331 \text{ МН}; 0,328 \text{ МН}\} = 0,331 \text{ МН}$$

Напруги розтягнення болтів (шпильок) в робочих умовах і умовах монтажу відповідно [11, с. 271]:

$$\sigma_B^t = \frac{P_{Б2}}{z_B \cdot f_B} \quad (2.57)$$

$$\sigma_B^t = \frac{0,327}{20 \cdot 2,351 \cdot 10^{-4}} = 69,54 \text{ МПа}$$

$$\sigma_B^{20} = \frac{P_{Б1}}{z_B \cdot f_B} \quad (2.58)$$

$$\sigma_B^{20} = \frac{0,331}{20 \cdot 2,351 \cdot 10^{-4}} = 70,39 \text{ МПа}$$

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

Обертний момент при затягуванні гайок [11, с. 272] :

$$M_{\text{скр}} = f_1 \frac{P_{\text{БФ}}}{z_{\text{Б}}} d_{\text{Б}} \quad (2.59)$$

$$M_{\text{скр}} = 0,1 \cdot \frac{0,331}{20} \cdot 0,02 = 3,31 \cdot 10^{-5} \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Дотичне напруження в болтах (шпильках) [11, с. 272]:

$$\tau_{\text{Б}} = \frac{M_{\text{скр}}}{0,2d_0^3} \quad (2.60)$$

$$\tau_{\text{Б}} = \frac{3,31 \cdot 10^{-5}}{0,2 \cdot 0,0173^3} = 31,96 \text{ МПа}$$

Еквівалентне напруження в болтах (шпильках) [11, с. 272]:

$$\sigma_{\text{БЕ}}^{20} = \sqrt{(\sigma_{\text{Б}}^{20})^2 + 3\tau^2} \quad (2.61)$$

$$\sigma_{\text{БЕ}}^{20} = \sqrt{70,39^2 + 3 \cdot 31,96^2} = 89,54 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{\text{БЕ}}^t = \sqrt{(\sigma_{\text{Б}}^t)^2 + 3\tau^2} \quad (2.62)$$

$$\sigma_{\text{БЕ}}^t = \sqrt{69,54^2 + 3 \cdot 31,96^2} = 88,88 \text{ МПа};$$

Умова міцності болтів (шпильок) [11, с. 272]:

$$\sigma_{\text{БЕ}}^{20} \leq [\sigma_{\text{Б}}]^{20} ; \quad (2.63)$$

89,51 МПа < 130 МПа – умова виконана

$$\sigma_{\text{БЕ}}^t \leq [\sigma_{\text{Б}}]^t ; \quad (2.64)$$

88,88 МПа < 124 МПа – умова виконана

Наведений вигинає момент в діаметральному перетині фланця в умовах монтажу [11, с. 272]:

$$M_{01\text{ф}} = 0,5P_{\text{Б1}}(D_{\text{Б}} - D_{\text{с.п.}}) \quad (2.65)$$

$$M_{01\text{ф}} = 0,5 \cdot 0,331(0,68 - 0,62) = 0,0099 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Наведений вигинає момент в діаметральному перетині фланця в робочих умовах [11, с. 272]:

$$M_{02\text{ф}} = 0,5[P_{\text{Б2}}(D_{\text{Б}} - D_{\text{с.п.}}) + Q_{\text{д}}(D_{\text{с.п.}} - D - S_0)] \cdot [\sigma_{\text{ф}}]^{20}/[\sigma_{\text{ф}}]^t \quad (2.66)$$

$$M_{02\text{ф}} = 0,5[0,327(0,68 - 0,62) + 0,063(0,62 - 0,6 - 0,008)] \cdot 160/152 = 0,0107 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

Розрахунковий наведений момент в діаметральному перетині фланця [11, с. 272] :

$$M_{0\text{ф}} = \max \{0,0099 \text{ МН} \cdot \text{м}; 0,0107 \text{ МН} \cdot \text{м}\} = 0,0107 \text{ МН} \cdot \text{м} \quad (2.67)$$

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ХІ.М.00.00.00 ПЗ	Арк.
						66

Допоміжна величина [11, с. 272]:

$$\begin{aligned} \varepsilon &= 20S_0 \\ \varepsilon &= 20 \cdot 0,008 = 0,16 \end{aligned} \quad (2.68)$$

Розрахунковий діаметр при $D > \varepsilon$

$$D^* = D = 0,6 \text{ м} \quad (2.69)$$

Максимальні напруги в перетині S_0 фланців від дії згинального моменту $M_{0\phi}$ [11, с. 272]:

$$\begin{aligned} \sigma_{0\phi 1} &= \psi_3 \frac{T_\phi M_{0\phi} \omega_{\phi 1}}{D^* (S_0 - c)^2} \\ \sigma_{0\phi 1} &= 1,0 \cdot \frac{1,8372 \cdot 0,0107 \cdot 0,514}{0,6(0,008 - 0,00108)^2} = 351,6 \text{ МПа} \end{aligned} \quad (2.70)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{0\phi 2} &= \psi_3 \frac{T_\phi M_{0\phi} \omega_{\phi 2}}{D^* (S_0 - c)^2} \\ \sigma_{0\phi 2} &= 1,0 \cdot \frac{1,8372 \cdot 0,0107 \cdot 0,0274}{0,6(0,008 - 0,00108)^2} = 18,78 \text{ МПа} \end{aligned} \quad (2.71)$$

Максимальні кільцеві напруги в дисках фланців від дії згинального моменту $M_{0\phi}$ [11, с. 272]:

$$\begin{aligned} \sigma_{\kappa\phi 1} &= \frac{M_{0\phi} [1 - \omega_{\phi 1} (1 + 0,9\lambda_{\phi 1})] \psi_{2\phi}}{D \cdot h_{\phi 1}^2} \\ \sigma_{\kappa\phi 1} &= \frac{0,0107 [1 - 0,514(1 + 0,9 \cdot 0,434)] 1}{0,6 \cdot 0,03^2} = 62,16 \text{ МПа} \end{aligned} \quad (2.72)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\kappa\phi 2} &= \frac{M_{0\phi} [1 - \omega_{\phi 2} (1 + 0,9\lambda_{\phi 2})] \psi_{2\phi}}{D \cdot h_{\phi 2}^2} \\ \sigma_{\kappa\phi 2} &= \frac{0,0107 [1 - 0,0274(1 + 0,9 \cdot 0,362)] 1}{0,6 \cdot 0,025^2} = 102,5 \text{ МПа} \end{aligned} \quad (2.73)$$

Кільцеві меридіональні напруги у втулці фланців від дії внутрішнього тиску [11, с. 272]:

$$\begin{aligned} \sigma_{x\phi 1} = \sigma_{x\phi 2} &= \frac{pD}{2(S_0 - c)} \\ \sigma_{x\phi 1} = \sigma_{x\phi 2} &= \frac{0,208 \cdot 0,6}{2(0,008 - 0,00108)} = 9,01 \text{ МПа;} \end{aligned} \quad (2.74)$$

Підпис і дата		Інв. № дубл.	Зам. інв. №	Підпис і дата	Інв. № підл.	Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	XI.M.00.00.00 ПЗ	Арк.

$$\sigma_{y\phi 1} = \sigma_{y\phi 2} = \frac{\rho D}{4(S_0 - c)} \quad (2.75)$$

$$\sigma_{y\phi 1} = \sigma_{y\phi 2} = \frac{0,208 \cdot 0,6}{4(0,008 - 0,00108)} = 4,508 \text{ МПа};$$

Еквівалентні напруги б перетині S_0 [11, с. 272]:

$$\sigma_{E\phi 1} = \sqrt{(\sigma_{0\phi 1} + \sigma_{y\phi 1})^2 + \sigma_{x\phi 1}^2 - (\sigma_{0\phi 1} + \sigma_{y\phi 1})\sigma_{x\phi 1}} \quad (2.76)$$

$$\sigma_{E\phi 1} = \sqrt{(102,5 + 4,508)^2 + 9,01^2 - (102,5 + 4,508)9,01} = 103,8 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{E\phi 2} = \sqrt{(\sigma_{0\phi 2} + \sigma_{y\phi 2})^2 + \sigma_{x\phi 2}^2 - (\sigma_{0\phi 2} + \sigma_{y\phi 2})\sigma_{x\phi 2}} \quad (2.77)$$

$$\sigma_{E\phi 2} = \sqrt{(18,78 + 4,508)^2 + 9,01^2 - (18,78 + 4,508)9,01} = 20,33 \text{ МПа}$$

УМОВИ МІЦНОСТІ [11, с. 272]:

$$\sigma_{E\phi 1} \leq [\sigma_{\phi 1}^{S_0}] \varphi ; \quad (2.78)$$

$$\sigma_{E\phi 2} \leq [\sigma_{\phi 1}^{S_0}] \varphi ; \quad (2.79)$$

103,8 МПа < (600·0,65 = 390 МПа) – умова міцності виконано;

20,33 МПа < (600·0,65 = 390 МПа) – умова міцності виконано.

