

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ШОСТКИНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
СУМСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
Кафедра хімічної технології високомолекулярних сполук

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Зав. кафедрою ХТВМС
_____ Серeda В. І.
«__» _____ 20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА
зі спеціальності 133 “Галузеве машинобудування”
освітня програма “Обладнання хімічних виробництв і
підприємств будівельних матеріалів”

Тема проекту: “Виробництво діетилового етеру сірчаноокислотним методом. Розробити ректифікаційну установку розділення суміші «спирт – вода» продуктивністю по спирту 400 кг/годину.”

Виконав:

студент 4- го курсу, група ХМ-91ш

ПЕВНО ІВАН СЕРГІЙОВИЧ

/ підпис /

Залікова книжка

№ _____

Кваліфікаційна робота бакалавра
захищена на засіданні ЕК
з оцінкою _____

"__" _____ 20__ р.

Підпис голови
(заступника голови) комісії

Керівник:

Зав. секції ПОХВ
Банишевський Віктор Васильович

/ підпис, дата /

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ШОСТКИНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
СУМСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
Кафедра хімічної технології високомолекулярних сполук

Спеціальність 133 “Галузеве машинобудування”
освітня програма “Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів”

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студенту: Певно Івану Сергійовичу

Група ХМ-91ш курс IV

1. Тема бакалаврської роботи: “Виробництво діетилового етеру сірчаноокислотним методом. Розробити ректифікаційну установку розділення суміші «спирт – вода» продуктивністю по спирту 400 кг/годину”.

2. Вихідні дані: Розрахувати і спроектувати ректифікаційну установку безперервної дії для розділення бінарної суміші спирт – вода, у виробництві діетилового етеру сірчаноокислотним методом. Продуктивність установки по вихідній суміші $F = 13 \text{ т/г}$. Вміст легколеткого компонента у вихідній суміші $X_F = 33,0\% \text{ мас.}$, в дистиляті $X_D = 89\% \text{ мас.}$ В кубовому залишку $X_W = 1\% \text{ мас.}$, $t_{\text{см}} = 25,0$, $t_{\text{хол.в}} = 46,0^\circ\text{C}$, $t_{\text{хол.д}} = 34,0^\circ\text{C}$. Тиск гріючого пара $P_F = 0,3 \text{ МПа}$. Розділяема суміш надходить у ректифікаційну колону при температурі кипіння. Тип контактної пристрою – тарілка решітчатая.

3. Перелік обов’язкового графічного матеріалу (листи А1)

- 3.1 Загальний вигляд 1×А1;
- 3.2 Технологічна схема 1×А1;
- 3.3 Складальні креслення 3×А1.

4. Рекомендована література: 1. Загальні методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра / укладачі: Р. О. Острога, М. С. Скиданенко, Я. Е. Михайловський, А. В. Іванія. – Суми: СумДУ, 2017. – 33 с.; 2. Беляев В.М. Розрахунок і конструювання основного обладнання галузі: навчальний посібник / В.М. Беляев, В.М. Міронов. – Т.: Вид-во ТПУ, 2009. – 288 с. 3. І. Г. Закгейм, А. В. Савінський – Производство этилового эфира, ГНТИХЛ, М. 1947. – 218 с.

5. Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

Етап і розділи комплексного курсового проекту	Т И Ж Д Е Н Ь					
	1, 2	3, 4	5, 6	7, 8	9	10
1 Опис схеми, апарата	х х					
2 Технологічна частина		х х				
3 Розрахунки на міцність,			х х			
4 Розробка креслень				х х		
5 Оформлення записки					х	
6 Захист проекту						х

6. Дата видачі завдання _____ 2023 р.

Керівник _____ зав. секції ПОХВ Банишевський В. В.
підпис

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 127 с., 23 рис., 3 ілюстрації, 3 таблиці, специфікації – 5 л. формату А4, вказано 60 літературних джерел.

Графічні матеріали: технологічна схема установки – 1л., загальний вигляд – 1л., складальні креслення – 3 л., – (всього 5 листів формату А1).

Тема кваліфікаційної роботи бакалавра: «ВИРОБНИЦТВО ДІЕТИЛОВОГО ЕТЕРУ СІРЧАНОКИСЛОТНИМ МЕТОДОМ. РОЗРОБИТИ РЕКТИФІКАЦІЙНУ УСТАНОВКУ РОЗДІЛЕННЯ СУМІШІ «СПИРТ– ВОДА» ПРОДУКТИВНІСТЮ ПО СПИРТУ 400 кг/годину». Тип контактної пристрою – тарілка решітчаста.

Наведена технологія виробництва діетилового ефіра сірчаноокислотним методом, де розглянуто сірчаноокислотний метод отримання ефіра, показана схема виробництва ефіра по сірчаноокислотному методу (рис. 1.1), – з усім основним та допоміжним обладнанням, де наведено опис двох фаз виробництва ефіра по сірчаноокислотному методу, а саме:

- отримання сирого ефіра;
- ректифікація сирого ефіра (два способи розділення)

Розглянуто процес ректифікації сирого ефіра першим способом – по першій схемі (рис. 1.1), а також наведена схема ректифікації сирого ефіра по другому способу (рис. 1.2).

Також, розглянуті питання по обладнанню ефірного виробництва, по регулюючим і контрольно – вимірювальним приладам, та з техніки безпеки в ефірному виробництві.

В технологічній частині представлена технологічна схема ректифікації бінарної суміші етанол-вода (рис. 2.1).

За допомогою ілюстрацій показано принцип роботи ректифікаційної колони, наведені теоретичні основи та особливості процесу ректифікації, обґрунтований вибір матеріалу та конструкція апарата при виготовленні колони.

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

Проведені розрахунки гідравлічного опору апарата, проведено вибір допоміжного обладнання.

Виконані розрахунки на міцність підтвержують працездатність апарата.

Приведено методи монтажу і ремонту колонних апаратів.

Розглянуті питання охорони праці, техніки безпеки, протипожежні заходи під час експлуатації обладнання.

Запропановані заходи по запобіганню забруднення природи продуктами переробки. Вказані основні шляхи вирішення задачі по запобіганню забруднення водойм і атмосферного повітря.

Ключові слова: АПАРАТ, УСТАНОВКА, КОЛОНА РЕКТИФІКАЦІЙНА, ДІЕТИЛОВИЙ ЕТЕР, СІРЧАНОКИСЛОТНИЙ МЕТОД, ЕФІРИЗАЦІЯ, РОЗРАХУНОК, ОПОРНА ОБИЧАЙКА, МОНТАЖ, РЕМОНТ, РЕЗЕРВУАР.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	3
ВСТУП	6
1. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ДІЕТИЛОВОГО ЕФІРА СІРЧАНОКИСЛОТНИМ МЕТОДОМ	
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	8
2.1 Опис технологічної схеми установки.....	
2.2 Опис об'єкту розроблення та вибір основних конструкційних матеріалів.....	21
2.2.1 Ректифікаційна колона. Принцип роботи.....	21
2.2.2 Вибір основних конструкційних матеріалів.....	25
3. РОЗРАХУНОК РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ	27
3.1 Матеріальний розрахунок процесу.....	27
3.2 Визначення мінімального та робочого флегмового числа.....	28
3.3 Побудова робочих ліній закріплюючої та вичерпуваючої частини колони.....	36
3.4 Визначення числа теоретичних і дійсних тарілок методом теоретичних ступенів зміни концентрацій.....	37
3.5 Визначення значень параметрів по колоні, фізико – хімічних і термодинамічних констант фаз.....	38
4. ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ РОЗМІРІВ КОЛОНИ	44
4.1 Висота колони.....	44
4.2 Діаметр колони.....	45
5. РОЗРАХУНОК ГІДРАВЛІЧНОГО ОПОРУ КОЛОНИ	48
5.1 Висота газорідкого барботажного слоя.....	48
5.2 Гідравлічний опір тарілок.....	51
5.3 Перевірка відстані між тарілками.....	53

ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ								
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	«Виробництво діетилового етеру сірчанокислотним методом. Розробити ректифікаційну установку розділення суміші «спирт – вода» продуктивністю по спирту 400 кг/годину».	Лім.	Лист	Листів
Розроб.		Певно І.С.					4	127
Перев		Банишевський В.В.				ШІ СумДУ, гр. ХМ-91ш		

6. ТЕПЛОВІ РОЗРАХУНКИ.....	54
6.1 Підігрівач вихідної суміші.....	55
6.2 Дефлегматор.....	58
6.3 Холодильник дистиляту.....	60
6.4 Холодильник кубового залишку.....	63
6.5 Кип'ятильник колони, розрахунок товщини ізоляції.....	65
7. КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗРАХУНОК РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ.....	69
7.1 Розрахунок діаметрів штуцерів, підбір фланців та прокладок.....	73
7.2 Розрахунок товщини обичаєк.....	76
7.3 Опора колони.....	78
7.3.1 Розрахунок наведених навантажень і вибір опори.....	79
7.3.2 Розрахунок опорної обичайки.....	83
8. ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК.....	87
8.1 Визначення геометричних характеристик трубопроводу, швидкостей та режимів руху в них теплоносіїв. Розрахунок опорів на різних ділянках трубопроводу.....	87
8.2 Підбір насоса.....	98
8.3 Перевірка умов роботи насоса на мережу.....	99
9. МОНТАЖ ТА РЕМОНТ КОЛОННОГО АПАРАТА.....	102
9.1 Монтаж колонних апаратів.....	103
9.2 Ремонт колонних апаратів.....	109
10. ОХОРОНА ПРАЦІ, ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ, ПРОТИВОПОЖЕЖНІ ЗАХОДИ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБЛАДНАННЯ.....	111
10.1 Охорона праці.....	111
10.2 Техніка безпеки.....	113
10.3 Протипожежні заходи.....	117
11. ОХОРОНА ОТОЧУЮЧОГО СЕРЕДОВИЩА.....	118
12. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	121
ВИСНОВКИ.....	122
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	123
ПЕРЕЛІК ДОДАТКІВ.....	127

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ВСТУП

Ректифікація являється процесом, в ході якого розділяються гомогенні летучі рідини, здійснюючи двусторонній масообмін і теплообмін між нерівноважними рідкою і паровою фазами, які мають різну температуру, і рухаються у протилежному один одному напрямку. [7,24]

Використання процесу ректифікації походить з початку ХІХ століття, вона являється одним із найбільш важливих технологічних процесів в таких галузях промисловості, як спиртова і нафтова. На період сьогодення відбувається все більш широке застосування ректифікації для різних галузей нафтохімії, хімічної технології, де вилучення компонентів в чистому виді відіграє важливу роль.

При ректифікації вихідна суміш ділиться на дві частини: дистилят - суміш, збагачену низькокиплячим компонентом, кубовий залишок - суміш, збагачену висококиплячим компонентом.

Процес ректифікації здійснюється в ректифікаційній установці, основним апаратом якої є ректифікаційна колона, в якій пари рідини, яку переганяють, піднімаються знизу, а назустріч парам стікає рідина, подавана у вигляді флегми у верхню частину апарата.

Процес ректифікації може протікати при атмосферному тиску, а також при тиску вище або нижче атмосферного. Під вакуумом ректифікацію проводять, коли розділенню підлягають висококиплячі рідкі суміші. Підвищений тиск застосовують для розділення сумішей, які знаходяться у газоподібному стані при більш низькому тиску. Атмосферний тиск приймають при розділенні сумішей, які мають температуру кипіння від 30 до 150 °С.

Ступінь розділення суміші рідин на складові компоненти і чистота отриманого дистиляту і кубового залишку залежать від того, наскільки розвинена поверхня контакту фаз, від кількості подаваної на зрошення флегми і пристрою ректифікаційної колони.

Для крупномасштабних виробництв характерно застосування безперервної ректифікації, а застосування періодичних процесів ректифікації характерно для невеликих виробництв, які працюють нерівномірно.

Діетиловий ефір (етиловий ефір, сірчаний ефір, етоксидан, Et_2O) – типовий аліфатичний простий ефір. Формула – $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$.

Етиловий ефір, будучи гарним розчинником, широко застосовується у виробництві бездимного пороха, кіноплівки, для виготовлення колодій, для екстракції жирів та ін., у медицині він застосовується як анестезуючий засіб та входить у склад деяких ліків.

Етиловий ефір являє собою безкольорову, прозору, легко рухливу рідину з мол. вес. 74,08, зі своєрідним запахом і пекучим смаком. Ефір затвердіває при – 116 °С.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
						6
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Діетиловий ефір не змішується з водою і легко відділяється від неї, вспливаючи у виді верхнього слоя. Також, його висока летучість (т. кип. 34,6 °С) дозволяє швидко відігнати його від екстракта при такій низькій температурі, яка не завдає шкоди навіть дуже чутливим до нагрівання речовинам. Крім того, будучи сильно летучим, він легко воспламеняється; пари ефіра майже в два з половиною рази важче повітря, мають тенденцію осідати на поверхні і легко загоратися.

Діетиловий ефір в промисловості отримують сірчаноокислотним методом, і в якості побічного продукта при виробництві етилового спирта із етилена.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
						7
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ДІЕТИЛОВОГО ЕФІРА СІРЧАНОКИСЛОТНИМ МЕТОДОМ

Вступ:

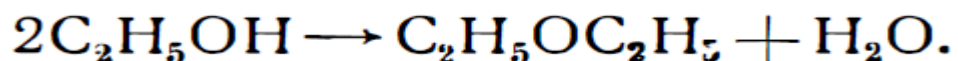
Вперше ефір був отриманий в 1540 р. Валеріусом Кортусом, він нагрівав етиловий спирт з сірчаною кислотою. Отриману в результаті реакції речовину довго називали "сірчанним ефіром", так як припускали, що вона містить у своєму складі сірку.

Хімічна реакція, яка протікає при утворенні ефіру із етилового спирту в присутності сірчаної кислоти, була з'ясована тільки в 1851 р. Вільямсоном, який вказав, що зі спирту і сірчаної кислоти спочатку утворюються вода і етилсерна кислота. Остання потім реагує з новою кількістю спирту з утворенням етилового ефіру та зворотним виділенням сірчаної кислоти. Помилка цього дослідника полягала тільки в тому, що він не врахував побічних реакцій, в результаті яких частина сірчаної кислоти відновлюється до сірнистої.

Етиловий ефір, будучи гарним розчинником, широко застосовується у виробництві бездимного пороха, кіноплівки, для виготовлення колодія, для екстракції жирів та ін., у медицині він застосовується як анестезуючий засіб та входить у склад деяких ліків.

Методи отримання ефіру:

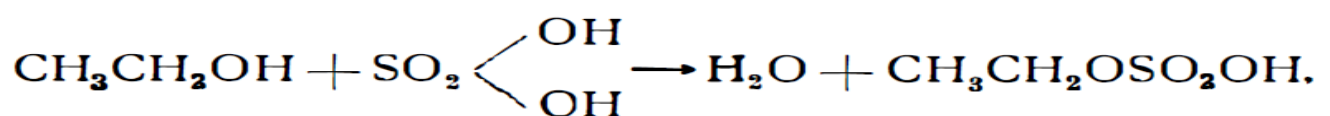
Етиловий ефір можна отримувати різними способами. Однак внаслідок своєї простоти та дешевизни переважно поширені отримали способи, засновані на відібранні будь-якими водувіднімаючими засобами (концентрованими сірчаною і фосфорною кислотами, ароматичними сульфокислотами, а також деякими безводними солями) молекули води від двох молекул спирту по схемі:



Сірчанокислотний метод:

Як показали дослідження Вільямсона (1851 – 1852 рр.), реакція утворення ефіру із спирта за допомогою сірчаної кислоти протікає у дві фази.

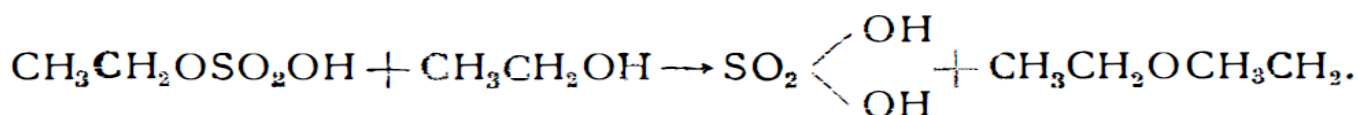
Спочатку утворюється складний ефір спирта і сірчаної кислоти:



називається етилсерною кислотою. Цей продукт стійкий при помірних температурах.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Подальше нагрівання етилсерної кислоти до 140° з надлишком спирта веде до її розкладання на сірчану кислоту та етиловий ефір:



Якщо процес проводити з самого початку при 140° і вводити спирт в систему поступово, то ефір відганяється безперервно, і теоретично процес може продовжуватися безкінечно. Однак в дійсності кислота розбавляється водою і частково відновлюється до сірнистої кислоти, що зумовлює, в кінечному підсумку, припинення процесу ефіроутворення (ефіризації).