Умова герметичності фланцевого з'єднання:

$$\frac{\sigma_{к\phi 1} D}{E_{\phi 1} h_{\phi 1}} \leq [\theta]; \quad (2.80)$$

$$\frac{\sigma_{к\phi 2} D}{E_{\phi 2} h_{\phi 2}} \leq [\theta], \quad (2.81)$$

де:

$[\theta] = 0,013$ рад – допускається кут повороту фланця.

$$\frac{\sigma_{к\phi 1} D}{E_{\phi 1} h_{\phi 1}} = \frac{62,16 \cdot 0,6}{2,0 \cdot 10^5 \cdot 0,03} = 0,00621 \text{ рад}$$

$\theta = 0,00621$ рад < $[\theta] = 0,013$ рад – умова герметичності виконано.

$$\frac{\sigma_{к\phi 2} D}{E_{\phi 2} h_{\phi 2}} = \frac{102,5 \cdot 0,6}{2,0 \cdot 10^5 \cdot 0,025} = 0,0103 \text{ рад}$$

$\theta = 0,0103$ рад < $[\theta] = 0,013$ рад – умова герметичності виконано.

Також проведено комп'ютерні розрахунки за допомогою програмного комплексу PASSAT і наведені в додатку А

Підпис і дата					Арк.
	Інв. № дубл.				
Зам. інв. №					XI.M.00.00.00 ПЗ
	Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	
Підпис і дата					
Інв. № підл.					

3.2.5 Розрахунок і вибір опори апарату

Вибір типу опори залежить від ряду умов: місця установки апарату, співвідношення висоти і діаметра апарату, його маси і т. д. При відносно

$H/D \geq 5$ обрана опора, зображена на кресленні колони. По ОСТ 26-467-78 вибираємо циліндричну опору виконання 1 і проводимо перевірочні розрахунки.

Згідно [7, с] маса однієї тарілки при $D = 600$ мм: $m_T = 36,3$ кг, отже, при числі тарілок $n = 20$ загальна маса тарілок:

$$\begin{aligned} m_1 &= m_T \cdot n \\ m_1 &= 36,3 \cdot 20 = 726 \text{ кг.} \end{aligned} \quad (2.82)$$

Маса обичайки колони:

$$\begin{aligned} m_2 &= \pi \cdot (D + s) \cdot s \cdot H \cdot \rho \\ m_2 &= 3,14 \cdot (0,6 + 0,005) \cdot 0,005 \cdot 9,15 \cdot 7850 = 682 \text{ кг.} \end{aligned} \quad (2.83)$$

Маса оснащення колони приймається в розмірі 20% від маси обичайки:

$$\begin{aligned} m_3 &= 0,2 \cdot m_2 \\ m_3 &= 0,2 \cdot 682 = 136,4 \text{ кг.} \end{aligned} \quad (2.84)$$

об'єм колони $V=2,7$ м³, тоді маса води при гідравлічних випробуваннях:

$$\begin{aligned} m_4 &= V \cdot \rho_B \\ m_4 &= 2,7 \cdot 1000 = 2700 \text{ кг.} \end{aligned} \quad (2.85)$$

Маса двох днищ з табл. 16.1 [] ГОСТ 6533-88:

$$m_5 = 21 \cdot 2 = 42 \text{ кг.}$$

Маса 10 фланців з табл. 21.12 [7]:

$$m_6 = 20,8 \cdot 10 = 208 \text{ кг.}$$

Наведена навантаження на опору:

$$Q = (m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \cdot g \quad (2.86)$$

$$Q = (726 + 682 + 136,4 + 2700 + 42 + 208) \cdot 9,81 = 44,09 \cdot 10^3 \text{ Н} = 44,09 \text{ кН.}$$

Міцність зварного з'єднання опори з корпусом визначаємо за умовою

$$\sigma = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D \cdot a_1} \leq \varphi_s \cdot [\sigma], \quad (2.87)$$

де: $a_1 = 6$ мм – розрахункова товщина зварного шва;

φ_s – коефіцієнт міцності зварного шва, зазвичай приймається

$$\varphi_s = 0,7.$$

Тоді

$$\sigma = \frac{4 \cdot 44,09 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 600 \cdot 6} = 15,6 \text{ МПа} \leq 0,7 \cdot 120 = 84 \text{ МПа}$$

Отже, умова міцності зварного шва виконується.

За Q з ОСТ 26-467-78 вибираємо стандартну конструкцію –

«Опора І-600-25-12,5-1500».

Підпис і дата	Інв. № дубл.	Зам. інв. №	Підпис і дата	Інв. № підл.	Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	XI.M.00.00.00 ПЗ	Арк.
											69

По відношенню до загального (групового) фундаменту, все обладнання розміщуємо на нульовій відмітці щодо загальної (групової) основи. Додатково до цього, на індивідуальних фундаментах встановлюються насоси, насосне та теплообмінне обладнання.

Вимоги щодо розташування та розміщення обладнання на відкритих майданчиках.

1. У разі розміщення обладнання необхідно передбачити проходи, що забезпечують безпеку обслуговування обладнання, руху людей та транспорту, а також зручного для очищення робочого місця. Проклади між найбільш виступаючими частинами обладнання, щити, конструкцій по фронту обслуговування береться не менше ніж 1 м.

2. Інженерне обладнання для створення шуму або вібрації на робочих місцях рекомендується встановлювати у спеціальних фундаментах та амортизаторах.

3. А потім уже йде виділення груп апаратів, які мають певні ознаки та особливості розміщення.

Для встановлення апаратів, що працюють під тиском, необхідно керуватися «Правилами пристрою та безпеки використання судин, що працюють під тиском», виключити ймовірність перекидання апаратів; забезпечити доступ до внутрішніх частин апарату, можливість огляду, ремонту чи очищення як із внутрішньої, так і зовнішньої сторони; захистити від корозії зовнішню поверхню апаратів, виготовлених із металу.

Вихідними даними для завдання трасування служать фізико-хімічні властивості матеріалів, що транспортуються, дані з етапу розрахунків апаратного оформлення процесу (чисельність і типи апаратів) і результати, отримані в результаті вирішення задачі розміщення.

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

Пряме прокладання «від штуцера до штуцера» має бути можливим лише у виняткових випадках (якщо поява зайвого коліна може викликати вібрацію, а також якщо це необхідно для того, щоб уникнути появи зайвого коліна). Шоломові труби (тобто найвищі, що виходять із шолома апарату) необхідно прокладати з таким розрахунком, щоб, по-перше, їх по найкоротшій відстані направляли до наступного апарату, по-друге, вони не повинні перетинати обслуговуючих майданчиків апарату. [19]

4.2 Проведення монтажних та ремонтних робіт основного технологічного обладнання [20,21]

Монтаж є невід'ємною частиною загального процесу будівництва підприємства чи їх об'єктів. Монтаж обладнання на хімічних та нафтохімічних заводах здійснюється як при будівництві нових об'єктів, так і при реконструкції та ремонті діючих. За цими двома випадками монтажу передують розбирання обладнання та монтаж на новому місці.

До складу механомонтажних робіт входять:

- монтаж технологічного обладнання та трубопроводів.
- це роботи пов'язані з переміщенням обладнання, вузлів та блоків, а саме роботи із встановлення такелажних засобів. А ось власне монтажні роботи – це робота з упаковкою та очищенням від консервуючих мастил обладнання, перевіркою комплектності та прийманням у монтаж, перевіркою фундаментів, розбиранням та збиранням обладнання, встановленням у проектне положення, кріпленням до основи;
- випробування та випробування змонтованого обладнання – це різні види випробувань, а також роботи з усунення виявлених недоліків.

Монтажники, які працюють на монтажних майданчиках, обладнані необхідними вантажопідйомними механізмами та спеціальними пристроями. Зазвичай це канати, троси, стропи, блоки, поліспаси, різні талі та лебідки, а також вантажопідйомні машини та механізми. Всі такелажні засоби повинні бути простими у виробництві, зручними для транспортування, монтажу або демонтажу та, звичайно ж, безпечними у роботі.

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

Який спосіб встановлення обладнання на фундамент вибрати? Це залежить від наявних у розпорядженні монтажників вантажопідйомних механізмів, а також форми (розміри, маса та проектне розташування), розмірів, маси та проектного розташування обладнання.

Монтаж важкого обладнання на фундамент можна проводити у повністю зібраному вигляді, великими блоками шляхом нарощування або підрощування.

Постачання на монтажний майданчик у повному зборі (якщо перевезення повністю зібраного агрегату не є можливим, його доставляють найбільшими блоками або окремими деталями) При цьому завод-виробник перед початком монтажу повинен провести контрольне складання апарату, а також нанести на всі зборки та контрольні ризики.

Монтаж колони здійснюється за монтажні штуцери, розташовані вище центру тяжіння, за допомогою вантажопідіймальних механізмів (стрілові крани та щогли, портали, шеврони). Щоб підсилити в горизонтальному положенні апарат, обв'язують його кутками або шпалами.

При цьому ступінь складності колон у проектне положення визначається їх габаритними розмірами (висоти та діаметри), масою, а також висотою фундаменту. У першому випадку підйом здійснюється за допомогою ковзання, у другому шляхом повороту навколо шарніра.

Спосіб підйому щоглами за допомогою ковзання. Апарат великої маси в основному піднімається двома щоглами, що дозволяє легко та швидко встановлювати його на фундамент. Після того, як апарат буде піднятий на потрібну висоту, його необхідно розташувати якомога ближче до фундаменту. По обидва боки від фундаменту щогли встановлюються вертикально або трохи похило. Необхідність нахилу щогли визначається довжиною апарату, що піднімається, його розміщенням по відношенню до фундаменту, розташованим і висотою мачт, прийнятої схемою стропування.

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

Для початку підйому необхідно переконатися в надійності такелажної оснастки, а також перевірити роботу всіх механізмів. На опорну частину апарату кріплять один або два відтяжні троси (вільні кінці яких намотують на барабанах лебідок і апарат починають переміщувати. Його опорна частина скозить по заздалегідь підготовленій підставі - це можуть бути металеві листи або дерев'яні дошки. Апарат встановлюється вертикально після відриву від поверхні та подальшого підйому на анкерні болти. Зафіксувавши положення апарату, контролюють відхилення його від вертикалі та затягують анкерні болти.

Перевірка колон на міцність проводиться особливо ретельно. Це пов'язано з тим, що навіть найменші порушення конструкції можуть призвести до значного зниження стійкості та порушення нормальної роботи внутрішніх механізмів (власне ректифікаційних тарілок). Максимально допустиме відхилення утворює від горизонтальної площини для тарілчастої колони ректифікації становить 0,1% висоти апарату, але не більше 15 міліметрів.

Прикріплення апарату до фундаменту відбувається за допомогою фундаментних болтів, а також підлягає заливанню бетонною сумішшю. Установка апарата на всі опори, а також їх вертикальність або горизонтальність при необхідності досягається укладанням тонких металевих накладок у місцях, де утворився зазор при вивірці апарата.

Після чого встановлюється необхідне обладнання для перевірки відповідності його розташування в просторі проекту, а відхилення від вертикальності або горизонтальності між осями повинні бути мінімальними. Як правило, допуск на точність монтажу встановлюється на підставі паспорта обладнання та вимог монтажної інструкції. Піднімають на потрібну висоту та фіксують у проектній площині опори обладнання. Згідно з наявними на реперах координатами (на них наносяться позначки), фактичний рівень опорної поверхні, як правило, визначають за нівеліром.

Апарати вивіряються на вертикальність за допомогою двох теодолітних осей, розташованих у плані на попереохресному перетині. Якщо апарат змонтований ізольованим, його перевіряють по утворюючим чи за нанесеним до

№ п/п	Підпис і дата	
	№ дубл.	
	Зам. №	
	Підпис і дата	
№ п/п		
<i>ХІ.М.00.00.00 ПЗ</i>		Арк.
Зм.	Арк.	№ документа
Підпис	Дата	74

його встановлення ризикам. Під кутом 90 градусів вгору та вниз по вертикалі, на верхній площині апарату, чотири ризики яскраво-червоною фарбою нанесли. При встановленні з нанесеною ізоляцією, перед установкою на апарат, до корпусу апарату приварюються боби, в які загвинчуються реperi. Встановлюється вивірений апарат, який фіксується та затягується гайками фундаментних болтів.

При необхідності дотримання особливої точності вертикальності вивірку проводять у прохолодний період часу, щоб унеможливити нерівномірну деформованість корпусу від сонячного нагрівання. Незалежно від конструкції фундаменту, що підливається, бетонну масу зазвичай підливають з однієї зі сторін техніки, щоб уникнути утворення порожнин в підливному шарі.

Дуже важливо правильно розташувати на корпусі штуцерів та лючків, через які доводиться монтувати внутрішні механізми.

Монтаж обладнання здійснюється після того, як воно встановлено і закріплене на корпусі апарату, а також після збирання контактних пристроїв.

Монтаж ректифікаційних тарілок залежить від її конструкції та технологічного призначення. Їх можна збирати при вертикальному (на робочому) та горизонтальному положенні колони. Перед монтажем необхідно перевірити поверхню або секцію. На секціях повинні бути випучини та кривизна не більше 4 мм.

При горизонтальному положенні апарату тарілки встановлюються вертикально; їх положення перевіряється по схилу, що додається в декількох точках, і заздалегідь зробленим на внутрішніх стінках апарату міткам (на них наносяться позначки), для чого апарат доводиться повертати навколо своєї осі на 90 °. Більш просто забезпечити строго горизонтальне положення тарілок у встановленому, вивіреному та закріпленому на фундамент корпусі апарату; у цьому випадку досить точно дотримуються рівня або заливають на поверхню тарілки воду.

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

В першу чергу, складання тарілок починають із приварювання до внутрішньої стінки корпусу колони опорних (несучих) елементів та нероз'ємної деталі (кишені, зливу, диска, глухих сегментів, напівзакритих сегментів, напівжолобових). Зварювання роблять у строгому дотриманні технічних умов, враховуючи, що при роботі колони складно визначити окремі дефекти зварювання. Складання розбірних деталей тарілки, що вносяться всередину колони через люк, проводиться у встановленій послідовності. У першу чергу потрібно приділити увагу поєднанню їх між собою та з рухомими деталями: повинні бути суворо дотримані розміри, що координують взаємне розташування тарілки та її опорних елементів; гайки надійно затягують і при необхідності вживають заходів, що запобігають їх самовідгвинчуванню.

Порядок монтажу тарілок такий - зверху донизу; таким чином, робочий, що знаходиться всередині колони, має більше простору для роботи, а також скорочує кількість тимчасових рихтування і проводить перевірку на барботаж при послідовній установці люків.