Незважаючи на забруднення сірчаної кислоти в процесі виробництва ефіра, термін служби її досить значний.

Реакція утворення ефіра із етилового спирту екзотермічна. Кількість тепла, виділяючогося при 125° тепла, знайдене розрахунковим шляхом, дорівнює 8,59 ккал/г моль, або $8590 : 74 = 116$ ккал/кг. Теплота згорання ефіра при 15° – 8910 ккал / кг.

Схема виробництва ефіра по сірчаноокислотному методу:

По цьому методу отримують як звичайний (технічний), так і медичний ефір. Відмінність в отриманні цих сортів ефіру тільки в тому, що в першому випадку в якості вихідного матеріала береться спирт–сирець, а в другому – спирт–ректифікат.

Виробництво ефіра по сірчаноокислотному методу розпадається на дві фази:

- 1) отримання і нейтралізація ефіра;
- 2) очищення сирого ефіра від домішок шляхом ректифікації.

Схема виробництва ефіра з усім основним та допоміжним обладнанням зображена на рис. 1.1

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	АДК
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

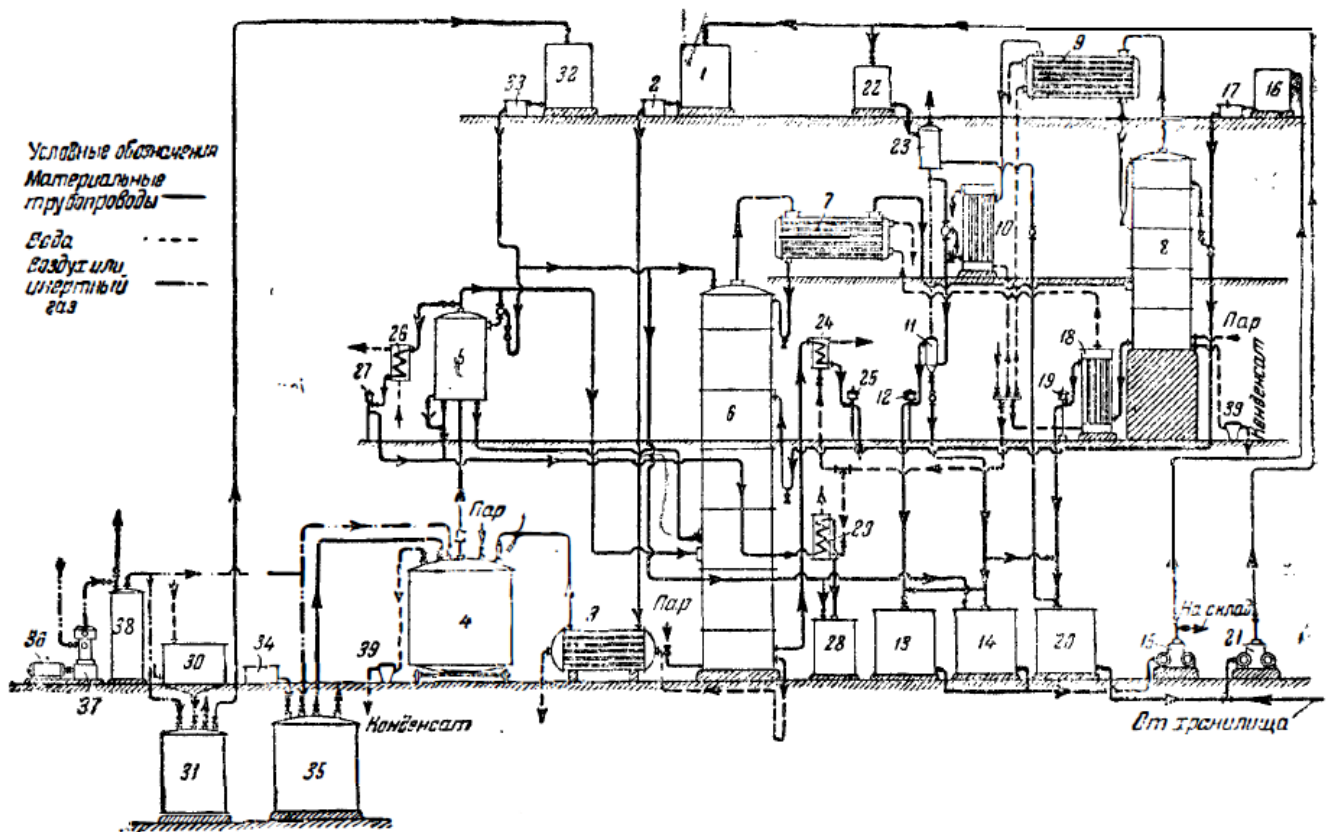


Рисунок 1.1 – Схема виробництва ефіра по сірчанокислотному методу.

- 1 – напорний бак для спирта; 2 – регулятор напора; 3 – підігрівач для спирта;
- 4 – ефіризатор; 5 – нейтралізатор; 6 – спиртова колона;
- 7 – дефлегматор спиртової колони; 8 – ефірна колона;
- 9 – дефлегматор ефірної колони; 10 – конденсатор – холодильник для ефіра;
- 11 – водовідділювач; 12 – епруветка для ефіра; 13 – приймальний бак для ефіра;
- 14 – приймальний бак для бракованого ефіра; 15 – насос для перекачки ефіра;
- 16 – напорний бак для бракованого ефіра; 17 – регулятор напора;
- 18 – холодильник для рекуперованого спирта; 19 – епруветка для спирта;
- 20 – приймальний бак для спирта; 21 – насос для перекачки спирта;
- 22 – напорний бак для спирта (для ефіропоглинача); 23 – ефіропоглинач;
- 24 – контрольний холодильник для проб парів фузельної води;
- 25 – епруветка для відбору проб парів бросової води;
- 26 – контрольний холодильник для проб сирого ефіра;
- 27 – епруветка для відбору проб сирого ефіра;
- 28 – приймальний бачок для “кислої щелочи”;
- 29 – холодильник для “кислої щелочи”; 30 – бак для розчинення щелочи;
- 31 – монтежю для щелочи; 32 – напорний бак для щелочи; 33 – регулятор напора;
- 34 – корито для зливу кислоти; 35 – монтежю для кислоти;
- 36 – мотор компресора; 37 – компресор; 38 – акумулятор;
- 39 – конденсаційні горшки.

• Отримання сирого ефіра

Вихідний продукт – спирт - сирець при виробництві технічного ефіра, або спирт - ректифікат при виробництві медичного ефіра, – паровим, або відцентровим насосом **21** перекачується із сховища спирта в залізний напорний бак **1**, із якого надходить в регулятор напору **2**, який представляє собою залізний бачок з поплавковим клапаном і встановлюється для збереження постійності напору в спиртопроводі. Із регулятора напора спирт надходить у трубчатий теплообмінник - підігрівач спирта **3**, де нагрівається до 60 - 70 ° за рахунок тепла одбросної так називаємої фузельної води ректифікаційної спиртової колони і потім вводиться в основний реакційний апарат ефірного виробництва – ефіризатор **4**, який представляє собою викладений свинцем залізний циліндричний посуд, заповнений на дві третини об'єму робочою сумішшю – етилсерною кислотою.

Робоча суміш готується заздалегідь, найчастіше в самому ефіризаторі, із спирта і сірчаної кислоти. Для цього кислоту, що надходить зі складу в залізних бочках, подають до корита **34** і зливають у монтежу **35**, звідки стисненим повітрям, нагнітаємим компресором **37** через акумулятор **38**, вона передавлюється в ефіризатор.

По мірі багаторазового використання в ефіризаторі реакційна здатність етилсерної кислоти і продуктивність апарата падає. По істеченію 6 – 8 місяців безперервної роботи відпрацьована кислота вважається вже непридатною і видаляється із системи.

Перед ремонтом ефіризатора охолоджена етилсерна кислота передавлюється із нього в монтежу **35** для зберігання. Вивільнення ефіризатора від кислоти здійснюється стисненим повітрям, проте, враховуючи можливість присутності в кислоті спирта і ефіра, раціональніше в цілях пожежо- та вибухобезпеки проводити її перекачування інертним газом. Спирт подається в реакційну суміш через барботер (дірчату трубу), проходячий наскрізь товщини етилсерної кислоти.

Для правильного протікання процесу етилсерна кислота нагрівається до 120 – 125 °. Необхідна температура суміші підтримується за рахунок обігріву апарата глухим паром, що надходить під тиском до 3 ати в свинцевий змійовик, встановлений внутрі ефіризатора. Утворюючийся конденсат відводиться через конденсаційний горшок **39** в каналізацію, або використовується для розчинення щелочи.

Для спостереження за потоком спирту на спиртопроводі над ефіризатором встановлюють оглядовий ліхтар. Там же ставлять вентиль для регулювання кількості подаваного в апарат спирта.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Пари сирого ефіру, які утворюються в процесі взаємодії спирту із етилсерною кислотою, надходять із ефіризатора по трубі, забезпеченою оглядовим контрольним ліхтарем, в нейтралізатор **5**, в якому вони барботірують через слабкий розчин щелочі, надходячий у верхню частину нейтралізатора із напорного бака **32** для щелочи через регулятор напора **33** і стікаючий по тарілках апарата зверху вниз. При цьому відбувається нейтралізація кислих домішок (сірнистого газу, сірчаної кислоти) сирого ефіра.

Щелочь, необхідну для нейтралізації, розчиняють у спеціальному баку **30**, в м'якій, не містячій бікарбонатів кальція і магнія, воді. При розчиненні щелочі у жорсткій воді на тарілках нейтралізатора відкладаються тверді солі. Останні призводять до того, що через деякий час тарілки нейтралізатора повністю "закупорюються" і останній має бути вимкнений для чистки. Найбільш підходящою водою для розчинення щелочи треба вважати конденсат, який витікає із змієвиків, що служать для обігріву ефіризаторів та ефірних колон. Висока температура конденсату (біля 100°) сприяє швидкому розчиненню їдкого натра, а повна відсутність у ньому солей є гарантією проти утворення відкладень накипу на тарілках.

Для контролю за роботою нейтралізатора передбачений контрольний змієвиковий холодильник **26**, куди періодично направляється невелика частина парів, що виходять із нейтралізатора. Із холодильника через епруветку **27** відбираються проби сирого ефіра для визначення його питомої ваги та кислотності.

Відпрацьована щелочь разом з розчиненими в ній продуктами нейтралізації направляється самопливом через нижній штуцер в спиртову колону **6**, де із неї видаляються невеликі кількості спирта і ефіру, віднесених розчином із нейтралізатора. Якщо відпрацьований розчин щелочи має кислу реакцію, то його направляють через холодильник **29** в приймальний бачок **28** для бракованої відпрацьованої щелочи, де він нейтралізується їдким натром. Після нейтралізації розчин направляється у спиртову колону для відгона спирта і ефіра. Пари сирого ефіра із нейтралізатора надходять для очищення від домішок на ректифікацію.

• Ректифікація сирого ефіра

Під ректифікацією сирого ефіра, що складається із суміші ефіра, спирта, води, солей натрію і різних побічних продуктів, треба розуміти дві операції:

- 1) власне ректифікацію ефіра та
- 2) рекуперацію непрореагувавшего спирта, і доведення його міцності до 90 – 93 % (об'ємн.).

Розділення тройної суміші (сирого ефіра) зазвичай здійснюється в мідних ректифікаційних колонах з ковпачковими тарілками.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Розділення може бути проведено двома способами:

По першому способу із трійної суміші спочатку відокремлюється вода, що уходить через кубову частину спиртової колони в каналізацію; зневоднений спирто – ефір надходить у другу колону, де він розділяється на складові частини.

По второму способу відокремлюють спочатку найбільш легкокиплячий продукт – ефір і потім у другій, спиртовій, колоні розганяють спирто - водну суміш. Застосовуєма для розділення трійної суміші як по першому, так і по другому способу ректифікаційна установка складається із двох колон.

В розглядаємії схемі (рис. 1.1) ректифікація сирого ефіра здійснюється по першому способу:

Із нейтралізатора пари сирого ефіра з температурою $75 - 80^{\circ}$ надходять в середню частину спиртової колони **6** на живлячу тарілку і піднімаються вверх по колоні, барботуючи через робочу рідину (флегму), що заповнює тарілки. По мірі просування вверх пари сирого ефіра взаємодіють з флегмою, відбираючи від неї більш летучу складову частину – спирт і ефір – і віддаючи їй містяться в них важколетучу домішку – воду.

Для виділення із трійної суміші води та отримання спирта міцністю не менше 90 % (об'ємн.) температуру у верхній частині колони потрібно підтримувати не нижче 70° . Це досягається зрошенням колони відповідною кількістю флегми, що надходить на верхню тарілку із дефлегматора **7** і яка представляє собою конденсат, який утворився при зрідженні парів, що надходять із верхньої частини колони.

Температуру куба колони підтримують в межах $102 - 105^{\circ}$, що забезпечується подачею в куб через барботер гострого водяного пара.

Із спиртової колони спирто – ефірні пари надходять в міжтрубний простір дефлегматора **7** (мідного трубчатого теплообмінника), де частково конденсуються, і повертаються у вигляді флегми в колону. Охолоджувальна вода із водопровідної мережі, або водонапірного бака, пройшовши попередньо через спиртовий холодильник **18**, надходить у дефлегматор, проходить через трубки останнього і направляється в каналізацію, або для використання на господарські потреби.

Для контролю повноти виділення спирта із фузельної води невелика проба парів від нижньої тарілки, або куба колони направляється в контрольний холодильник **24**, звідки конденсат надходить в епруветку **25** для визначення вмісту в ньому спирта. Фузельна вода із куба колони направляється через підігрівач для спирта **3** в каналізацію.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Несконденсовані в дефлегматорі пари спирта і ефіра, що містять невелику кількість води, надходять із дефлегматора на живлячу тарілку ефірної колони **8**, де відбувається відділення ефіра від спирта. Температура куба ефірної колони підтримується за рахунок обігріву глухим паром, що проходить по змійовику, розташованому на дні куба. Обігрів колони гострим паром не може бути застосований, так як він привів би до розбавлення водою витікаючого із куба колони міцного спирта. Найкраще розділення спирта і ефіра отримується, якщо температуру в нижній частині колони підтримувати біля 70° .

Температура у верхній частині колони має бути в межах $35-36^{\circ}$, що досягається зрошенням колони флегмою, що стікає із дефлегматора **9**. В цілому ефірна колона працює по тому ж принципу, що і спиртова. Спирт, температура кипіння якого вище, чим ефіра, конденсується і витікає із куба колони. Потім він охолоджується до 15° в холодильнику для рекуперованого спирта **18** і надходить через епруветку **19** в приймальний бак для спирта **20**; із останнього, спирт, якщо він відповідає кондиції, перекачується насосом **21** в напорний бак для спирта **1** і йде для живлення ефіризаторів. Для економії води і збереження тепла, що міститься в ньому, спирт може надходити безпосередньо в ефіризатор, минаючи холодильник.

Несконденсувавшаяся в ефірному дефлегматорі частина парів надходить у конденсатор – холодильник **10**. В цьому холодильнику пари ефіра конденсуються, після чого охолоджені до 15° конденсат надходить у водовідділювач **11**, в якому ефір відокремлюється від незначних кількостей води, що містяться в ньому. Потім ефір через епруветку **12** надходить у приймальний бак для ефіра **13**. Некондиційний ефір направляється в бак для бракованого ефіра **14**, куди також направляється відстоявшаяся у водовідділителі вода, що містить значний відсоток спирта і ефіра.

Бракований ефір насосом **15** перекачується із бака **14** в напірний бак для бракованої продукції **16**, звідки він через регулятор **17** надходить для переробки в ефірну, або спиртову колону.

На випадок проскоку кислих парів у спиртову колону передбачена подача розчину щелочи на верхню тарілку спиртової колони для їх нейтралізації. Несконденсувавшиєся інертні гази і повітря, які уносять із собою деяку кількість парів ефіра, відводяться із конденсатора – холодильника і водовідділителя по воздушнику в поглинач ефіра **23**, який представляє собою абсорбер, пристрій якого аналогічний пристрою нейтралізатора. Пари ефіра уловлюються спиртом. Останній, надходячи через верхній штуцер ефіроуловлювача і переливаючись із верхніх тарілок на нижні через зливні стакани, направляється в бак **20**. Із бака **20** спирт перекачується в напорний бак **1**. Повітря з парами ефіра проходить знизу вверх через парові стакани і щілини ковпаків, опущених в слой спирта. При цьому ефір поглинається спиртом, а саме повітря та інертні гази, що містяться в ньому, пройшовши через всі тарілки ефіроуловлювача, уходять в атмосферу.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
						14
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для контролю роботи ефіроуловлювача рекомендується у епруветок колон вивести до робочого місця апаратчика контрольну трубку з краником від лінії вихода повітря із ефіроуловлювача в атмосферу, що дає можливість постійно контролювати роботу апарата і при наявності у вихлопному повітрі ефіра посилити живлення ефіроуловлювача спиртом.