При встановленні тарілок не варто порушувати геометричні форми. Необхідно правильно встановити переливні кишені, що знаходяться нижче за тарілки. Над глухою частиною тарілки, що знаходиться нижче, необхідно встановити переливну кишеню.

Якщо вода була налита через 20 хвилин після початку наповнення тарілки водою і рівень її знизився не більше ніж на 25 мм (якщо тарілка герметична), то рівень течі в одному місці не повинен перевищувати 25 мм. Для випробування тарілки використовують закритий зливний канал.

Відстань між окремими тарілками не повинна перевищувати ± 3 мм, а відхилення нижньої тарілки за висотою, виміряною від краю нижньої обичайки корпусної частини, не більше ± 3 мм.

На всіх внутрішніх пристроях повинні бути спеціальні дренажні отвори, які розташовані на рівні найнижчого місця тарілки, щоб повністю злити рідину під час припинення її роботи.

Підпис і дата	
№ дубл.	
Зам. №	
Підпис і дата	
№ підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

Проведення ремонту – це цілий комплекс робіт, спрямованих на відновлення справного стану та ресурсу обладнання.

При цьому корпус колони та її внутрішні пристрої можуть зношувати в результаті корозійного, ерозійного та термічного впливу середовища. З урахуванням цих факторів швидкість зносу залежить від багатьох факторів - це і фізичні властивості середовища, і умови ведення процесу, конструктивне виконання, якість металу корпусу, застосування відповідних інгібіторів корозії.

Ефект електрохімічної корозії виникає на ділянках колони, де можливе утворення гальванічних пар та виникнення електроструму.

Електрохімічної корозії схильні ділянки колони, на яких можливі утворення гальванічних пар та виникнення корозійного електричного струму.

Підготовка колонного апарату для ремонту. Насамперед тиск у колоні потрібно довести до рівня атмосферного, видалити з апарату робочу рідину, пропарити колону водяною парою, яка витісняє пари і гази, що залишилися в колонці (щоб концентрація шкідливих і горючих речовин не перевищувала максимально допустимих санітарних норм). Потім колону промивають водою. У деяких випадках пропарювання та промивання чергують кілька разів.

Також вода, яка була попередньо промита, сприяє більш швидкому охолодженню колони. Не допускається проводити ремонт у промивній воді за температури понад 50 градусів Цельсія.

Від'єднання парної та промитої колони від усіх апаратів та комунікацій глухими заглушками, що встановлюються у фланцевому з'єднанні штуцерів, проводиться глухим способом. Журнал обліку встановлення кожної заглушки та подальшого її розбирання, а також зняття з неї фіксують у спеціальному журналі.

Перше правило – це дотримання правил проведення ремонту та розкриття апарату. Спочатку відкривається верхній люк, який попередньо був наповнений водою і потім в апарат протягом деякого часу подається водяна пара, щоб уникнути можливого підсмоктування повітря, внаслідок чого може утворитися вибухонебезпечна суміш. По черзі (згори донизу) відкривають інші люк.

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

Забороняється одночасне відкриття верхнього та нижнього люків. Не варто відкривати спочатку нижній, а потім верхній люки, тому що через різницю температур відбувається сильний приплив повітря всередину колони, що може викликати вибухову суміш.

Для зменшення часу проведення ремонтних робіт ще при промиванні колонної води відвертають частину болтів на тих люках, які розкриватимуться без порушення герметичності.

Потім, після відкриття люків повітря починає циркулювати всередині колони, що сприяє природному охолодженню. При завершенні провітрювання необхідно провести аналіз проб повітря взятих з колонки на різних висотних відмітках. Роботам всередині колони можна приступити тільки після того, як аналіз покаже, що концентрація шкідливих газів там не перевищує гранично допустимих санітарних нормативів. Потім слід виконати ретельний зовнішній і внутрішній огляд корпусу колони для виявлення можливих дефектів, що виникли в процесі експлуатації (корозія та ін.). При необхідності огляду всієї поверхні корпусу розбираються внутрішні пристрої або їхня частина. Для того щоб потрапити в тарілочки, які знаходяться нижче за рівень люків, потрібно розбирати проходи на тарілках, що лежать над ними.

Ремонт корпусу. В більшості випадків зварні колони не розбираються і не демонтуються зовсім, а лише знімаються зовнішні пристрої.

За характером виявленого дефекту визначають утримання та спосіб ремонту корпусу. Неміцні зварні шви вирізують, зачищають та заварюються спеціальним електродом. Важливо, щоб новий та старий шви були перекриті правильно.

При зносі або виході з ладу штуцерів і люків, їх заміняють новими з обов'язковим монтажем кілець, що зміцнюють. Кільця повинні бути більше старих за діаметром: це дозволяє приварювати їх у новому районі. У ремонт потрапляють усі штуцери, сигнальні дірки, на кільцях яких у процесі експлуатації були заглушені пробками.

№ підл.	Підпис і дата	Зам. №	№ дубл.	Підпис і дата
---------	---------------	--------	---------	---------------

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
-----	------	-------------	--------	------

Під час кожного ремонту в апараті вимірюють фактичну товщину стінки корпусної конструкції. На місці найбільш зношених ділянок корпусу колони вирізають, а на його місце ставлять нову ділянку, попередньо звальцьовану по радіусу колона. Зварювальну операцію проводять встик. У випадку, якщо вирізати великий шматок корпусу, це може призвести до послаблення перерізу, а також порушення стійкості. До видалення пошкодженої ділянки його зміцнюють стійками, що встановлюються усередині або зовні. Кількість стійок та переріз стійок, а також розміри опорних лап розраховують виходячи в умовах рівності їх опорів опору вирізаному перерізу. За наявності пошкоджень на поверхні (вм'ятин, корозії та ін.) необхідно видалити дефектні метали шліфуванням. Усунення поверхневих дефектів контролюють магнітно-ультразвуковою та магнітною (або ультразвуковою) дефектоскопією. По можливості, глибина пошкодження має бути не більше 10-20% від товщини стінки, залежно від розмірів пошкодження.

Щоб уникнути появи тріщин, усі ущільнювальні поверхні повинні бути перевірені на наявність тріщин магнітною або ультразвуковою дефектоскопією.

При необхідності заміни частини корпусу або днища корпус демонтують. Верхню частину корпусу або днища можна замінити без демонтажу колони. У верхній частині колони закріплюють опорний майданчик, під який підводяться домкрати. Верхню частину колони відрізають і видаляють після підняття верхньої частини на висоту 100 мм. Для заміни проміжних обечайок або днища використовують щогли.

Дуже часто, враховуючи трудомісткість таких заміни ділянок корпусу, визнають за доцільну повну заміну зношеної колони. Демонтаж зношеної колони роблять у порядку, зворотному монтажу.

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

5 ІНФОРМАЦІЙНЕ ТА АПАРАТУРНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ

5.1 Вибір та обґрунтування параметрів контролю, регулювання та вимірювання [22, 23]

У колоні ректифікації відбувається процес переробки вуглеводневої сировини. Розглянемо схему автоматизації процесу ректифікації (рис. 5.1 – 5.6)

Процес ректифікації – це основний процес хімічної техніки. Як показник ефективності його виступає склад цільового продукту. Залежно від технологічних особливостей цільової продукції можуть бути використані як дистиллят, так і кубовий залишок. Забезпечення постійного складу цільового продукту і слугуватиме метою управління. При цьому склад іншого продукту може коливатися в певних межах завдяки зміні складу вихідної суміші. Надалі ми вважатимемо цільовим продуктом дистиллятор.

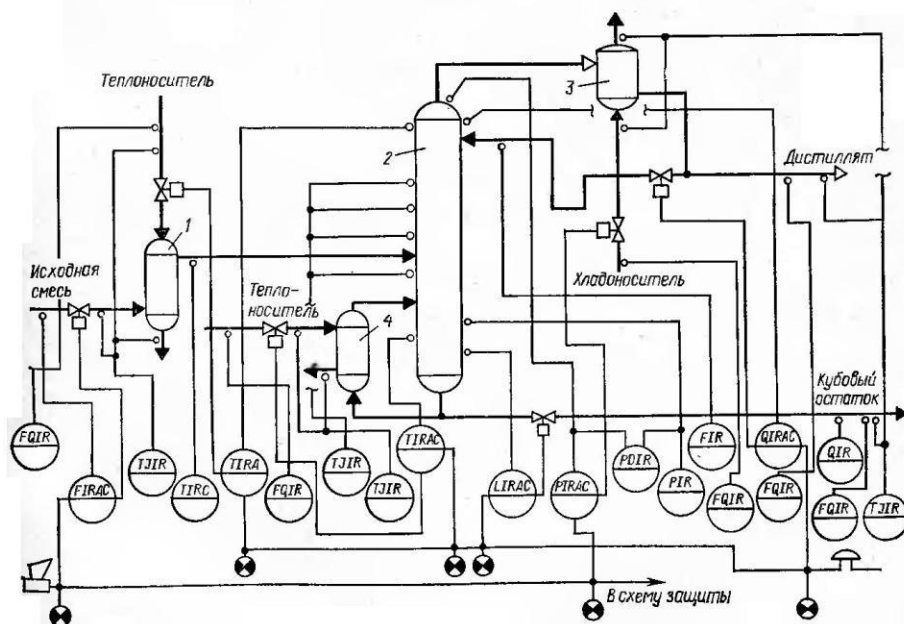


Рисунок 5.1 – Типова схема автоматизації процесу ректифікації: 1 – теплообмінник вихідної суміші; 2 – ректифікаційна колона;
3 – дефлегматор; 4 – кип'ятильник

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	

Ректифікаційна установка – це складний об'єкт управління зі значним часом запізнення (наприклад, у деяких випадках вихідні).

Через 1-3 години після зміни параметрів сировини процеси почнуть змінюватися тільки у бік збільшення кількості параметрів, що характеризують процес (з безліччю взаємозв'язків між ними, розподілом їх і т. д.), а також з великою кількістю параметрів, що характеризують сировину (з безліччю взаємозв'язків) між ним і т. д.).

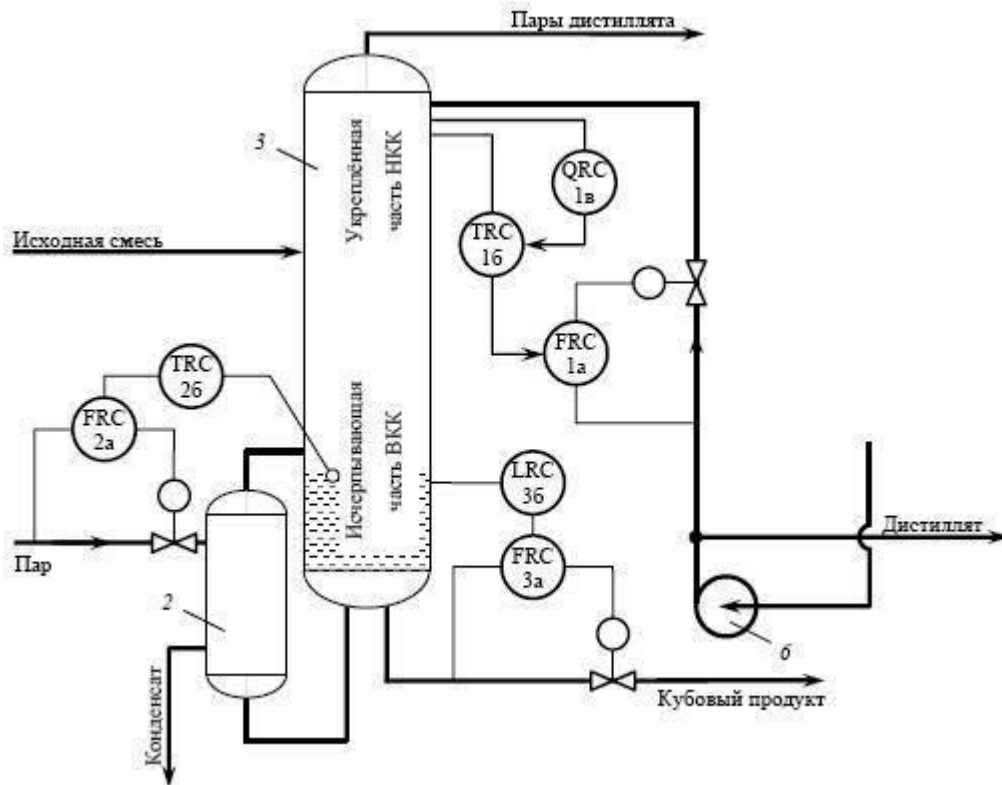


Рисунок 5.2 – Варіант схеми каскадного регулювання процесу ректифікації

Складність у регулюванні процесу полягає в тому, що він відбувається з частотою та амплітудною амплітудою збурень. Такі обурення, як зміни початкових параметрів вихідної суміші, а також теплотехнічних властивостей теплопередаючих поверхонь (тепло- та холодоносіїв), зміни властивостей теплопередаючих площин (тепло- та холодоносіїв), відкладення речовин на стінках та ін.

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

Це залежить безпосередньо від початкових параметрів вихідної суміші. З її зміною процес можуть надходити найсильніші обурення, наприклад по каналу складу вихідної суміші,

Оскільки склад залежить від попереднього процесу. Ви можете стабілізувати витрати за допомогою регулятора витрати.

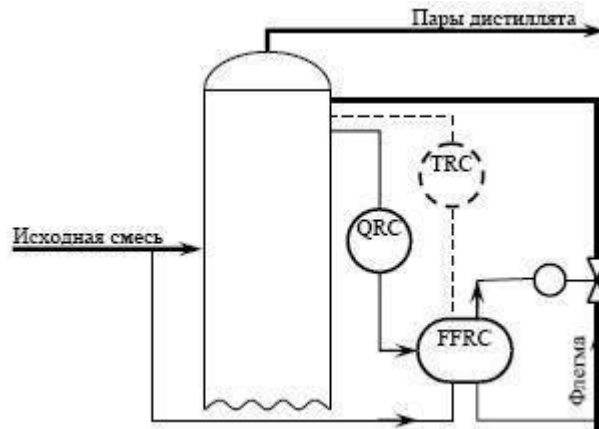


Рисунок 5.3 – Застосування регулятора співвідношення витрат вихідної суміші та флегми з корекцією за складом

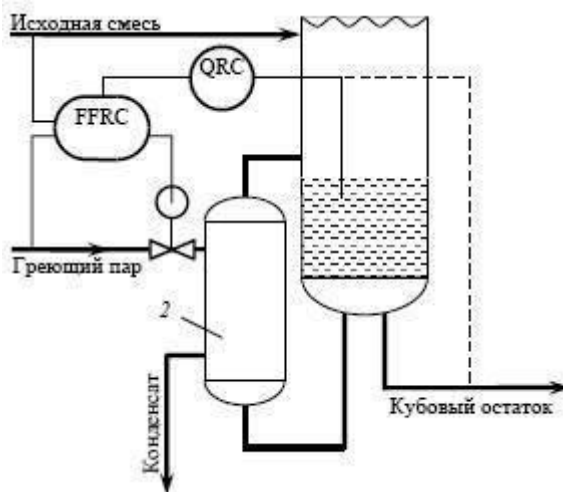


Рисунок 5.4 – Застосування регулятора співвідношення витрат вихідної суміші і пари, що гріє, з корекцією за складом кубового залишку

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
-----	------	-------------	--------	------

Діафрагма і виконавчий пристрій цього регулятора повинні бути встановлені до теплообмінника, оскільки при нагріванні суміші до температури кипіння в цьому теплообміннику потік рідини може містити парову фазу, що порушує роботу автоматичних пристроїв.