На **рис. 1.2** наведена **схема розгонки сирого ефіра по второму способу:**

Пари тройної суміші надходять із нейтралізатора на сьому, або восьму тарілку ефірної колони **1**. В цій колоні із суміші виділяють ефір. Суміш спирта і води, що залишилася після розділення ефіра, надходить самопливом із куба колони в спиртову колону **2**. Ефірна колона може обігріватися гострим паром, так як спирто-водна рідина містить близько 50 - 60% спирта і деяке розбавлення її конденсатом гріючого пара, сприятливо відображається на процесі подальшої переробки рідини у спиртовій колоні.

У спиртовій колоні суміш розділяється на спирт і воду. Остання уходить із куба колони в каналізацію, пройшовши попередньо через теплообмінник **3**, в якому нагріває спирт - сирець, надходячий на живлення ефіризатора. Так як деяка кількість ефіра потрапляє разом зі спирто-водною рідиною в спиртову колону, схемою передбачена можливість його розділення та повернення обратно в ефірну колону. Для цього спирт відбирається з тарілок колони методом пастеризації, а ефір конденсатора **4** повертається в ефірну колону. Гарячий (біля 80°) спирт міцністю до 90 – 92 % (об'ємн.) направляється безпосередньо з тарілок на живлення ефіризатора.

У випадку брака спирт надходить в холодильник **5**, звідки після охолодження направляється в бак для бракованого спирта.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
						15
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

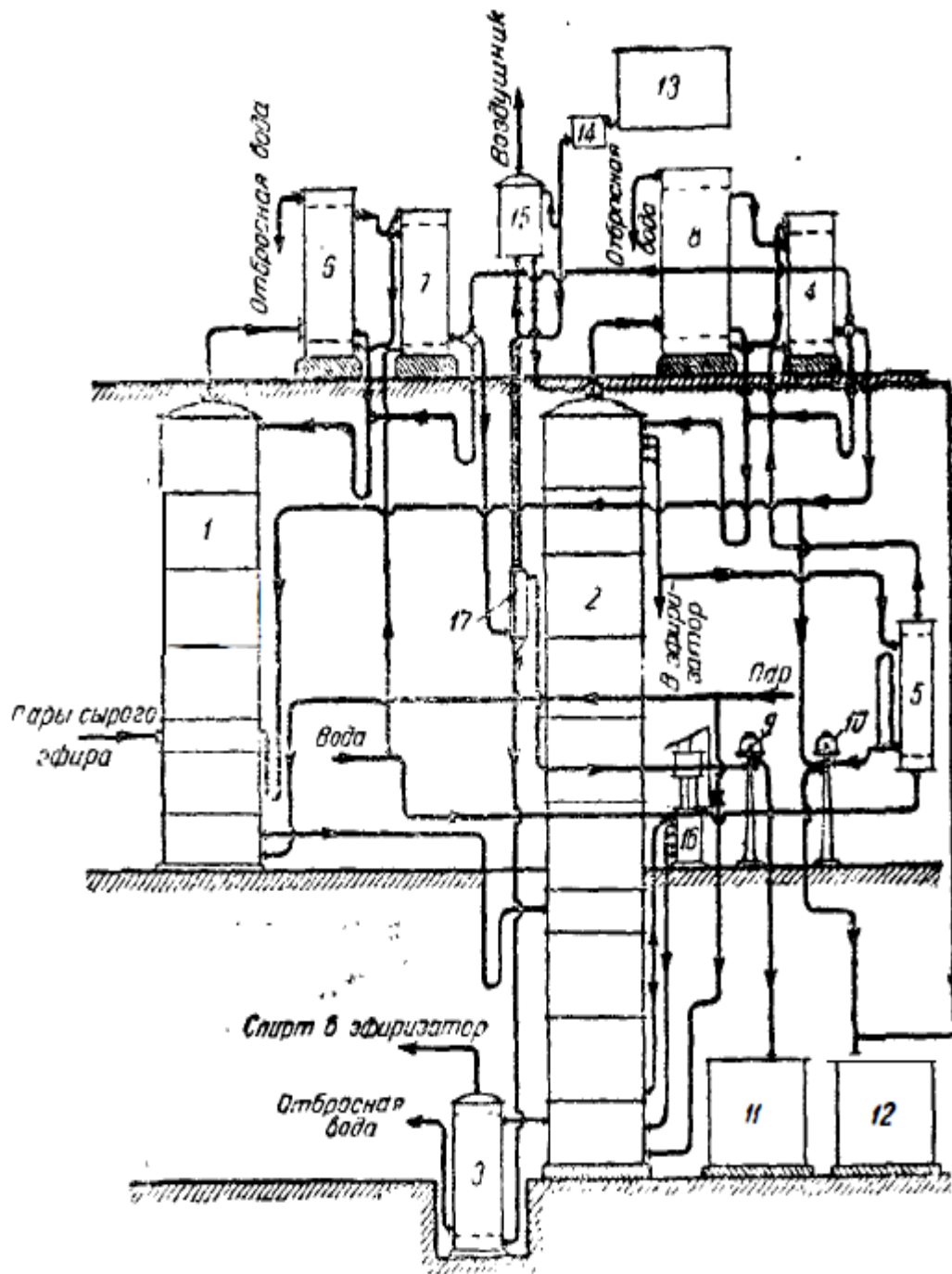


Рисунок 1.2 – Схема ректифікації сирого ефіра по другому способу.

- 1 – ефірна колона; 2 – спиртова колона; 3 – підігрівач для спирта;
 4 – конденсатор спиртової колони;
 5 – холодильник для рекуперованого спирта;
 6 – дефлегматор ефірної колони; 7 – конденсатор-холодильник для ефіра;
 8 – дефлегматор спиртової колони; 9 – епруветка для ефіра;
 10 – епруветка для спирта; 11 – бак для ефіра; 12 – бак для спирта;
 13 – напорний бак для спирта; 14 – регулятор напора; 15 – ефіропоглинач;
 16 – паровий регулятор; 17 – водовідділювач.

Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Обладнання ефірного виробництва:

Конструкція кожного апарата і вибір матеріала для його виготовлення обумовлюються низкою факторів фізичного, хімічного та експлуатаційного характеру. До цих факторів насамперед відносяться: температура, тиск, вимагаєма інтенсивність теплообміну та хімічні властивості переробляємих речовин. Температура процесу та точність її регулювання диктують вибір способу обігріву, або охолодження апарата.

Із існуючих способів обігріву: водяним паром, перегрітою водою, топочними газами, електрикою та ін., в умовах ефірного виробництва переважно застосовується паровий обігрів, як найбільш зручний та безпечний спосіб.

Легкість і точність регулювання температури, гарна тепловіддача – основні переваги цього способу.

В якості охолоджуючого агента в ефірному виробництві застосовується вода – річкова, або артезіанська. Перша, в залежності від пори року, має температуру від 1 до 25°. Температура другої більш постійна і дорівнює впродовж всього року 8 – 10°.

Порівняно невисокі температури процесу (до 125° в ефірізаторах і до 105° в ректифікаційних колонах) дають можливість обігрівати апарати за допомогою насиченого пара низького тиску (до 4 ата). Охолодження апаратів водою дозволяє оформляти теплообмінну поверхню апаратів будь-яким способом, т.е. у виді зміювиків, трубчаток і рубашок.

Величина теплообмінної поверхні, а також конструктивне оформлення останньої визначаються, в основному, вимагаємою інтенсивністю теплообміну. Так, наприклад, необхідність інтенсивного теплообміну в ефірізаторі змушує застосовувати конструкцію апарата з сильно розвиненою поверхнею теплообміну, оформляємою у виді зміювика.

Тиск, при якому здійснюється процес, визначає геометричну форму апарата, радіус кривизни поверхонь днищ і кришок, товщину стінок, а іноді також і матеріал, що застосовується для виготовлення апарата. Матеріал повинен витримувати напруження, що розвиваються в ньому в результаті тиску.

Хімічні властивості переробляємих речовин, особливо їх корродируючі властивості, обумовлюють вибір матеріала для виготовлення апарата. Матеріал має бути стійким до впливу хімічних речовин, що беруть участь в процесі, і, по можливості, дешевим та доступним. При цьому він не має являтися зворотним каталізатором здійснюємого процесу.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
						17
Изм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Регулюючі і контрольно–вимірювальні прилади

При виробництві ефіра, особливо при проведенні процесу ректифікації сирого ефіра, велике значення має регулювання кількості подаваного в апарати гріючого пара, і охолоджуючої води, а також кількості рідини, що подається на ефіроутворення, ректифікацію і т. д.

Для спостереження за ходом технологічного процесу і дотримання технологічного режиму виробництва необхідно постійно знати і, значить, постійно мати можливість вимірювати найважливіші параметри, від яких залежить ход процесу. До таких параметрів насамперед відносяться: температура, тиск і кількість протікаючих рідин, а також їх питома вага, по величині якої часто можна робити висновок про склад рідини.

Неодмінною умовою для нормального протікання ефіроутворення та отримання гарного розділення компонентів сирого ефіра в ректифікаційних колонах, являється спокійний і рівний ход процесу, що може бути досягнуто застосуванням автоматично діючих регуляторів.

Техніка безпеки

Заходи з техніки безпеки в ефірному виробництві визначаються, з одної сторони, легкістю займання ефіра і спирта та можливістю утворення вибухових сумішей цих речовин з повітрям, а з іншої сторони – токсичністю ефіра. Тому робота ефірних заводів має бути організована так, щоб зробити неможливим утворення небезпечних вибухових і токсичних концентрацій, що досягається максимальною герметизацією всієї апаратури та утриманням її в належному порядку. Крім того, всі робочі приміщення забезпечуються приточно - витяжною вентиляцією.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Опис технологічної схеми установки

На **рис. 2.1** представлена технологічна схема ректифікації бінарної суміші етанол-вода. (Розділення (ректифікація) по второму способу – схема на **рис. 1.2**)

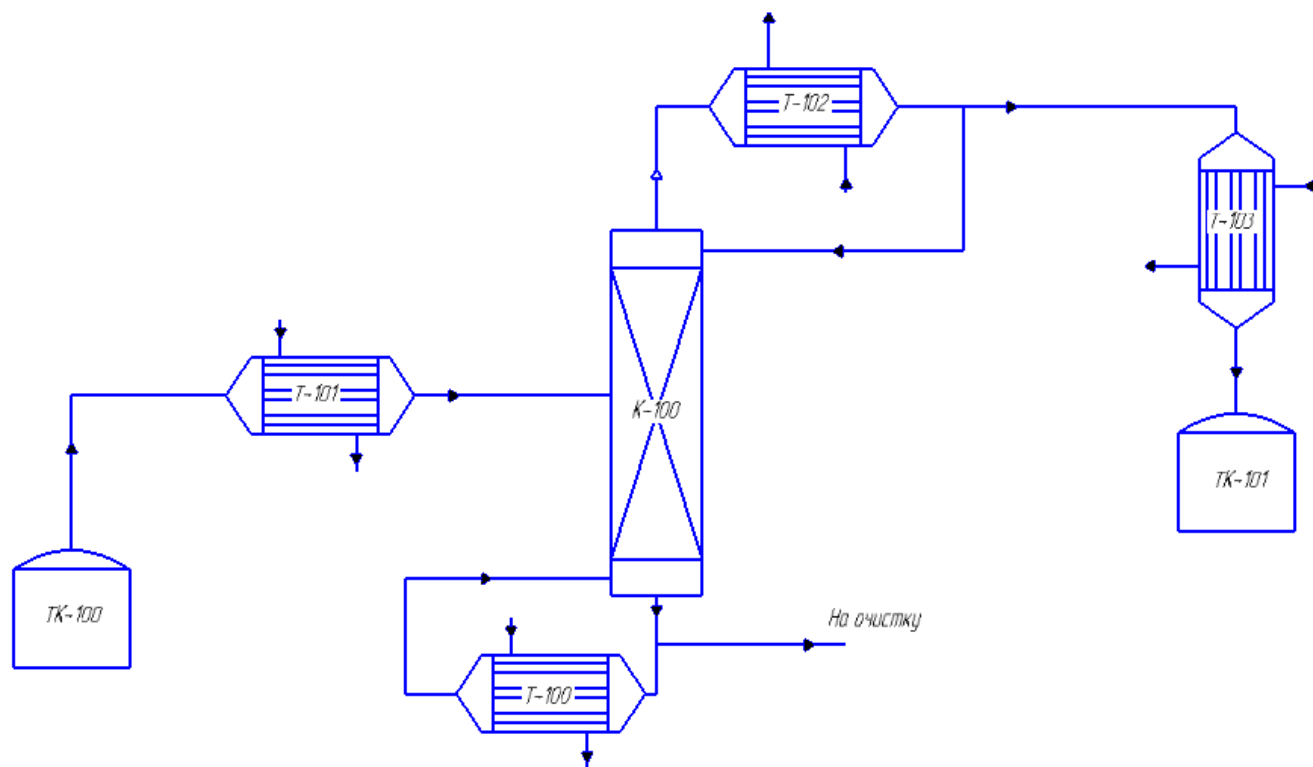


Рисунок 2.1 – Технологічна схема ректифікації бінарної суміші етанол-вода:

TK-100 – бункер зберігання вихідної суміші; **TK-101** – бункер зберігання етанолу;
T-100,101 – теплообмінник; **T-102** – теплообмінник-конденсатор; **T-103** – холодильник

Вихідна бінарна суміш етанол-вода із ємкості зберігання **TK-100** направляється на підігрів у теплообмінник **T-101**. Проходячи через теплообмінник **T-101** вихідна суміш нагрівається до температури кипіння і потім направляється в ректифікаційну колону **K-100**. В колоні **K-100** бінарної суміші шляхом одночасного тепло- і масообміну розділяється на етанол і воду. Утворившийся етанол видаляється зверху колони **K-100**, і, проходячи через теплообмінник-конденсатор **T-102**, розділяється на 2 потоки:

перший потік повертається в колону **K-100** у вигляді флєми,
второй потік проходить через холодильник **T-103** і далі направляється в бункер зберігання етанолу **TK-101**.

Із куба колони **K-100** відбирається вода і розділяється на 2 потоки:

перший потік, проходячи через теплообмінник **T-100**, нагрівається і повертається в куб колони **K-100**;

второй потік відправляється на очистку від механічних домішок.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

2.2 Опис об'єкту розроблення та вибір основних конструкційних матеріалів

2.2.1 Ректифікаційна колона. Принцип роботи. [1,2,7,24], [33,34,38]

Ректифікаційна колона - це вертикальний циліндричний апарат, який призначений для розділення сумішей з отриманням цільових продуктів потрібної якості.



При проведенні процесів випаровування і конденсації в колоні отримують пари більш збагачені низькокиплячими компонентами (НКК) і рідину (флегму) більш збагачену висококиплячими компонентами ніж вихідна система.

При здійсненні багаторазового випаровування та конденсації може бути забезпечене отримання парової та рідкої фаз з будь-якою бажаною концентрацією та необхідною кількістю продуктів.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Багаторазово повторюване контактування нерівноважних парової та рідких фаз - називається процесом **ректифікації**.

В залежності від застосовуваних контактних пристроїв **колони ділять на насадочні і тарілчаті**.

Насадочні колони – це колони на окремих ділянках, яких встановлені насадки. Насадки бувають регулярні та нерегулярні.

Нерегулярна насадка – це невпорядкований слой насипного інертного матеріалу у вигляді керамічних куль, металевих елементів і тому подібне, для збільшення площі контакту пара та рідини.

Переваги:

- мала вага;
- велика площа контакту;
- велика площа вільного перерізу;
- хімічна інертність;
- дешевизна.

Недоліки:

- високий опір слоя насадки;
- складність правильного розподілу парів та флегми;
- невисокий діапазон стійкої роботи.

Регулярна насадка - це скомпоновані в пакети слої гофрованих та перфорованих металевих листів.

Переваги:

- висока ефективність;
- невеликий перепад тиску;

Недолік:

- велика вартість

Тарілчаті колони мають найбільше застосування в нафтопереробці.

Тарілка - це контактний пристрій, на якому відбувається тепломасообмін між паровою і рідкою фазами.

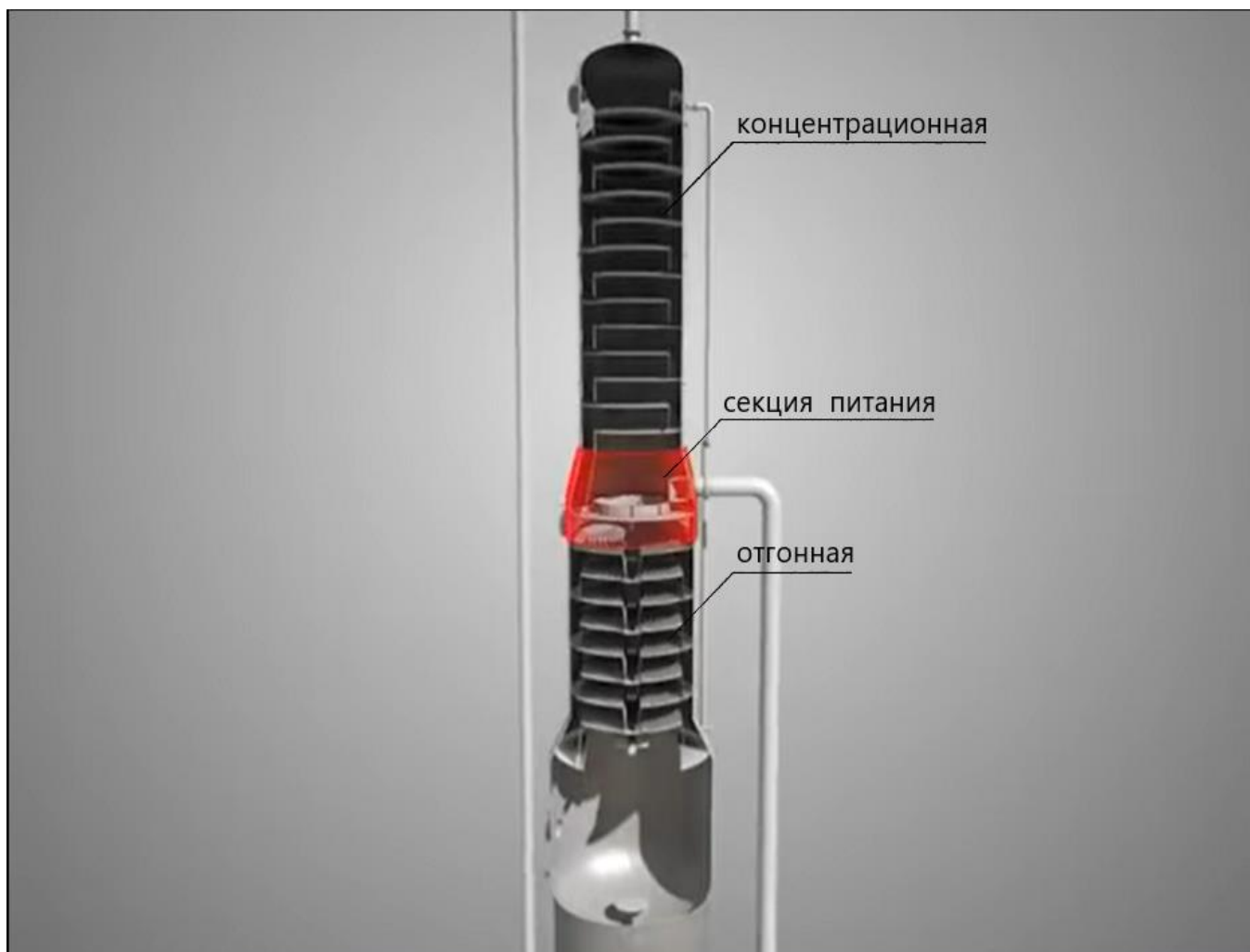
В залежності від технологічних умов в колону можуть встановлюватися тарілки різних конструкцій:

- ковпачкові;
- ситчаті;
- клапанні;
- решітчаті;
- з S – подібними елементами і т.д.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
						21
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У кожній колоні є секції:

- живлення;
- відгінна;
- концентраційна.



Концентраційна секція розташована вище секції введення сировини.

Секція живлення (евапараційний простір) – це секція куди вводиться сировина.

Відгінна секція розташована нижче рівня введення сировини.

Тарілка на яку подається сировина для розділення – називається **тарілкою живлення**.

Для нормальної роботи колони обов'язковими є подача зрошення наверх концентраційної секції колони, і підведення тепла, або гострого водяного пара у відгінну секцію.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Принцип дії ректифікаційної колони: [17]

В секцію живлення надходить сировина, яка підлягає ректифікації, у вигляді суміші парів і рідини.

При вході сировини в колону відбувається процес одноразового випаровування, в результаті якого утворюються пари і рідина, які знаходяться в рівноважному стані.

На кожній тарілці забезпечується контакт між парами, які надходять на дану тарілку, і рідиною, яка стікає на цю тарілку.

В результаті контакту цих потоків змінюється склад парової та рідкої фаз.

При цьому пари збагачуються низькокиплячими компонентами, а рідина висококиплячими компонентами.

Потоки парів і рідини, які виходять із тарілки, будуть знаходитися в стані близькому до рівноважного, при цьому пари надходять на вищележачу тарілку, де вступають в контакт з відповідним потоком рідини, а рідина - на нижчележачу тарілку, де знову відбувається зміна складу фаз.

Подібне контактування здійснюється до тих пір, поки пар наверху і рідина внизу колони не набудуть заданих складів.

Оскільки в процесі ректифікації повинні брати участь два потоки - парів і рідини, які складаються із одних і тих же компонентів, але різного складу, із верхньої частини колони відводять тепло, а до нижньої частини колони підводять тепло.

При конденсації частини парів вверху колони, утворюється потік рідини - флегми (зрошення), який перетікає вниз з тарілки на тарілку.

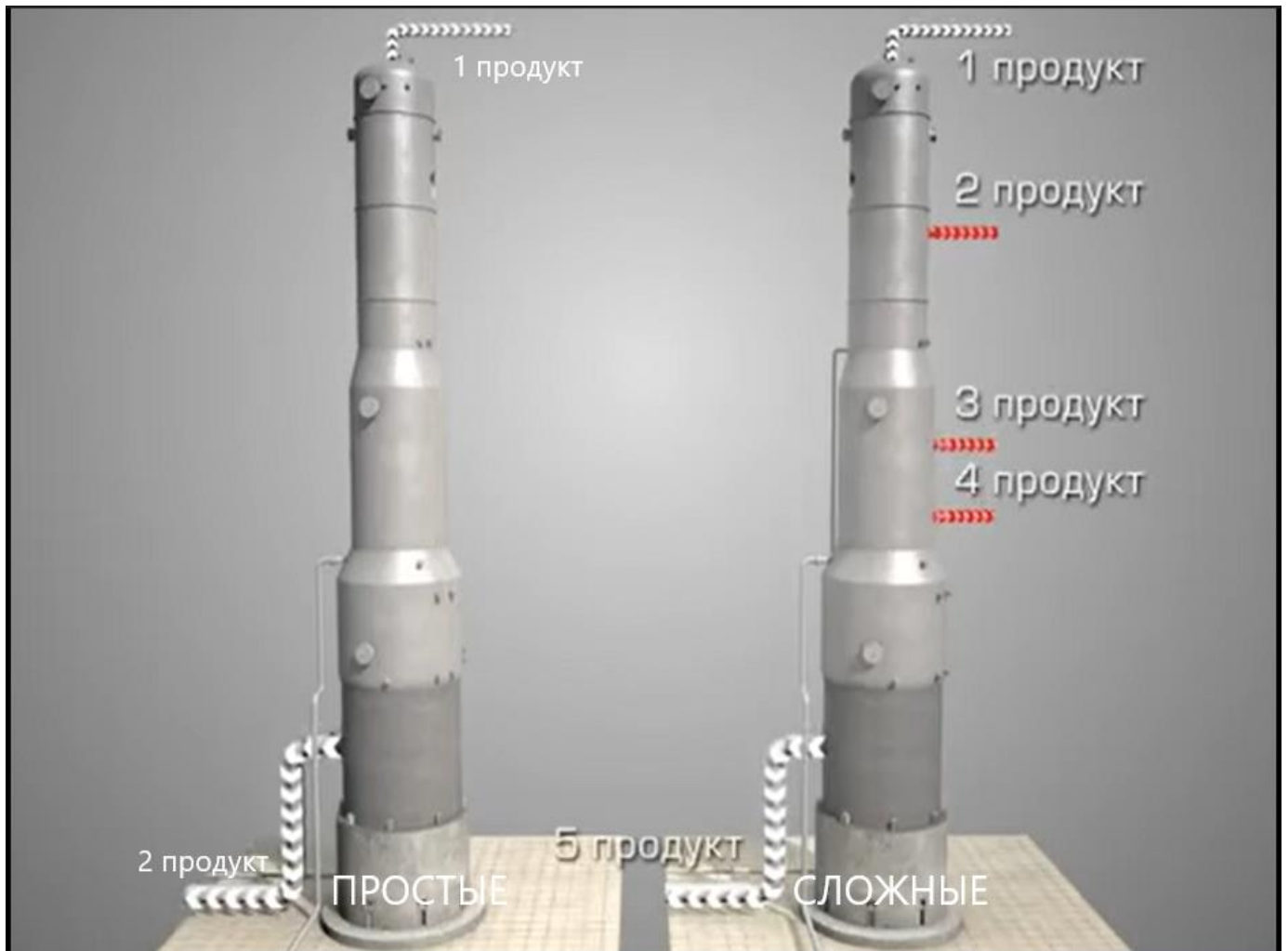
Внизу колони, за рахунок підведення тепла, частина рідини випаровується, утворюючи восходячий потік парів.

Наявність конденсатора та кип'ятильника дозволяє забезпечити необхідні рідинні і парові навантаження в колоні.

Продукт, який відбирають **зверху колони**, збагачений (НКК), - називається **ректифікатом**, а **знизу**, збагачений (ВКК), - називається **залишком**.

В залежності від кількості одержуваних продуктів при розділенні багатоконпонентних сумішей, **розрізняють прості і складні колони**.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23



В простых, при ректифікації отримують два продукта.

Складні, призначені для отримання трьох і більше продуктів.

Для відбору різних фракцій в колоні встановлюються відборні тарілки.

Проблеми підвищення енергетичної, економічної та екологічної ефективності ректифікаційних установок, застосовуваних для розділення рідин на чисті компоненти, постійно змушують шукати все нові шляхи їх вирішення.

Чим чистіше отримуваний товарний продукт (і по заданій концентрації, і по екологічності продукту), і чим з меншими затратами і втратами сировини це досягається, тим більш ефективним являється виробництво. Для цього необхідне застосування сучасних засобів автоматизації.

Установка ректифікації з точки зору безпеки праці характеризується шкідливими умовами праці, а також являється пожежо-вибухонебезпечним виробництвом. Для забезпечення пожежної безпеки установки виконується необхідний ряд заходів.

Розрахунок ректифікаційної колони необхідно проводити з урахуванням специфіки протікаючого в ній процесу.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

2.2.2 Вибір основних конструкційних матеріалів

Метою проектного розрахунку ректифікаційної колони для розділення бінарної суміші являється визначення діаметра колони, числа контактних пристроїв в укріплюючій і вичерпуваючій частинах колони, висоти колони, гідравлічного опору тарілки і колони в цілому, при заданих складах вихідної суміші, дистилята та кубового залишка, розхода вихідної суміші і тиска в колоні.

Для нормального функціонування апарата необхідно правильно вибрати конструкційний матеріал. Підбір проводиться виходячи із умов, в яких буде експлуатуватися апарат. Матеріали, які вибираються для деталей і складальних одиниць, повинні забезпечувати надійність колони в роботі і економічність у виготовленні. При виборі матеріала необхідно враховувати робочу (розрахункову) температуру в колоні, тиск і корозійну активність середовища. [3,14,25]

При виборі конструкційних матеріалів для колон враховуються: розрахунковий тиск, температура, хімічний склад і характер робочого середовища, температура оточуючого повітря і технологічні властивості матеріалів. [63 с.874]

Тарілчатими називають колонні апарати, в яких внутрішніми пристроями у робочій зоні являються тарілки.

Тарілчаті колонні апарати складаються із вертикального корпусу, сферичної, або еліптичної кришки, днища і жорстко скріпленої з корпусом опорної обичайки циліндричної, або конічної форми. [3 с. 64]

Внутрі корпусу колони змонтовані тарілки, пристрій для вводу сировини, відбійний пристрій та штуцера для рідини і пара. Для зручності монтажу та ремонту тарілок відстань між ними бажано приймати не менше 450 мм. Монтаж та обслуговування тарілок в апаратах з цільнозварним корпусом виконують через люки.

На корпусі колони передбачаються штуцера для вводу продукта і вивода пара, вводу флегми і пара із кип'ятильника, вивода кубового залишка та циркулюючої кубової рідини в кип'ятильник. Крім того, апарат забезпечують штуцерами для вимірювання тиска і температури по висоті апарата, рівня рідини, відбора проб та ін.

Корпуси апаратів, працюючих при великих робочих тисках, а також апаратів діаметром більше 1200 мм, виконують цільнозварними.

Апарати діаметром 400-1000 мм виготовляють в царговому виконанні, якщо робочий тиск в них не перевищує 1,6 МПа. Апарати в царговому виконанні забезпечують нероз'ємними тарілками, які представляють собою відбортований металевий диск з пристроями (отворами, ковпачками, клапанами та ін.) для вводу пара на тарілку і зливу рідини.

Для створення необхідного рівня рідини на тарілці встановлені зливна та переливна перегородки. Висота переливної перегородки постійна; вона утворює так називаємий переливний карман, в який погружена зливна труба, розташований вище тарілки.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Корпуса стандартизованих колонних апаратів виготовляються в двох виконаннях:

- корпус цільнозварний, розрахований на тиск до 4 МПа;
- корпус складається із окремих царг, які з'єднуються за допомогою фланців, розрахований на тиск 1,6 МПа. В кожній царгі встановлюється від 4 до 6 тарілок. [19, 25]

В якості конструкційного матеріалу для виготовлення корпусу колони та внутрішніх пристроїв виберемо сталь ХІ7.

В якості матеріалу для прокладки слід використовувати параніт. [65]

Вибір матеріалів для виготовлення колонних апаратів проводиться, виходячи із фізико-хімічних властивостей розділяємих сумішей, умов експлуатації, фізико-механічних властивостей матеріалів та їх вартості. При цьому окремі частини апаратів можуть бути виготовлені із різних конструкційних матеріалів. Головною вимогою до конструкційних матеріалів являється їх корозійна стійкість. Вона оцінюється величиною швидкості корозії [15,61,62,65,66]. Зазвичай для виготовлення деталей та вузлів колон, які контактують з агресивними середовищами, вибирають матеріал, швидкість корозії яких не перевищує 0,1 мм/рік.

Пристрій тарільчатої колони царгового типу

В даному проекті розглядається колонний апарат, корпус, якого проектується в царговому виконанні.

Царгові колони являються апаратами розбірного типу, корпус яких складаються із окремих вузлів (царг, кришек, куба). Внутрі царг розміщуються тарілки з різними контактними і розподільними пристроями [61].

На **рис. 2. 2** показано ескіз тарільчатої колони царгового типу [61,63,67], яка відповідає вимогам ОСТ–26–1488–83 [63, 67].

Наведена **таблиця 2. 1.** позначень і призначень штуцерів царгової колони. Такі колони можуть працювати при тиску до 1,6 МПа.

Кришка, царги і куб колони з'єднуються між собою за допомогою фланців. Царги представляють собою циліндричну обичайку, до торців якої приварені фланці. Товщина обичайки $\delta_{ст}$ залежить від діаметра колони, тиска, висоти і конструкційних матеріалів колони. Зазвичай величина $\delta_{ст}$ знаходиться в діапазоні 4 - 20 мм [63], [15,62]. Розрахунок товщини стінок колонних апаратів проводиться по ГОСТ 14249-89, СЕВ 597-77.