Важливе значення для процесу ректифікації має температурний режим, який був заданий у вихідній суміші. Коли вона починає надходити в колону за температури меншої температури, ніж температура пара, яка йде з нижньої половини колони, повинна бути нагріта до температури кипіння, при якій пари йдуть з верхньої частини колони. Збільшення конденсації пари у своїй порушує весь режим процесу ректифікації. В результаті температура вихідної суміші стабілізують зміною кількості теплоносія, що подається в систему теплообміну; таким чином усувають одне з обурень.

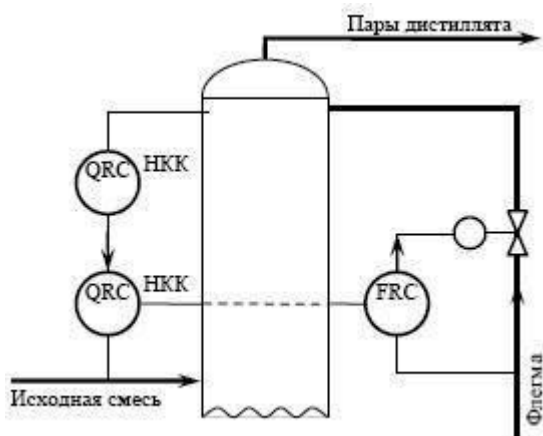


Рисунок 5.5 – Варіант схеми регулювання складу дистилляту при використанні аналізатора складу вихідної суміші

Розглянемо можливості регулювання режимних параметрів верхньої (змичуючої) частини ректифікаційної колони, які безпосередньо визначають склад дистилляту.

Підпис і дата	
№ дубл.	
Зам. №	
Підпис і дата	
№ підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

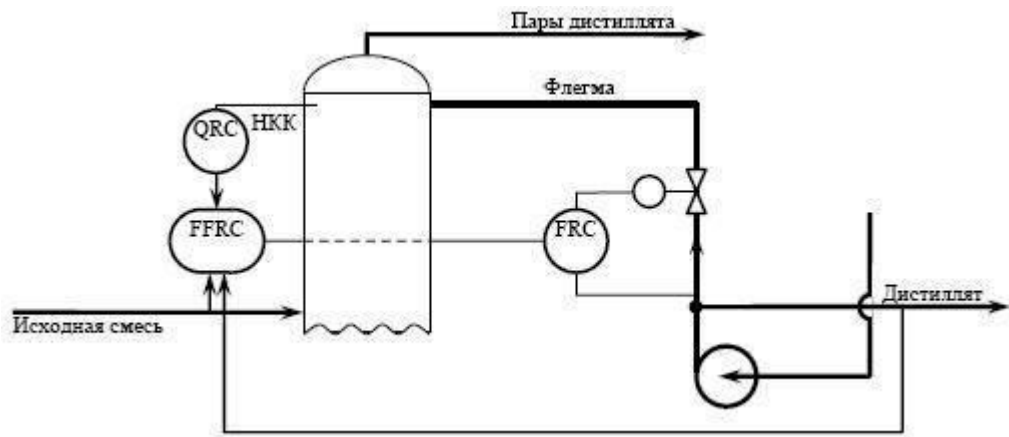


Рисунок 5.6 – Схема регулювання складу дистилляту з урахуванням зміни складу вихідної суміші

Стабілізація тиску у верхній частині колони необхідна не тільки для підтримання заданого складеного складу цільового продукту, але й щоб забезпечити нормальний гідродинамічний режим колони, оскільки при зменшенні тиску в ній може виникнути «захливання» (низхідний потік пари перешкоджає стіканню рідини).

Однак на практиці нерідко регулюють складом пари (а в деяких випадках і безпосередньо складом дистилляту) зміною витрачання флегми. Регулюючий орган у будь-якому випадку встановлюється на лінії флегми, а також на лінії дистилляту, це рівносильно. Як аналізатори складу в промисловості використовуються хроматографи та газоаналізери.

Необхідність стабілізації тиску пари в кубі відпадає, тому що ректифікаційна колона має добре виражені властивості самовирівнювання за цим параметром і регулювання тиску в зміцнювальній частині колони призведе до того, що тиск у кубі через кілька хвилин прийме певне (декілька більше, ніж зверху колони) значення.

Так, якщо метою управління є дистиллят, то для досягнення мети управління необхідно регулювати витрату вихідної суміші, температуру вихідної суміші, тиск у верхній точці Колони, склад рідини в нижній частині її колони, склад рідини в кубі. З урахуванням цього контролюється витрата розчину та

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

дистиляту, флегма, залишку, тепло- та холодоносії; склад та температурний режим кінцевих продуктів; температура по висоті колони, тиск у флегмі, температури по висоті колони, тиск у верхній частині колони.

5.2 Вибір та обґрунтування технічних засобів автоматизації

Нині переважна більшість вітчизняних виробництв потребує автоматизації у тому чи іншому вигляді. У сучасних умовах ринку виживають ті компанії, які є найбільш конкурентоспроможними, хто вміє організувати свої виробничі процеси максимально ефективно і мінімально витратити ресурси. Але як знизити витрати виробництва без автоматизації підприємства загалом, і автоматизації технологічних процесів? Очевидно, що сучасному підприємству для того, щоб рости йому необхідна нова кров у вигляді нових технологій або рішень. У цьому комп'ютерні технології розвиваються дедалі більше охоплюють виробничий сектор, у процесі операторів з'являються прості й ефективні засоби оперативного контролю та керівництва технологічними процесами.

Завдяки певній взаємодії між об'єктом автоматизації та системою управління система автоматизації в цілому забезпечує необхідний результат функціонування об'єкта.

Вибираємо однорівневу централізовану систему управління.

Тут управління котлоагрегатом створюється операторський пункт управління. Усі необхідні засоби автоматичного виміру, регулювання, сигналізації та відхилення від заданих параметрів основних технологічних змінних знаходяться на пункті управління.

При цьому пункт управління знаходиться в безпосередній близькості до об'єкта, що дозволяє скоротити довжину комунікацій зв'язку з будівлею та забезпечує обслуговування персоналу візуальним контролем роботи технологічного обладнання. За ним закріплений постійний оператор, який знаходиться у пункті керування.

Підпис і дата		№ дубл.	Зам. №	Підпис і дата	№ підл.	Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	XI.M.00.00.00 ПЗ	Арк.

За допомогою мікропроцесорних контролерів можна реалізувати цю систему за допомогою мікропроцесорних контролерів: Реміконт малої каналності типів P-130, TSX Superior, TSX Micro 3722.

TSX Micro 3722 є мікропроцесорним пристроєм, який оптимізований для вирішення задач автоматичного управління технологічними процесами. TSX Micro 3722 є готовим до роботи та налагодження на місці обладнанням, яке було виготовлене на заводі-виробнику. TSX Micro призначений для управління системами, для роботи з якими досить кілька десятків дискретних входів-виходів та до 40 аналогових входів-виходів у різних галузях промисловості. Компактний і модульний TSX micro має малий час робочого циклу, але великою ємністю пам'яті. Він має широкий спектр модулів входів-виходів, у тому числі віддалені модулі входів-виходів, забезпечує високу швидкість роботи лічильників і високу точність вимірювання аналогових сигналів, а також має широкі комунікаційні можливості. Саме тому, враховуючи, що цей контролер відповідає всім вимогам, вибираємо саме цей МПК.

Головним недоліком цього МПК є висока вартість.

Особливості та вимоги до окремих засобів автоматизації:

- датчики - основним призначенням датчика є перетворення контрольної та регульованої величини в уніфіковані електричні вихідні сигнали. Найвищі вимоги пред'являються до датчиків за точністю, чутливими, динамічними властивостями. Це відноситься до інших характеристик - міцність деталей, легкість виявлення та усунення несправностей;

- регулюючі пристрої – основними завданнями регулюючих пристроїв є формування закону регулювання. Закон регулювання встановлює функціональну залежність вихідного сигналу регульованого пристрою від вхідного, яка виражається залежно від вихідного сигналу від вхідного. Однією з вимог є правильний вибір закону регулювання. З цього випливає, що закон регулювання повинен бути обраний відповідно до вимог, які пред'являються якості регулювання і динамічних властивостей регулятора.