Внутрі царг розміщені, як правило, цельніє тарілки з різними контактними та розподільними пристроями. Висота царг l_1 залежить від кількості розташованих в них тарілок та відстані між тарілками h . Число тарілок зазвичай становить від 3 до 6, а величина h може бути 200, 300 і 400 мм [15, 63, 67]. В свою чергу, число царг залежить від загальної кількості тарілок колони.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
						24
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

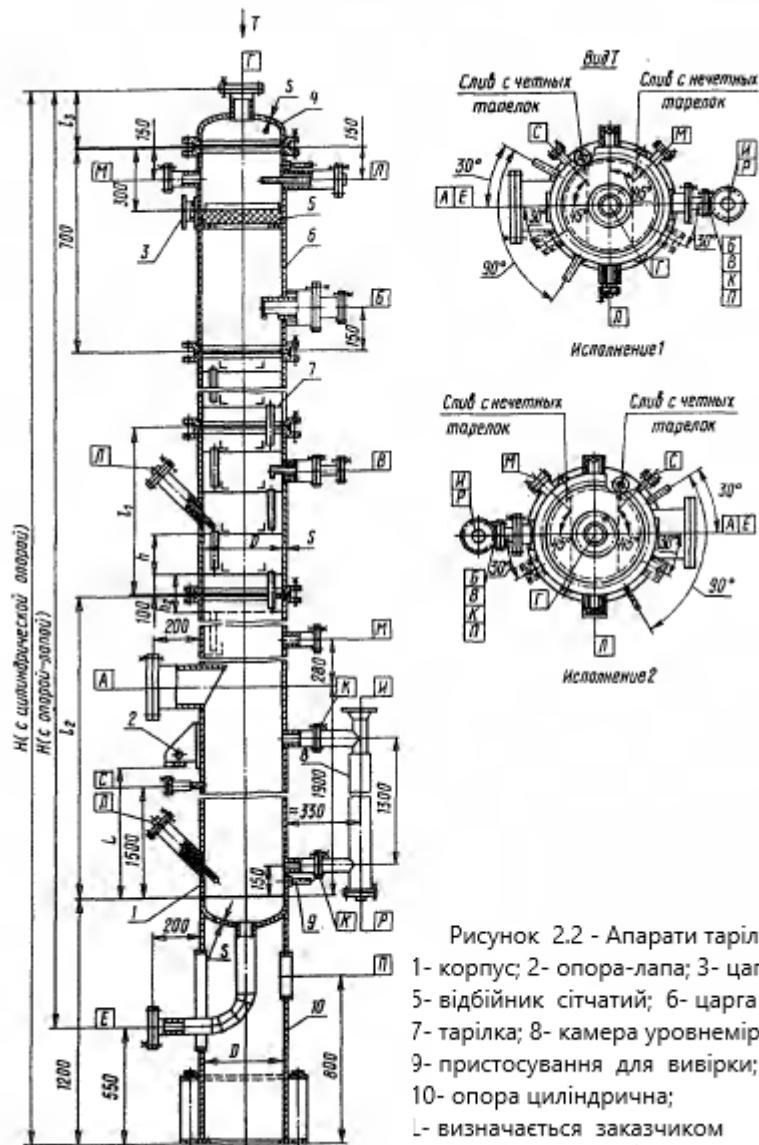


Рисунок 2.2 – Тарільчатая колонна царгового типа (эскиз)

Таблица 2.1.

Таблица позначень і призначень штуцерів царгових колон

Обозначение	Назначение	Количество	Условный проход, мм	Условное давление, МПа (кгс/см ²)
A*	Вход пара (газа)	1	—	—
B*	Вход флегмы	—	—	—
B*	Вход питания	—	—	—
Г*	Выход пара (газа)	1	—	—
E*	Выход жидкости на циркуляцию	1	—	—
И	Для регулятора уровня	1	50	4 (40)
К	Для камеры уравнимера	2	50	2,5 (25)
Л	Для замеры температуры	—	M20×1,5	—
М	Для замера давления	2	50	1,6 (16)
П	Лаз	2	250	—
Р	Дренаж	1	M20×1,5	—
С	Резервный	1	25	1,6 (16)

* Определяются расчетом.

Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

Внутрі царг для кріплення тарілок можуть бути розміщені опорні кільця, або кронштейни. Потрібно відмітити, що конструкції опорних пристроїв колонних апаратів практично не залежать від типа використовуємих тарілок.

Окремі царги забезпечуються штуцерами для подачі вихідних сумішей, флегми, абсорбентів та ін, а також штуцерами для отвода продуктів розділення. Подачу вихідної суміші і флегми проводять через штуцер з отражательною перегородкою, або через трубу з нижнім вирізом і прямою отражательною перегородкою, забезпечующих гасіння енергії струї та спокійний злив рідини на тарілку. З метою забезпечення складальних робіт в колонах царгового типа, подачу вихідної суміші та флегми часто здійснюють через пристрій «штуцер у штуцері».

Верхня царга з'єднується з кришкою, на якій розміщений штуцер для вихода пара, або газа із колони. Для стандартних колон діаметром 400 і 600 мм висота кришки з паровим штуцером $l_3 = 350$ мм, а для колонн діаметром 800 і 1000 мм $l_3 = 450$ мм.

Часто на кришке колони окрім технологічного штуцера для вихода пара встановлюють запобіжний клапан для забезпечення сброса пара при збільшенні тиска понад норму, штуцер для прохода повітря при заповненні водою під час гідравлічних випробувань, а також штуцери для термопар і манометрів.

Висота сепараційного простору над верхньою тарілкою перевищує, як правило, відстань між тарілками в 1,5 - 2 рази, для уникнення інтенсивного бризкоуноса із колони. Окрім цього, у верхній царгі іноді встановлюється ситчатий, або жалюзний сепаратор для додаткового відділення крапель (бризг) рідкої фази від парового потоку.

Висота нижньої частини (куба) колони залежить від конструкції кип'ятильника. Так, наприклад, відстань між штуцерами А і Е визначається розміром (довжиною) труб у кип'ятильнику. Береться до уваги також наступне. подача проміжучочної суміші із кип'ятильника в колону через штуцер А проводиться, як правило, на рівень рідини в кип'ятильнику. Відстань від штуцера А до самої нижньої тарілки має бути не меншою відстань між тарілками. Висота рівня рідини в колоні має бути в межах 0,5 - 1,0 м, що з урахуванням висоти опори може забезпечити достатній напор для проходження кубової рідини в приймальну ємкість через холодильник без використання насоса.

Для царгових колон використовуються циліндричні опори зазвичай висотою 1200 мм. При цьому куб приварюється безпосередньо до опори колони. Для колон з невеликим числом тарілок іноді використовують опорні лапи [63].

						ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			24

Контактний пристрій проектуемого апарата – решітчатa тарілка провального типа. (Типа ТР).

Контактні пристрої провального типа відрізняються тим, що перелив рідини з тарілки на тарілку проводиться через ті ж отвори, через які проходить пар, або газ. Це спрощує конструкцію тарілок і здешевлює їх.

Решітчаті тарілки типа ТР, застосовуються в колонних апаратах, працюючих при підвищених навантаженнях по рідині. [62]

Решітчаті тарілки бувають цельного типа (діаметром до 800 мм, ОСТ 26-675-72) і розбірного типа (діаметром від 1000 до 3000 мм, ОСТ 26-666-72). В днищах цельних решітчатих тарілок зазвичай є щілини шириною 4-6 мм і довжиною 60 мм. Шаг між щілинами може змінюватися від 8 до 36 мм [19,62], товщина тарілки 2-4 мм.

Розбірні тарілки забезпечуються штампованими полотнами з щілиновидними отворами. Через відсутність зливних пристроїв, корисна площа таких тарілок збільшується на 15-30%. Їхня продуктивність приблизно в 1,5 рази вища від ковпачкових тарілок. Недоліком колон з решітчатими тарілками являється більш вузький діапазон стійкої роботи і більш низький КПД в порівнянні з ковпачковими колонами.

На **рис. 2.3** показано ескіз решітчатої тарілки типа ТР. [62, с. 637, 658]

Наведена **таблиця 2.2**. – Технічна характеристика решітчатих тарілок типа ТР.

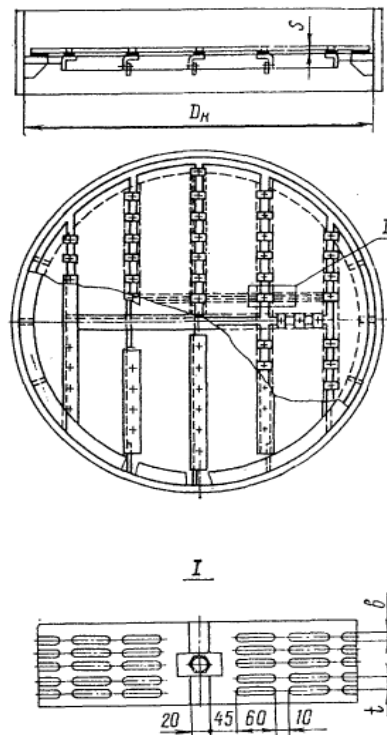


Рисунок 2.3 – Решітчатa тарілка типа ТР (ескіз)

										АДК
										24
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ					

Таблиця 2.2. – Технічна характеристика решітчатих тарілок типа ТР

Техническая характеристика решетчатых тарелок
типа ТР ОСТ 26-666—72

Диаметр колонны D_K , мм	Материал тарелки	S, мм	δ , мм	Шаг щелей t , мм												Относительное свободное сечение тарелки, m^2/m^2
				8	10	12	14	16	18	20	22	24	28	32	36	
				1000	Легированная сталь	2	4	0,22	0,17	0,15	0,13	0,11	0,1	0,09	0,08	
	Углеродистая сталь	4	6	—	0,27	0,22	0,19	0,16	0,15	0,14	0,12	0,11	0,09	0,08	0,07	105
1200	Легированная сталь	2	4	0,24	0,21	0,16	0,14	0,12	0,11	0,1	0,09	0,08	—	—	—	149
	Углеродистая сталь	4	6	—	0,32	0,24	0,2	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12	0,11	0,09	0,08	172
1400	Легированная сталь	2	4	0,25	0,21	0,18	0,16	0,16	0,12	0,1	0,09	0,08	—	—	—	60
	Углеродистая сталь	4	6	—	0,32	0,26	0,23	0,2	0,17	0,16	0,15	0,14	0,11	0,1	0,09	91
1600	Легированная сталь	2	4	0,26	0,2	0,17	0,14	0,13	0,11	0,1	0,09	0,08	—	—	—	79
	Углеродистая сталь	4	6	—	0,31	0,25	0,21	0,19	0,17	0,15	0,14	0,13	0,11	0,1	0,09	123
1800	Легированная сталь	2	4	0,28	0,22	0,18	0,15	0,14	0,12	0,11	0,1	0,09	—	—	—	94
	Углеродистая сталь	4	6	—	0,32	0,27	0,23	0,2	0,18	0,16	0,15	0,13	0,11	0,1	0,09	148
2000	Легированная сталь	2	4	0,26	0,2	0,17	0,15	0,13	0,12	0,1	0,09	0,08	—	—	—	129
	Углеродистая сталь	4	6	—	0,31	0,26	0,28	0,2	0,18	0,16	0,15	0,13	0,11	0,1	0,09	199
2200	Легированная сталь	2	4	0,27	0,2	0,18	0,15	0,13	0,12	0,11	0,1	0,09	—	—	—	151
	Углеродистая сталь	4	6	—	0,32	0,26	0,22	0,2	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12	0,1	0,09	235
2400	Легированная сталь	2	4	0,27	0,22	0,18	0,16	0,14	0,12	0,11	0,1	0,09	—	—	—	196
	Углеродистая сталь	4	6	—	0,31	0,27	0,22	0,2	0,18	0,16	1,15	0,13	0,12	0,1	0,09	301
2600	Легированная сталь	2	4	0,3	0,21	0,18	0,16	0,14	0,12	0,11	0,1	0,09	—	—	—	228
	Углеродистая сталь	4	6	—	0,31	0,27	0,24	0,2	0,18	0,16	0,15	0,14	0,12	0,1	0,09	335
2800	Легированная сталь	2	4	0,27	0,24	0,19	0,16	0,14	0,12	0,11	0,1	0,09	—	—	—	249
	Углеродистая сталь	4	6	—	0,36	0,28	0,23	0,2	0,18	0,16	0,15	0,14	0,12	0,1	0,09	367
3000	Легированная сталь	2	4	0,28	0,22	0,18	0,16	0,14	0,12	0,11	0,1	0,09	—	—	—	285
	Углеродистая сталь	4	6	—	0,33	0,28	0,24	0,21	0,18	0,16	0,15	0,14	0,12	0,1	0,09	389

Висота царги корпусу тарільчатої колони визначається діаметром апарату і числом встановлюваних в ній тарілок; рекомендуємо число тарілок в царге приводиться у відповідному стандарті на конструкцію тарілки. В загальному випадку висота царги повинна вибиратися із умов зручності монтажу тарілок і транспортування [69 с. 213].

Для колони діаметром $D_K \leq 800$ мм висота царги визначається можливістю монтажу найбільш віддаленої тарілки. Для колони $D_K > 800$ мм монтаж тарілок всередині царги полегшується, і висота царг може бути збільшена. Нижня тарілка в царге встановлюється на кронштейнах, закріплених на внутрішній поверхні обичайки, а верхня тарілка в царге закріплюється упорним кільцем.

Відстань між сусідніми тарілками в царге фіксується за допомогою спеціальних пристроїв, показаних на **рис. 2. 4**. Найбільшого поширення отримала установка нерозбірних тарілок в царге за допомогою вертикальних стоек (**рис. 2. 4, а**), частіше всього трьох, закріплених на нижчерозташованих тарілках. При підвищених вимогах до монтажу тарілок в горизонтальній площині (ситчаті, решітчаті і т.д.), в них устанавлюють регулювочні винти з фіксуючою гайкою, нижній кінець яких знаходиться на верхньому майданчику опорної стойки.

При значній відстані між тарілками ($H_T \geq D_K$) їх доцільно встановлювати на розпорних кільцях (**рис. 2. 4, б**), або на опорних уголках (**рис. 2. 4, в**). Розпірне кільце фіксують в царге колони шляхом роздвигання торців кільця 1, внутрішніми гайками 2, які знаходяться на шпильке 3. Опорні уголки 1 встановлюють в царге на прямокутних бобишках 2, приварених до стінки царги, і болтами 3 кріплять до тарілки.

Фланці царг виконують по ОСТ 26-426 – 72 і ОСТ 26-427 – 72.

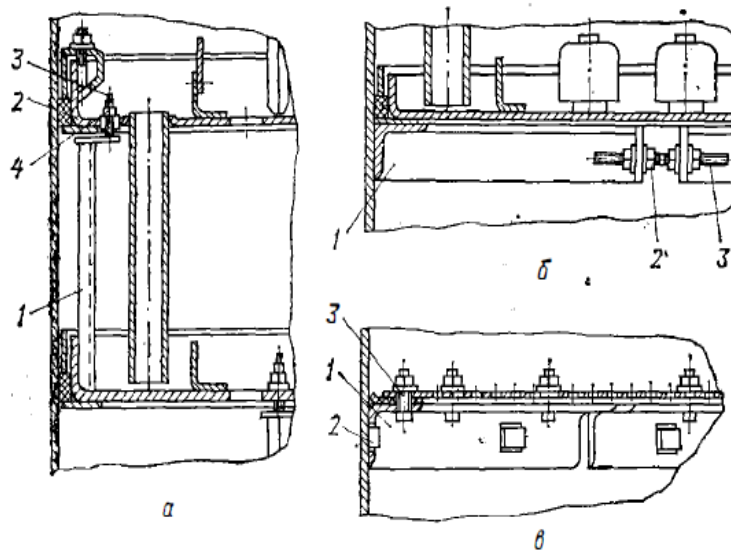


Рисунок 2. 4 – Установка тарілок в царге колони:

а – на вертикальних стойках:

1 – стойка; 2 – тарілка; 3 – регулювочний винт; 4 – фіксуюча гайка;

б – на розпорному кільці:

1 – розпірне кільце; 2 – гайка; 3 – шпилька;

в – на опорних уголках:

1 – уголок; 2 – прямокутна бобишка; 3 – болт.

Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кришки і днища колон являються основними елементами корпусів колонних апаратів. При виготовленні цільнозварних колон частіше всього використовуються кришки і днища еліптичної форми з відбортовкою на циліндр. Розміри еліптичних кришек і днищ регламентуються ГОСТом 6533-78. Їх розміри наведені в довідниках [15, 62]. Кришки царгових колон забезпечуються фланцями апаратурного типу (рис. 2. 5). Розрахунок товщини днищ і кришек виконується по ГОСТу 14249-89. Методи такі розрахунків наведені в [15, 62]. В цільнозварних колонах товщину еліптичних кришек і днищ зазвичай приймають равной товщині обичайки, до якої вони приварюються.

В еліптичному днищі апарата необхідно передбачити один отвір для введення кубової суміші в теплообмінник для обігріву, (діаметром 80 мм). В кришке необхідно передбачити один отвір для виведення парів дистиляту (діаметром 80 мм).

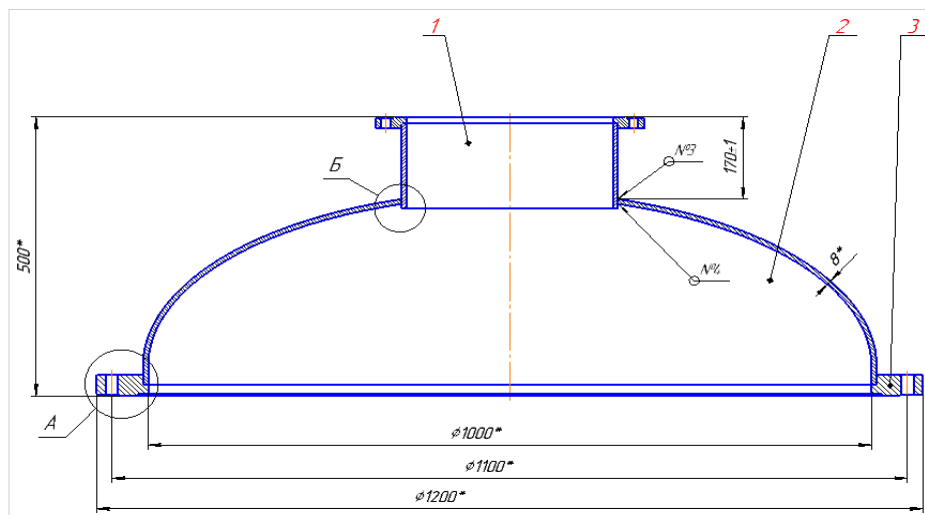


Рисунок 2. 5 – Еліптична кришка царгової колони (на фланцях)

1 – штуцер; 2 – днище (кришка); 3 – фланець

							ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				26

Опора колони

Для встановлення колони на фундамент використовуємо опору типу 1, [3, 57], яка розміщується знизу апарата і жорстко з'єднується з корпусом колони (рис. 2. 6).

Опора застосовується при встановленні колони на відкритому майданчику.

Висота опор H_1 залежить від діаметра колони і від розмірів кип'ятильника. Рекомендується [15, 62] колони діаметром від 400 до 800 мм встановлювати на циліндричні опори висотою 1200 мм, а колони діаметром від 1000 до 3600 мм на циліндричні, або конічні опори висотою 2000 м. В опорах мають бути передбачені отвори для приєднання трубопроводів і лази для проведення монтажних робіт. Необхідне число отворів і лазів, їх розміри, розташування і форма вибирається із умов експлуатації і монтажу. Вони повинні відповідати вимогам ОСТ 26-291-79 [62].

Методика розрахунку опор на міцність наведена в довідниках [15, 62]. Там же наведені залежності для визначення максимальної Q_{max} і мінімальної Q_{min} приведених навантажень на опори.

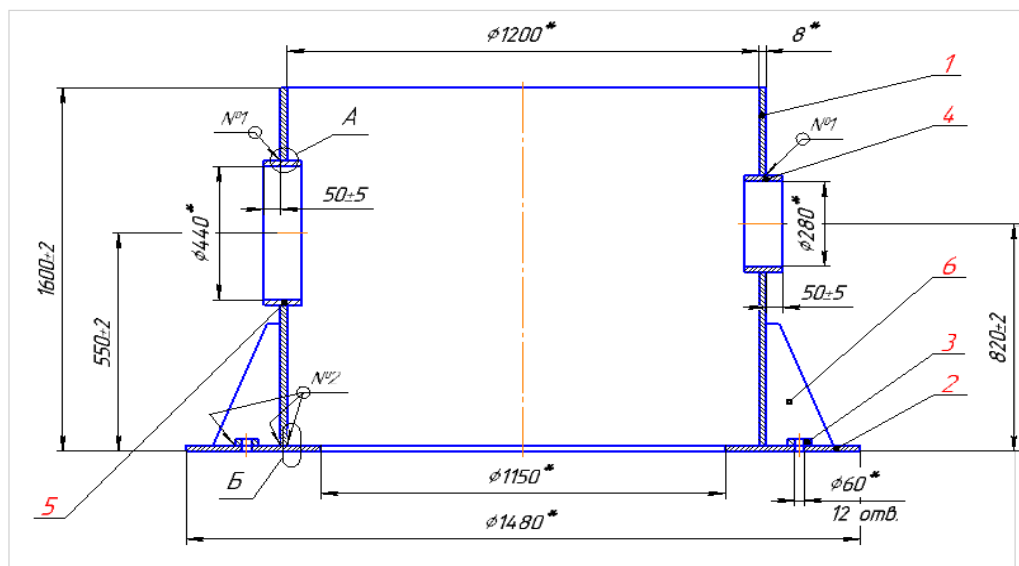


Рисунок 2.6 – Опора колони

1 – корпус; 2 – кільце опорне; 3,4,5 – кільця; 6 – ребро

Фланцевые соединения, бобышки [61]

Для соединений отдельных частей колонных аппаратов (царг, днищ, крышек), а также присоединяемых к ним трубопроводов применяют фланцевые соединения. При этом материал фланцев обычно соответствует материалу соединяемых частей (деталей) аппаратов. Заметим, что стандартные фланцевые соединения для трубопроводов и для самих аппаратов имеют различные размеры. Фланцевые соединения выбираются исходя из значения условного диаметра D_u и условного давления p_u . Последнее должно быть не менее рабочего давления в аппарате. В целях унификации принимают следующие значения: $p_u = 0,6; 1,0$ и $1,6$ МПа [13].

Конструкции фланцевых соединений описаны в справочниках [13, 14]. Различные виды фланцев применяются в зависимости от рабочих параметров процессов (давления, температуры и свойств разделяемых смесей), а также от материала, из которого они изготовлены.

Для соединения царг, днищ и крышек стальных колонных аппаратов, работающих при давлении $p_u \leq 1,6$ МПа рекомендуется использовать плоские приварные фланцы (ОСТ 26-426-79), размеры которых приведены в табл. 19.7 [14] или в табл. 21.12 [13]. Эти фланцы имеют D_u от 400 мм до 4000 мм.

Затяжка фланцевых соединений обычно осуществляется болтами, диаметр и число которых зависит от типа фланцев, D_u и p_u (см. табл. 19.2 и 19.7 [14]).

Для присоединения арматуры и соединений отдельных частей трубопроводов следует использовать так называемые «арматурные» фланцы, которые имеют D_u от 10 до 1600 мм [13, 14].

При этом рекомендуется при давлениях $p_u \leq 2,5$ МПа использовать самые простые плоские приварные фланцы (ГОСТ 12820-80), размеры которых приведены в табл. 19.2 [14] или в табл. 21.9 [13]. На **рис.19,а** показана конструкция плоского приварного фланца для присоединения арматуры, а в табл. 16 приведены размеры таких фланцев для D_u от 10 мм до 500 мм и $p_u \leq 0,6$ МПа. Размеры фланцев при $D_u > 500$ мм и других значениях p_u приведены в справочниках [13, 14].

Следует отметить, что при одинаковых значениях D_u и p_u фланцы для арматуры имеют большие габариты и металлоемкость, чем фланцы для аппаратов.

Для уплотнения фланцевых соединений применяются прокладки различных типов [13, 14]. При использовании плоских фланцев, как правило, применяются эластичные прокладки из неметаллических материалов, например из паронита [12]. Толщина таких прокладок обычно составляет 2-4 мм.

Методики расчета фланцевых соединений на прочность приведены в справочниках [13, 14].

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Иногда для присоединения арматуры (трубопроводов, термопар, термометров сопротивлений, пробоотборников, уровнемеров, манометров и др.) к колонным аппаратам используют бобышки, которые привариваются непосредственно к корпусу колонн. Они могут быть разного типа. Фланцевые бобышки имеют такие же посадочные поверхности, как и у обычных фланцев. Присоединение трубопроводов и других устройств к таким бобышкам осуществляется с использованием шпилек. Бобышки часто имеют внутреннюю резьбу. В такие бобышки, например, ввинчиваются термопары. Размеры бобышек стандартизированы [12].

Штуцера [61]

Штуцера в ректификационных колоннах предназначены для подвода в колонну исходной смеси, флегмы и парожидкостной смеси, поступающей из кипятильника колонны для подачи жидкой фазы в кипятильник и для отбора кубового остатка. Штуцера обычно представляют собой патрубки, изготовленные из труб с приваренными к ним фланцами «арматурного» типа (рис. 19,а). При этом для колонн, работающих под давлением до 2,5 МПа, обычно используют плоские фланцы (ОСТ-26-1404-76 [12]).

Наряду со штуцерами в аппаратах часто применяют вводы и выходы труб. Они могут быть разборными и неразборными [13]. Неразъемные по существу не отличаются от соответствующих штуцеров. Разъемные же вводы и выходы представляют собой обычный фланцевый штуцер, в который вставляется труба, присоединяемая к указанному штуцеру с помощью фланца (рис. 19,б). Соединение такого вида иногда называют «штуцер в штуцере». Оно имеет фланцы А и Б различного Ду. В табл. 18 приведены основные размеры такого соединения.

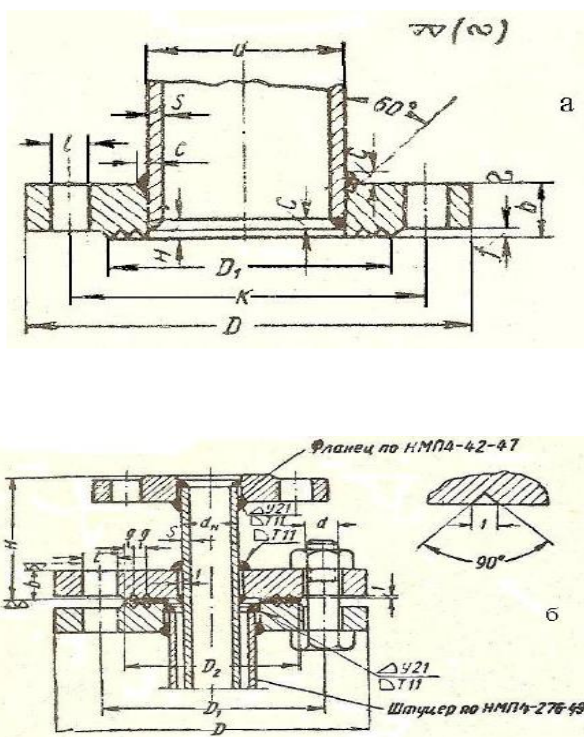


Рис. 19. Плоские приварные фланцы и штуцера стальных аппаратов.

Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Указатели уровня жидкости [61]

При эксплуатации колонных аппаратов постоянно или периодически производятся наблюдения за уровнем жидкости в их кубе, в ряде случаев поддерживается этот уровень в определенных пределах. Для этой цели служат указатели и регуляторы уровня.

Укрепление отверстий [61]

В обечайках, крышках, днищах и опорах колонных аппаратов имеются различного рода отверстия для штуцеров, ввода труб, люков, лазов и т.п. Такие отверстия ослабляют соответствующую стенку аппарата и поэтому во многих случаях (особенно при больших диаметрах отверстий; как правило, более 100 мм) требуется их укрепление. Способы укрепления отверстий описаны в справочниках [13, 14].

Тепловая изоляция [61]

Для уменьшения потерь тепла в окружающую среду при проведении высокотемпературных процессов и снижения поступления тепла из окружающей среды внутрь аппаратов при проведении низкотемпературных процессов используется тепловая изоляция. Это позволяет повысить технико-экономические показатели проектируемых установок, а также обеспечить безопасные условия при их эксплуатации.

При проведении процесса ректификации температура в кубе всегда выше температуры в верхней части колонны. Поэтому при проведении высокотемпературной ректификации толщина изоляции в нижней части колонны должна быть больше, чем в верхней части.

Для упрощения монтажных работ тем не менее часто принимают толщину изоляции одинаковой для всей колонны. При этом расчет толщины изоляции колонных аппаратов как правило проводят исходя из максимальной разности температуры между внутренними потоками и окружающей средой.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

3. РОЗРАХУНОК РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ

3.1 Матеріальний розрахунок процесу [7, 9, 29]

Розраховуємо продуктивність по дистилляту і кубовому залишку.

Для цього складаємо матеріальний баланс, щоб визначити кількість і склад речовин, які беруть участь у процесі ректифікації.

Матеріальний баланс колони розраховується по формулі:

$$F = P + W$$

де F – витрата вихідної суміші, кг/с; P – витрата дистилляту, кг/с; W – витрата кубового продукту, кг/с.

Матеріальний баланс по НКК розраховуємо по формулі:

$$F \cdot \bar{x}_F = P \cdot \bar{x}_P + W \cdot \bar{x}_W$$

де \bar{x}_F - концентрація НКК в вихідній суміші, мас.долі; \bar{x}_P - концентрація НКК в дистилляті, мас. долі; \bar{x}_W - концентрація НКК в кубовому залишку, мас. долі.

Перетворюємо рівняння і знаходимо продуктивність по кубовому залишку.

Продуктивність колони по дистилляту P і кубовому залишку W визначається із матеріального балансу колони:

$$\begin{cases} F = P + W; \\ F\bar{x}_F = P\bar{x}_P + W\bar{x}_W. \end{cases}$$

Звідси знаходимо:

$$W = \frac{F \cdot (\bar{x}_P - \bar{x}_F)}{(\bar{x}_P - \bar{x}_W)} = \frac{13 \cdot (0,89 - 0,33)}{0,89 - 0,01} = 8,27 \text{ тонн/год} = 2,3 \text{ кг/с},$$

$$P = F - W = 13 - 8,27 = 4,73 \text{ тонн/год} = 1,31 \text{ кг/с}.$$

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
						26
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Визначення мінімального та робочого флегмового числа

Флегмове число визначається відношенням кількості флегми, повертаємої в колону, до кількості відбираемого дистилляту. Воно є найважливішою характеристикою процесу ректифікації, впливаючою на рушійну силу процесу, число тарілок і висоту колони, на витрату гріючого пара для проведення процесу ректифікації і на витрату охолоджуючої води в дефлегматорі. [7,9]

Мінімальне флегмове число визначаємо двома способами: графічним та графоаналітичним. Для реалізації цих способів побудуємо діаграму у-х по експериментальним даним (**таблиця-1**). Для виконання необхідних побудов на у-х-діаграмі перерахуємо масові концентрації в мольні за формулою.

Таблиця - 1

X, моль %	Y, моль %	T, °C	P, мм.рт.ст.
0	0	100	760
5	33,2	90,5	
10	44,2	86,5	
20	53,1	83,2	
30	57,6	81,7	
40	61,4	80,8	
50	65,4	80	
60	69,9	79,4	
70	75,3	79	
80	81,8	78,6	
90	89,8	78,4	
100	100	78,4	

$M_a=46$ г/моль (етанол),

$M_b=18$ г/моль (вода).

Індекси а і b відносяться до низькокиплячого та висококиплячого компонентів суміші, відповідно.

Вміст низькокиплячого компонента в живленні обчислюємо по формулі:

$$x_F = \frac{\bar{x}_F / M_{\text{етанола}}}{\frac{\bar{x}_F}{M_{\text{етанола}}} + \frac{1 - \bar{x}_F}{M_{\text{води}}}} \quad (1)$$

де

X_F – концентрація низькокиплячого компонента в живленні, мольні долі;

$M_{\text{етанола}}$ – мольна маса низькокиплячого компонента, кг/моль;

$M_{\text{води}}$ – мольна маса висококиплячого компонента, кг/моль;

Вміст низькокиплячого компонента в дистилляті обчислюють по формулі:

$$x_D = \frac{\bar{x}_D / M_{\text{етанола}}}{\frac{\bar{x}_D}{M_{\text{етанола}}} + \frac{1 - \bar{x}_D}{M_{\text{води}}}} \quad (2)$$

де

X_D - концентрація низькокиплячого компонента в дистилляті, мольні долі

Вміст низькокиплячого компонента в кубовому залишку обчислюють по формулі:

$$x_W = \frac{\bar{x}_W / M_{\text{етанола}}}{\frac{\bar{x}_W}{M_{\text{етанола}}} + \frac{1 - \bar{x}_W}{M_{\text{води}}}} \quad (3)$$

де

X_W – концентрація низькокиплячого компонента в кубовому залишку, мольні долі.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Підставимо в формулу (1), в формулу (2) і в формулу (3) вихідні дані і знайдемо вміст етилового спирту в суміші (живленні), в дистилляті і в кубовому залишку.

$$X_F = \frac{\frac{0,23}{46} + \frac{46}{18}(1-0,23)}{46 + 18} = 0,16 \text{ кмоль/кмоль суміші};$$

$$X_D = \frac{\frac{0,89}{46} + \frac{46}{18}(1-0,89)}{46 + 18} = 0,74 \text{ кмоль/кмоль суміші};$$

$$X_W = \frac{\frac{0,01}{46} + \frac{46}{18}(1-0,01)}{46 + 18} = 0,004 \text{ кмоль/кмоль суміші};$$

Для графічного визначення мінімального флегмового числа R_{\min} на діаграмі $y-x$ (рисунок 2) знаходимо точки $C(x_p - y_p)$ і $B(x_F - y_F^*)$. Проведемо через ці точки пряму до перетину із осью ординат, відсікаючи на ній відрізок V_{\max} .