Підпис і дата		№ дубл.	Зам. інв. №	Підпис і дата	№ підл.	Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	XI.M.00.00.00 ПЗ	Арк.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Аналіз потенційних небезпек та шкідливостей під час роботи установки [24, 25]

Головним завданням, яке ставить перед собою охорона праці, є зведення до мінімуму ймовірності ураження або захворювання робітника з одночасним комфортом за максимальної продуктивності праці. Поліпшення умов праці веде до зниження виробничого травматизму та професійного захворювання, що зберігає здоров'я трудящих. Вибір методу виробництва, розробка схеми, розташування та підбір обладнання, засобів механізації чи автоматизації необхідно здійснювати з урахуванням максимальної безпеки. Технології виробництва повинні базуватися на замкнутих циклах, автоматизації, комплексній механізації, дистанційному управлінні, що виключає контакт людини із шкідливими речовинами. Існуючі нині виробничі приміщення та комунікації нічого не винні виділяти шкідливих речовин.

У повітрі робочих зон міститься велика кількість шкідливих речовин.

Усі особи, які працюють на виробництві та мають контакт із шкідливою речовиною, повинні пройти попередній та періодичний медичний огляд, а також знати методи надання долікарської медичної допомоги постраждалим під час отруєння.

Вимоги які до обладнання висуваються:

1) Герметичність обладнання.

Апаратура та комунікації для робіт з небезпечними або шкідливими продуктами, а також технологічна апаратура, призначена для роботи з вибухонебезпечними та шкідливими продуктами, повинні бути герметичними.

2) Огородження вогню та інші засоби перешкоди полум'я.

По технологічних апаратах, у яких знаходяться вибухонебезпечну речовину, повинні бути встановлені вогнеперегородники або інші засоби запобігання полум'ю. Запобіжні клапани не встановлюються.

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	

3) Місце розташування обладнання.

Необхідно забезпечити безпеку та зручність його обслуговування та ремонту.

Необхідно передбачити встановлення обладнання.

а) У місцях перебування працівників, і навіть по фронту обслуговування щита управління (якщо є постійні робочі місця) ширина проходу щонайменше 2 м.

б) До основних проходів для проходу фронтом обслуговування ставляться такі: Проходи фронтом обслуговування апаратів, мають місцеві контрольно-вимірювальні прилад за наявності постійних робочих місць шириною щонайменше 1,5 м;

в) проходи між апаратами, і навіть з-поміж них і стінами приміщень, за необхідності кругової обробки шириною щонайменше 1м;

г) проходи для огляду, періодичного контролю, регулювання апаратів які мають ширину не менше 0,8 м.

д) Ремонтні майданчики з достатньою кількістю обладнання для розбирання та чищення апаратів, а також їх частин без захаращення робочих місць, основних та запасних виходів, територій сходів.

По можливості, центральні чи основні проходи мають бути прямолінійні та вільні. Між найбільш виступаючими частинами обладнання з урахуванням фундаменту, ізоляції, огорожі та інших спеціальних пристроїв встановлюється мінімальна відстань.

4)Наявність аварійної ємності.

Ємнісна технологічна апаратурна система з ЛЗР, горючими або токсичними рідинами та зрідженими газами повинна мати пристрій для звільнення її перед ремонтом та у разі аварії та пожежі. Для видалення продукту після його використання аварійна ємність повинна бути звільнена від продукту, а також залежно від характеру цього продукту вона повинна бути продута інертним

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

газом або ж гострою водяною парою і, якщо необхідно, промита водою. Виймання з цієї апаратури, як і її очищення, можливе лише за допомогою насосів або інших пристроїв, які можуть бути використані для очищення.

Може проводитися в складські ємності проміжних або сировинних (товарних) приміщень, в технологічні апарати (суміжників, установок та цехів даного виробництва) або окремо призначені для цієї мети спеціальні аварійні або дренажні ємності. При цьому має бути забезпечене повне звільнення трубопроводів. Обсяг аварійних ємностей повинен прийматися з розрахунку один найбільший за місткістю апарат ділянки.

5) Промивання, продування технологічних апаратів.

Для промивання та продування технологічних агрегатів з вибухонебезпечними та токсичними речовинами перед ремонтом, внутрішнім оглядом (випробуванням) та перевіркою повинні бути передбачені штуцери для підключення ліній води, пари або інертних газів.

6) На ємнісній апаратурі встановлюються сигналізатори граничного верхнього рівня.

Сепаратор повинен бути оснащений сигналізаторами граничного верхнього рівня незалежно від регулятора рівня, встановленого в апараті.

7) Наявність захисних споруд.

При розміщенні обслуговуваного обладнання (технологічного апарату, приладів, арматури та ін.), що знаходиться на висоті понад 1,8 м, для доступу до нього повинні бути влаштовані стаціонарні сходи з поручнями та майданчик з огорожею. Довжина та ширина сходів повинні бути не менше 0,7 м і не менше 0,25 м. Крок сходинок повинен бути не більше 0,12 м і не більше 0,125 м. Ухил сходів повинен становити не більше 45 °.

8) Механізація трудомістких, важких та небезпечних робіт.

Для монтажу, демонтажу та ремонту технологічної апаратури, обладнання та арматури повинні застосовуватись підйомно-транспортні засоби та механізми. У разі використання підйомно-транспортних засобів та механізму мають бути передбачені заходи, що забезпечують їх безпечну експлуатацію у

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

вибухонебезпечних та вибухо та пожежоміцних приміщеннях. Загвинчування та відгвинчування болтів кришок, днищ, люків, а також їх закручування та відгвинчування повинні виконуватись інструментами та механізмами, що відповідають вимогам для вибухонебезпечних середовищ.

9) Нанесення умовних позначень.

На кожному технологічному апараті мають бути нанесені номери, що відповідають його номеру на технологічній схемі.

10) Заходи у вибухо- і вибухопожежонебезпечних цехах із попередженням утворення іскор при ударах і перегрівих частин, що труться.

Необхідно регулярно стежити за температурою нагріву і регулярною змазкою частин обладнання, що труться. Під тиском обладнання, що працює під тиском, оснащене системами вибухозахисту: пристроями аварійного скидання тиску (пружинні запобіжні мембранні клапани, зворотний затвор, гідрозахисту тощо).

11) Газонебезпечні роботи – це роботи, що проводяться на газонебезпечному місці.

Газонебезпечні роботи включають: введення в експлуатацію газопроводів, обладнання; ремонт газопроводів; обладнання; встановлення (зняття) заглушки на газопроводах; демонтаж газопроводу та технологічного обладнання; роботи всередині ємностей та апаратів; ремонтні роботи у вибухо- та пожежонебезпечних зонах приміщень та зовнішніх.

12) Вогневі роботи у районі станції.

Вогневі роботи – роботи з використанням відкритого вогню, іскроутворенням та нагріванням споруд, обладнання, інструменту, матеріалів до температури займання (самовоспалення) газової суміші, поява якої в небезпечних концентраціях можлива в зоні впливу цих робіт.

13) На головних трубопроводах повинні бути нанесені попереджувальне та попереджувальне фарбування, а на решті - напрям руху середовища. Усі рукоятки та штурвали арматур мають бути пофарбовані в червоний колір, а також вказати напрямок обертання на закриття-відкриття. При неможливості

№ п/п	№ дубл.	Зам. №	Підпис і дата	Підпис і дата

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
-----	------	-------------	--------	------

XI.M.00.00.00 ПЗ

нанесення на арматурі або поблизу неї, позначення наносять на бирках, що закріплюються у спеціальних місцях.

14) Забороняється експлуатація установки за параметрами, відмінними від вимог технічної документації.