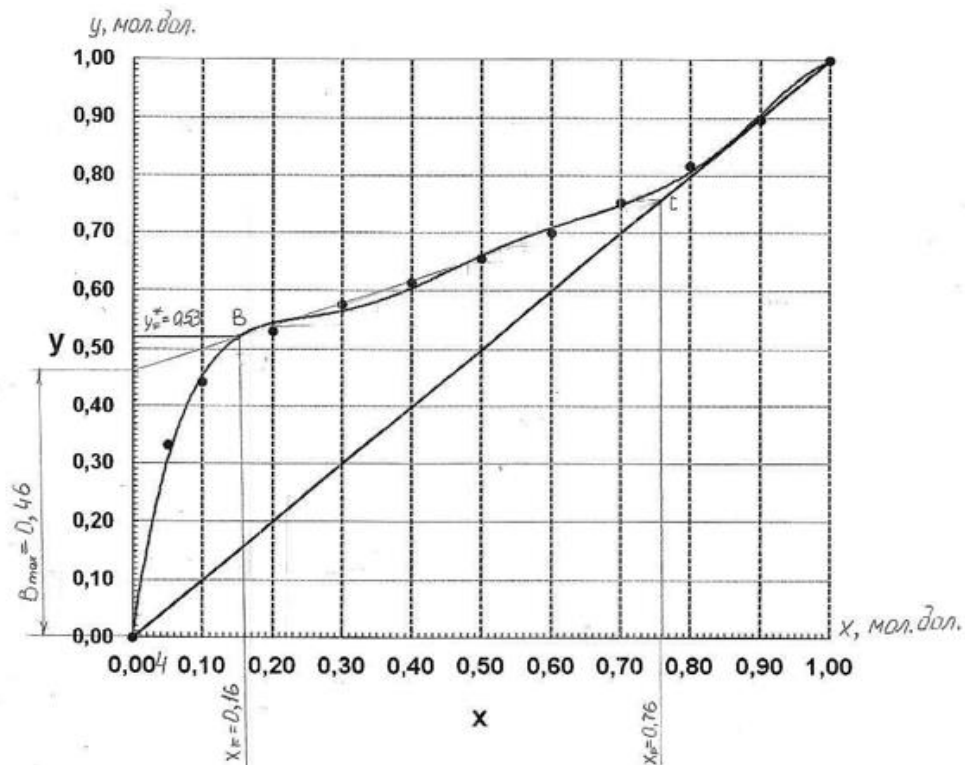


Рисунок 2 – x-y діаграма етанол – вода

Із рівняння лінії робочих концентрацій для верхньої частини колони (для мінімального флегмового числа).

$$V_{\max} = \frac{x_p}{R_{\min} + 1}$$

$$R_{\min} = \frac{x_p}{V_{\max}} - 1$$

$$V_{\max} = 1,5$$

Звідси виходить, що

$$R_{\min} = \frac{0,76}{0,46} - 1 = 0,652$$

Перевіримо значення R_{\min} по формулі

$$R = \frac{x_p - y^*f}{y^*f - x_f} = \frac{0,76 - 0,53}{0,53 - 0,16} = 0,621$$

Як видно, результати розрахунку за обома методиками добре узгоджуються. Приймаємо мінімальне флегмове число $R_{\min} = 0,621$.

Задаючись різними значеннями коефіцієнтів надлишку флегми β (рис. 3-8), визначимо відповідні флегмові числа.

Графічною побудовою ступеней зміни концентрацій між рівноважною та робочими лініями на діаграмі X-Y знаходимо число теоретичних тарілок N.

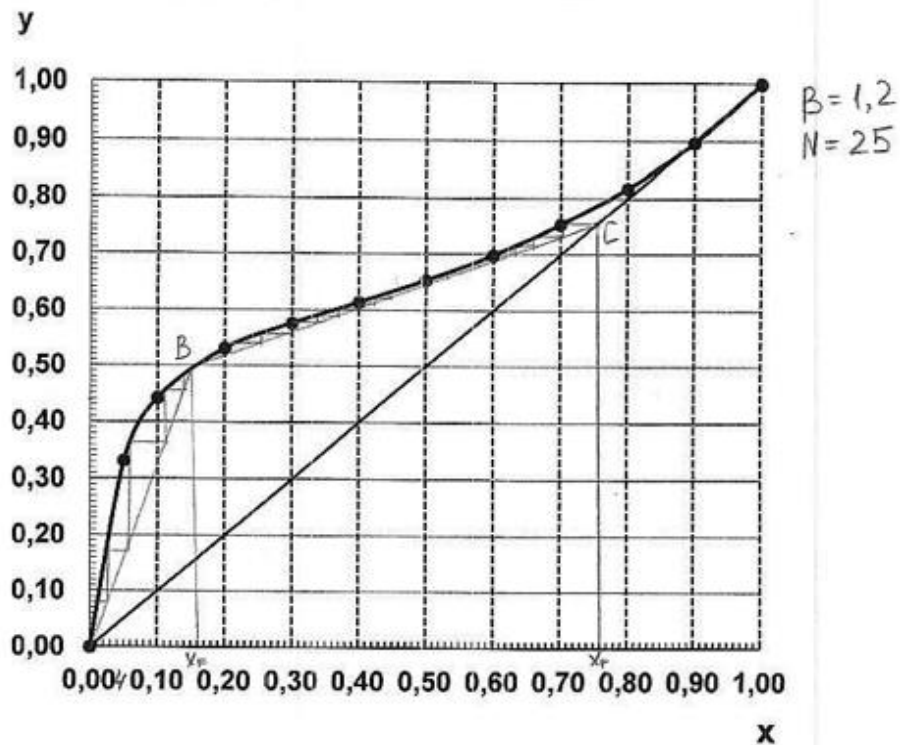


Рисунок 3 – x-y діаграма етанол – вода

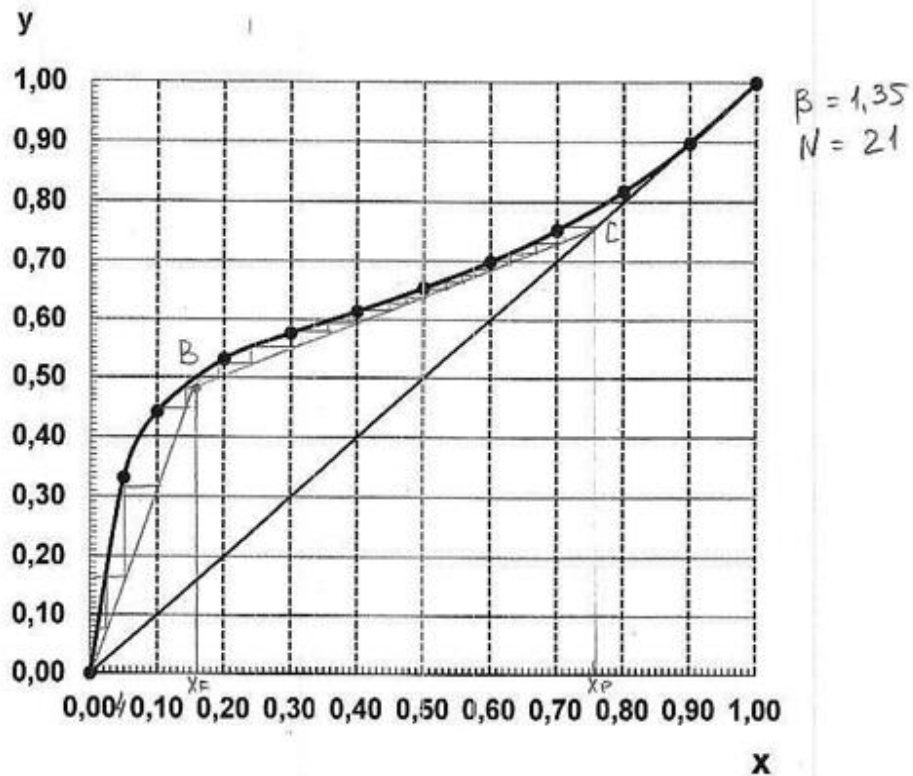


Рисунок 4 – x-y діаграма етанол – вода

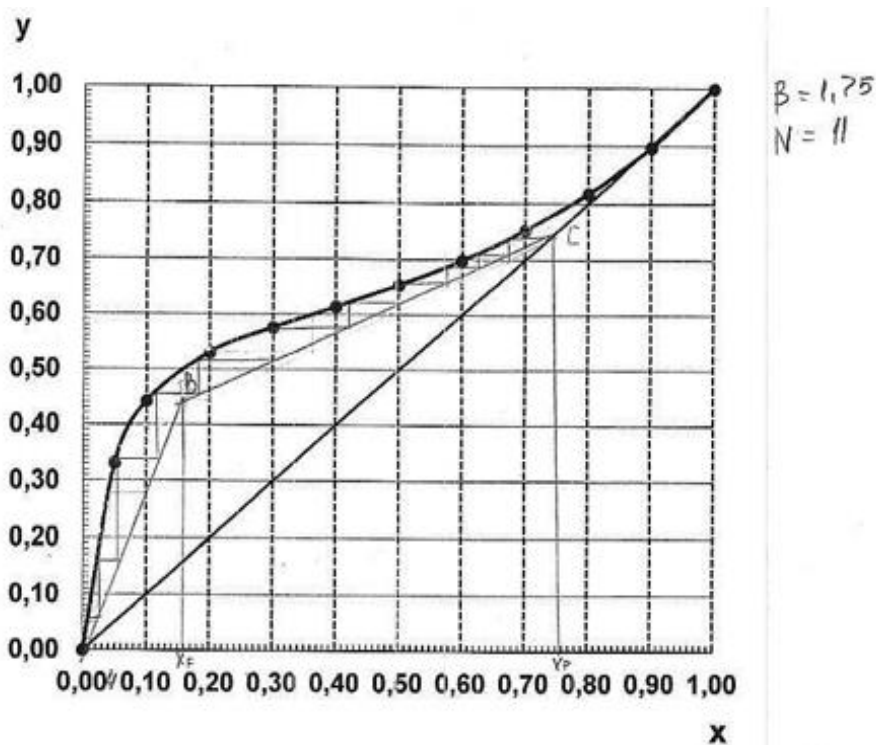


Рисунок 5 – x-y діаграма етанол – вода

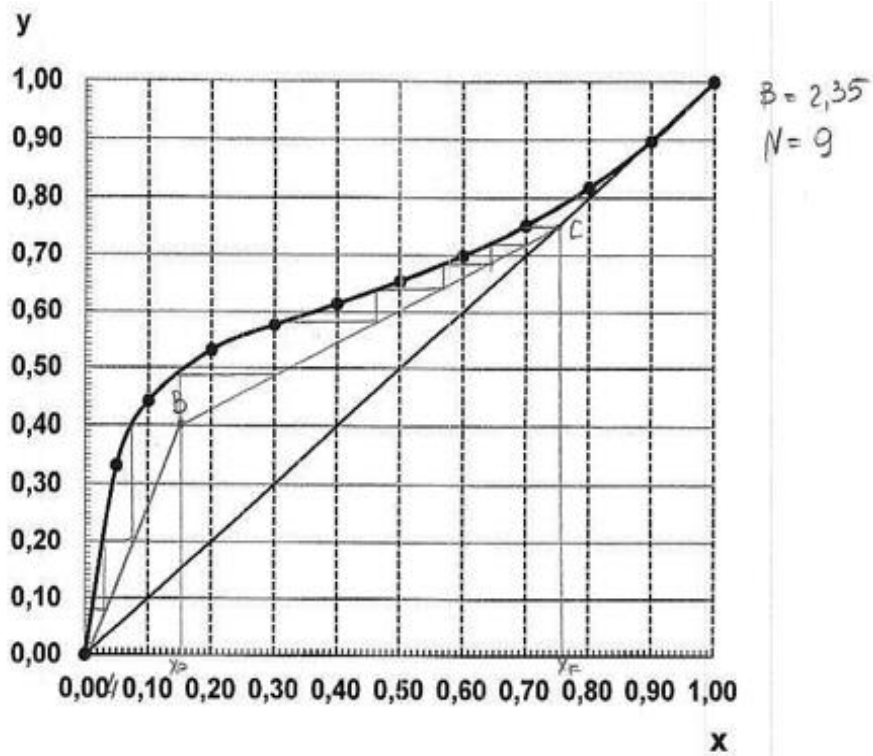


Рисунок 6 – x-y діаграма етанол – вода

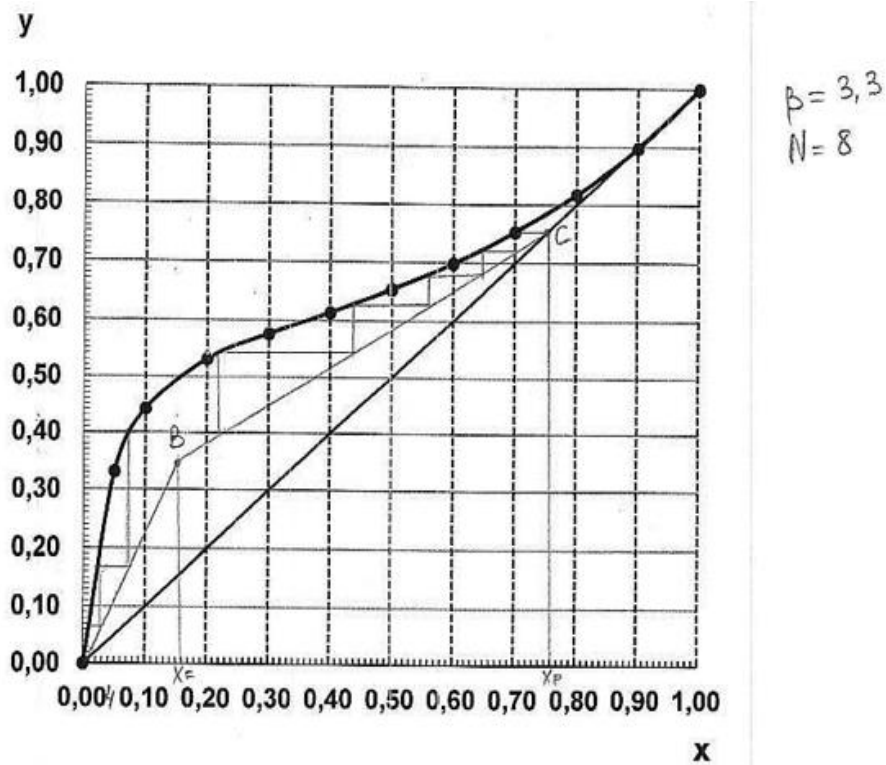


Рисунок 7 – x-y діаграма етанол – вода

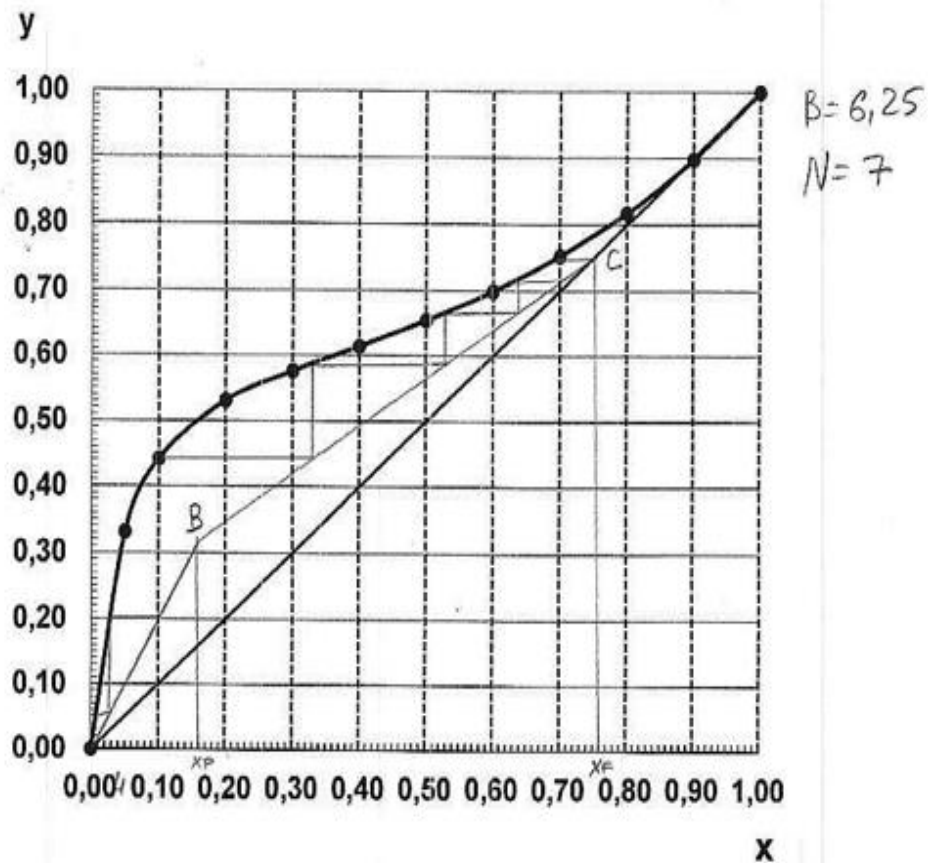


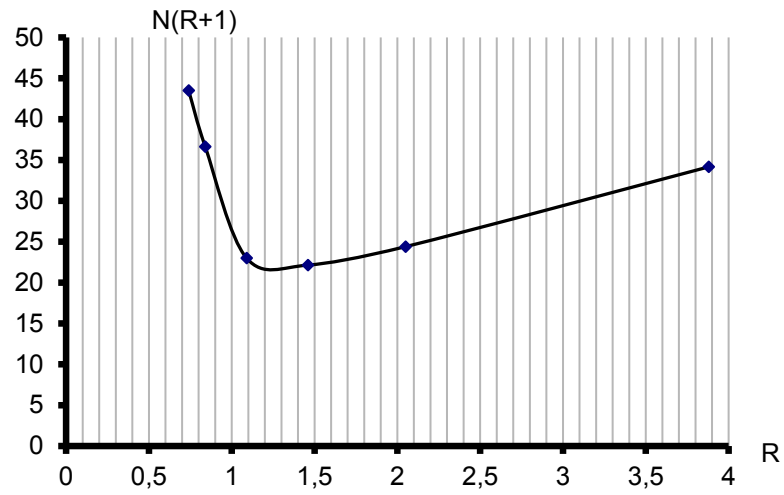
Рисунок 8 – x-y діаграма етанол – вода

Результати розрахунків робочого флегмового числа представлені в таблиці 2.