15) Робота всередині апаратів належить до особливо небезпечних. Тут може несподівано з'явитися токсична або вибухонебезпечна пара або газ, недостатнє освітлення, погана чутність, евакуація співробітника в разі потреби утруднена.

Перед початком роботи необхідно видалити залишки рідини, пари або газу; виконати необхідні аналізи повітряного середовища, відповідальний особисто дома повинен переконатися у готовності ємності. Робота виконується в шланговому протигазі та обслуговується дублером, який стежить за правильність положення шланга, подачею повітря та підтримує зв'язок з працюючим за допомогою мотузок, прикріплених до пояса останнього. У разі потреби за допомогою сигнальної мотузкою та евакуюють працюючого. При спуску в апарат робітник проходить інструктаж, одягає шланговий протигаз, рятувальний пояс із сигнальним мотузком і бере електролампку напругою 12В (за наявності в апараті вибухонебезпечності – у вибухозахищеному варіанті) і обережно, не маючи в руці ніяких предметів, спускається. У процесі роботи він отримує необхідний роботи інструмент. Протигаз повинен бути готовим до застосування, щоб у разі необхідності його можна було швидко ввести в небезпечну зону для надання допомоги потерпілому. Час перебування робітників під час роботи з використанням шлангового протигазу має бути мінімальним – 15 хв, після чого вони мають відпочивати у ємності не менше 15 хв. Працювати всередині ємностей за температури понад 40°C заборонено. Робітників необхідно обдувати постійно свіжим повітрям, забезпечувати їх теплоізоляційними вогнетривкими костюмами, теплоізоляційним взуттям. Для того щоб швидко евакуювати людину, всі лази та люки в апаратурі повинні бути відкриті, а виходи їх не захищені, щоб можна було легко виконати швидко евакуацію працюючого.

№ п/п	Підпис і дата	
	№ дубл.	
	Зам. №	
	Підпис і дата	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

ХІ.М.00.00.00 ПЗ

Арк.

91

16) Роботи на висоті.

До робіт на висоті відносяться всі роботи, які проводяться на висоті вище 1,8 м від поверхні ґрунту та перекриття або робочого настилу. Роботи на висоті можна виконувати з приставних сходів, лісів або риштування, підйомних люль, а також з неогорожених поверхонь; останні роботи називають верхолазним і до їх виконання допускаються тільки працівники віком не молодше 19 років, які пройшли спеціальне навчання і мають кваліфікацію не вище III розряду. До небезпечних факторів відносяться наявність вибухо- та пожежонебезпечних та отруйних речовин, високих тисків, температур усередині технологічних апаратів.

Для запобігання виникненню даних небезпек, необхідно проводити періодичний огляд апарату в робочому та неробочому стані, регулярно проводити очищення внутрішніх частин апарату, ремонтувати апарат. Проведення ремонту або заміни деталей апарату під час роботи не допускається. За обслуговування апарату відповідає керуючий, який повинен суворо дотримуватися інструкцій щодо режиму роботи апарату та безпечного його обслуговування, своєчасно перевіряти справність дії контрольно-вимірювальних приладів, заповіжної арматури та контрольно-вимірювальних приладів.

У процесі роботи установки можуть виділятися такі небезпечні виробничі фактори:

- підвищена загазованість та запиленість атмосфери робочої зони в момент розгерметизації обладнання.
- відхилення параметра мікроклімату в робочій зоні (теплоємності та вологоємності повітря, швидкості руху повітря)
- наявність поверхонь, які мають підвищену температуру.
- на робочих місцях підвищений рівень шуму.
- підвищена вібрація на робочих місцях;

Розташування робочого місця поблизу землі (підлоги).

Підпис і дата		№ дубл.		Зам. №		Підпис і дата		№ підл.		
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ХІ.М.00.00.00 ПЗ					Арк.
					92					

Висновок

В даному курсовому проєкті зроблено розрахунок ректифікаційної установки.

Визначено основні геометричні розміри проєктованого апарату. Зроблені проєктно-конструкційні розрахунки товщини стінок обичайок корпусу і днищ (кришок) була виконана перевірка зміцнення отворів, виконаний вибір і перевірочний розрахунок фланцевого з'єднання, обрані опори апарату.

Розрахунки зроблені на підставі діючих стандартів.

У додатку подано складальне креслення колони і креслення складальних одиниць зі специфікаціями, а також розрахунки обечайки, фланцевого з'єднання і днища (кришки) на міцність і герметичність за допомогою програмного комплексу ПАССАТ

Інв. № підл.		Підпис і дата		Зам. інв. №		Інв. № дубл.		Підпис і дата		
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ХІ.М.00.00.00 ПЗ					Арк.
										93

Список літератури:

1. Розвиток ринку спирту в Україні під впливом внутрішніх та зовнішніх факторів / Коткова Н.С. // Економіка АПК. – 2014. – № 1 – С.
2. Особенности конструктивного решения ректификационных колонн [Електронний ресурс] - <https://msd.com.ua/>
3. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин. – Москва : Химия, 1973. – 754 с
4. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учебное пособие для вузов / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А Носков. Под ред. Романкова П.Г. — 9-е изд., перераб. и доп. — Л.: Химия, 1981. — 560 с., ил.
5. Доманский И.В. Машины и аппараты химических производств: примеры и задачи. Учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Машины и аппараты химических производств» / И.В. Доманский, В.П. Исаков, Г.М. Островский и др.; Под общ. ред. Соколова В.Н. — Л.: Машиностроение, 1982. — 384 с., ил.
6. Борисов Г.С. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / Г.С. Борисов, В.П. Брыков, Ю.И. Дытнерский и др. Под ред. Дытнерского Ю.И., 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Химия, 1991. — 496 с., ил.
7. Лацинский А.А.. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник / А.А. Лацинский— Л.: Машиностроение, 1981. — 382 с., ил.
8. ГОСТ 14249-89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. — Взамен ГОСТ 14249-89; Введ. 18.05.89. — М.: Гос. ком. СССР по стандартам, 1989. — 80 с., ил.
9. ДСТУ 3-17-191-2000. Посудини та апарати сталеві зварні. Загальні технічні умови. — На заміну ОСТ 26-291-94; Введ. 16.02.2000. — К.: Державний комітет промислової політики України, 2000. — 301 с., іл.
10. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи : Учеб. пособие для студентов втузов / М. Ф. Михалев, Н. П. Третьяков, А. И. Мильченко [и др.]. – Под общ. ред. Михалева М. Ф. – Л. : Машиностроение, 1984. – 301 с.
11. Лацинский А.А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры: Справочник / А.А. Лацинский, А.Р.Толчинский —Л. : Машиностроение, 1970. — 752 с., ил.
12. Методичні вказівки до вивчення дисципліни «Проектування хімічних підприємств та основи САПР» / Укладачі: О. О. Ляпоценко, В. М. Маренок. – Суми : Вид-во СумДУ, 2008. – 81 с.

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

13. Фарамазов С. А. Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов / С. А. Фарамазов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1980. – 312 с.
14. Ермаков В. И. Ремонт и монтаж химического оборудования / В. И. Ермаков, В. С. Шейн. – Л. : Химия, 1981. – 368 с.
15. Дудников Е. Г. Автоматическое управление в химической промышленности / Е. Г. Дудников, А. В. Казаков, Ю. Н. Софиева, А. Э. Софиев, А. М. Цирлин. – М. : Химия, 1987. – 368 с.
16. Лапшенков Г. И. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности / Г. И. Лапшенков, Л. М. Полоцкий. – М. : Химия, 1982. – 377 с.
17. Охрана труда в машиностроении : Учебн. для машиностр. вузов / Под ред. Е. Я. Юдина, С. В. Белова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1983. – 432 с.
18. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов / С. В. Белов, А. В. Ильницкая, А. Ф. Козьяков [и др.]. – 7-е изд. – М.: Высш. школа, 2007. – 616 с.

Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № підл.	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

ХІ.М.00.00.00 ПЗ

Арк.

95