Таблиця 2

β	1,2	1,35	1,75	2,35	3,3	6,25
R	0,74	0,84	1,09	1,46	2,05	3,88
$\frac{x_p}{B=1+R}$	0,44	0,41	0,36	0,31	0,25	0,2
N	25	21	11	9	8	7
N(R+1)	43,5	36,64	22,99	22,14	24,4	34,16

Будуємо графік в координатах $N(R+1) - R$ і із точки мінімуму знаходимо оптимальне робоче флегмове число $R_{opt} = 1,2$.



3.3 Побудова робочих ліній закріплюючої та вичерпуваючої частини колони [7,9]

Розрахуємо відрізок **B**, відсікаємий робочою лінією закріплюючої частини колони на осі ординат при робочому флегмовому числі

$$B = \frac{x_p}{R+1} = \frac{0,76}{1,2+1} = 0,345.$$

Відкладаємо на осі ординат відрізок **B** (рис. 9) і проводимо лінію, яка перетинається з вертикальною прямою X_F у точці **B**.

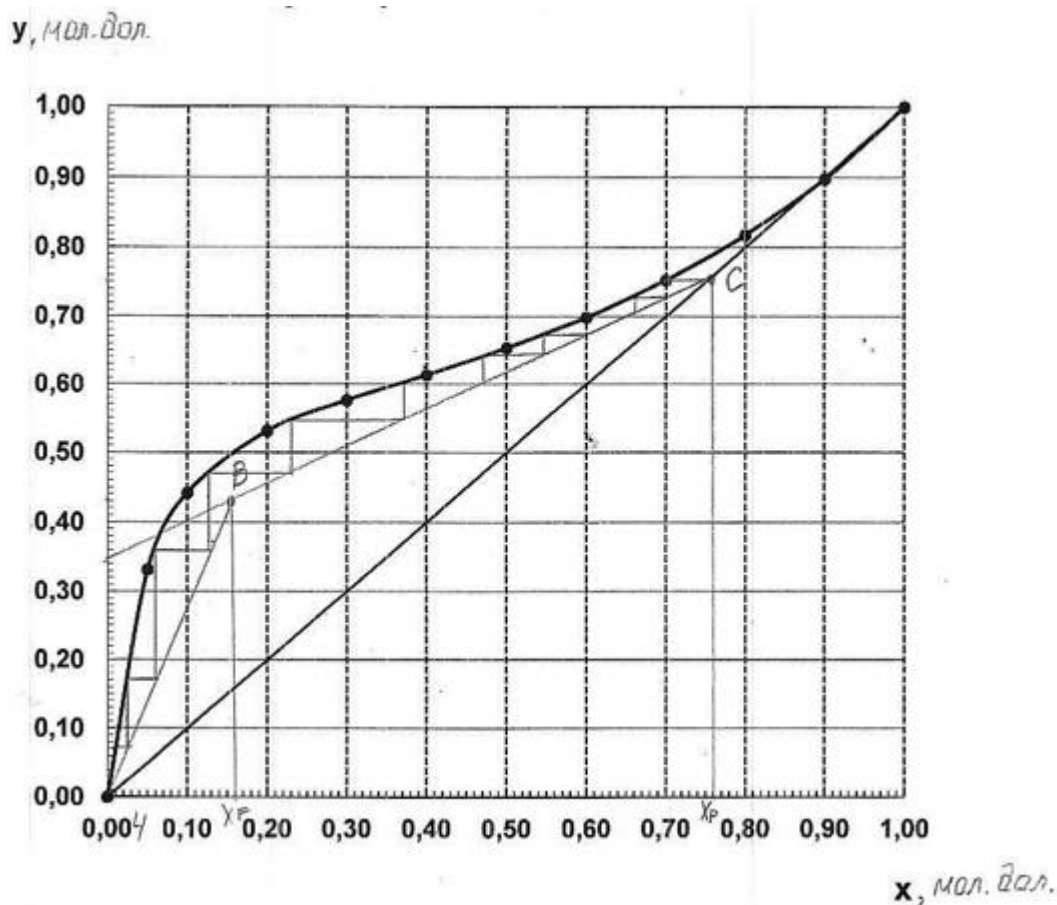


Рисунок 9 – x-y діаграма етанол – вода

Лінія **CB**- робоча лінія закріплюючої частини колони. З'єднуємо точки **B** і X_w .
Лінія **BX_w** - робоча лінія вичерпуваючої частини колони.

Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

3.4 Визначення числа теоретичних і дійсних тарілок методом теоретичних ступенів зміни концентрацій [3,7,9]

Для визначення числа теоретичних тарілок (ступеней зміни концентрацій) між лініями робочих концентрацій (робочими лініями) CB і BX_w і рівноважною лінією $y^*=f(x)$ будуємо ступінчасту лінію, яка складається із горизонтальних та вертикальних відрізків в границях зміни x від x_p до x_w .

Кількість ступеней, відповідаючих теоретичному числу тарілок $n_m=11$ шт.

Для визначення дійсного числа тарілок необхідно визначити коефіцієнт корисної дії тарілок η .

ККД враховує реальну кінетику масообміну на тарілках, на яких зазвичай рівновага не досягається.

Величина η залежить від ряду факторів, в тому числі від швидкості фаз, їх переміщення, взаємного напрямку руху, фізичних властивостей фаз і т.д.

Значення **ККД** знаходиться дослідним шляхом і змінюється в широких границях ($\eta =0,3-0,8$).

ККД можна визначити по графіку, або за рівнянням $\eta =0,49(\mu_{ж} \cdot \alpha)^{-0.245}$.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
						36
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.5 Визначення значень параметрів по колоні, фізико – хімічних і термодинамічних констант фаз [3,7,9]

Середнє значення параметрів по колоні по рідкій фазі:

- середня мольна концентрація у нижній частині колони

$$X_{cp}^n = \frac{xw + xf}{2} = \frac{0,004 + 0,16}{2} = 0,082;$$

- середня мольна концентрація у верхній частині колони

$$X_{cp}^b = \frac{xw + xp}{2} = \frac{0,16 + 0,76}{2} = 0,46;$$

- середня мольна концентрація по колоні

$$X_{cp} = \frac{x_{cp}^n + x_{cp}^b}{2} = \frac{0,082 + 0,46}{2} = 0,271;$$

- середні мольні маси

$$M_{xb} = M_a \cdot x_b + M_b(1 - x_b) = 46 \cdot 0,46 + 18 \cdot (1 - 0,46) = 30,88 \text{ кг/кмоль.}$$

$$M_{xn} = M_a \cdot x_n + M_b(1 - x_n) = 46 \cdot 0,082 + 18 \cdot (1 - 0,082) = 20,3 \text{ кг/кмоль.}$$

- середня температура у нижній частині колони

$$t_{xcp}^n = \frac{txw + txf}{2} = 80,32^\circ\text{C};$$

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

- середня температура у верхній частині колони

$$t_{\text{хсп}}^{\text{в}} = \frac{t_{\text{xf}} + t_{\text{xp}}}{2} = 87,94^{\circ}\text{C};$$

- середня температура по колоні

$$t_{\text{хсп}} = \frac{t_{\text{хспн}} + t_{\text{хспв}}}{2} = \frac{80,32 + 87,4}{2} = 83,86^{\circ}\text{C};$$

- середня густина

При $80,32^{\circ}\text{C}$: $\rho_{\text{з}} = 719,6 \text{ кг/м}^3$; $\rho_{\text{в}} = 971,6 \text{ кг/м}^3$.

При $87,94^{\circ}\text{C}$: $\rho_{\text{з}} = 709,9 \text{ кг/м}^3$; $\rho_{\text{в}} = 966,7 \text{ кг/м}^3$

$$\rho_{\text{хв}} = \left(\frac{x_{\text{в}}}{\rho_{\text{з}}} + \frac{1-x_{\text{в}}}{\rho_{\text{в}}} \right)^{-1} = \left(\frac{0,46}{719,6} + \frac{1-0,46}{971,6} \right)^{-1} = 783,6 \text{ кг/м}^3,$$

$$\rho_{\text{хн}} = \left(\frac{x_{\text{н}}}{\rho_{\text{з}}} + \frac{1-x_{\text{н}}}{\rho_{\text{в}}} \right)^{-1} = \left(\frac{0,073}{709,9} + \frac{1-0,073}{966,7} \right)^{-1} = 941,8 \text{ кг/м}^3,$$

- середня в'язкість

При $80,32^{\circ}\text{C}$: $\mu_{\text{з}} = 0,569 \text{ мПа}\cdot\text{с}$; $\mu_{\text{в}} = 0,356 \text{ мПа}\cdot\text{с}$

При $87,94^{\circ}\text{C}$: $\mu_{\text{з}} = 0,55 \text{ мПа}\cdot\text{с}$; $\mu_{\text{в}} = 0,328 \text{ мПа}\cdot\text{с}$

$$\lg \mu_{\text{вв}} = x_{\text{в}} \cdot \lg \mu_{\text{з}} + (1-x_{\text{в}}) \cdot \lg \mu_{\text{в}} = 0,46 \cdot \lg 0,569 + (1 - 0,46) \cdot \lg 0,356 = - 0,355;$$

$$\mu_{\text{в}} = 0,442 \text{ мПа}\cdot\text{с},$$

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

$$\lg \mu_{\text{нв}} = x_{\text{н}} \cdot \lg \mu_{\text{з}} + (1 - x_{\text{н}}) \cdot \lg \mu_{\text{в}} = 0,082 \cdot \lg 0,55 + (1 - 0,082) \cdot \lg 0,328 = - 0,466;$$

$$\mu_{\text{в}} = 0,342 \text{ мПа}\cdot\text{с},$$

- середній поверхневий натяг

$$\text{При } 80,32^{\circ}\text{C: } \sigma_{\text{з}} = 19,97 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}, \sigma_{\text{в}} = 62,54 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$$

$$\text{При } 87,94^{\circ}\text{C: } \sigma_{\text{з}} = 19,2 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}, \sigma_{\text{в}} = 61,13 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$$

$$\sigma_{\text{в}} = \frac{1}{\frac{x_{\text{в}}}{\sigma_{\text{з}}} + \frac{1-x_{\text{в}}}{\sigma_{\text{в}}}} = \frac{1}{\frac{0,46}{19,97 \cdot 10^{-3}} + \frac{1-0,46}{62,54 \cdot 10^{-3}}} = 0,0316 \text{ Н/м}$$

$$\sigma_{\text{н}} = \frac{1}{\frac{x_{\text{н}}}{\sigma_{\text{з}}} + \frac{1-x_{\text{н}}}{\sigma_{\text{в}}}} = \frac{1}{\frac{0,082}{19,2 \cdot 10^{-3}} + \frac{1-0,082}{61,13 \cdot 10^{-3}}} = 0,067 \text{ Н/м}$$

- коефіцієнт дифузії при середній температурі

$$D_{\text{x}(t)} = D_{\text{x}(20)} \cdot (1 + \nu \cdot (t - 20)),$$

де $D_{\text{x}(20)}$ – коефіцієнт дифузії при 20 °С; ν – температурний коефіцієнт;

t - середня температура рідкої фази по колоні.

Температурний коефіцієнт ν може бути визначений по емпіричній формулі :

$$\nu = \frac{0,2 \cdot \sqrt{\mu}}{\sqrt[3]{\rho}} = \frac{0,2 \cdot \sqrt{1,19}}{\sqrt[3]{790}} = 0,0236,$$

де μ і ρ в'язкість і густина розчинника (води) при 20 °С: $\mu = 1,19$ мПа·с; $\rho = 790$ кг/м³.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Коефіцієнт дифузії при 20 °С вчислимо по наближеній формулі:

$$D_{хв(20)} = \frac{1 \cdot 10^{-6}}{A \cdot B \cdot \sqrt{\mu \cdot (v_a^{1/2} + v_b^{1/2})^2}} \cdot \sqrt{\frac{1}{M_a} + \frac{1}{M_b}} = \frac{1 \cdot 10^{-6}}{1,3 \cdot 4,7 \cdot \sqrt{1,19 \cdot (14,8^{1/2} + 59,2^{1/2})^2}} \cdot \sqrt{\frac{1}{18} + \frac{1}{46}} = 1,6 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2/\text{с},$$

де $\mu = 1,19$ мПа·с – динамічна в'язкість води (розчинника) при 20°С;
 $A = 1$, $B = 4,7$ – коефіцієнти, які залежать від властивостей розчиненої речовини і розчинника; $M_b = 18$ кг/моль, $M_a = 46$ кг/моль – мольні маси води і етилового спирту; v_a , v_b – мольні об'єми води і етилового спирту:

$$v_b = 3,7 \cdot 2 + 7,4 = 14,8 \text{ см}^3/\text{моль},$$

$$v_a = 14,8 \cdot 2 + 3,7 \cdot 5 + 7,4 + 3,7 = 59,2 \text{ см}^3/\text{моль},$$

$$D_{x(80,32)} = 1,6 \cdot 10^{-8} \cdot (1 + 0,0236 \cdot (80,32 - 20)) = 3,88 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2/\text{с},$$

$$D_{x(87,94)} = 1,6 \cdot 10^{-8} \cdot (1 + 0,0236 \cdot (87,94 - 20)) = 4,17 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2/\text{с}.$$

- молярна маса дистилляту

$$M_p = 46 \cdot 0,76 + 18 \cdot (1 - 0,76) = 39,82$$

- масова витрата рідкої фази, кг/с

$$G_{хв} = M_{хв} \cdot G_p \cdot R / M_p = 34,52 \cdot 1,31 \cdot 1,2 / 39,28 = 1,236$$

$$G_{хн} = M_{хн} \cdot G_p \cdot R / M_p = 24,076 \cdot 1,31 \cdot 1,2 / 39,28 = 0,812$$

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
						40
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- об'ємна витрата рідкої фази, $\text{м}^3/\text{с}$

$$V_{\text{жс}} = \frac{G_{\text{жс}}}{\rho_{\text{жс}}} = \frac{1.236}{783.6} = 1.53 \cdot 10^{-3}$$

$$V_{\text{жн}} = \frac{G_{\text{жн}}}{\rho_{\text{жн}}} = \frac{0.812}{941.8} = 0.86 \cdot 10^{-3}$$

Середнє значення параметрів по колоні по паровій фазі:

- середня мольна концентрація у нижній частині колони

$$y_{\text{ср}}^{\text{н}} = \frac{y_{\text{w}} - y_{\text{f}}}{2} = \frac{0.43 + 0.75}{2} = 0.59$$

- середня мольна концентрація у верхній частині колони

$$Y_{\text{ср}}^{\text{в}} = \frac{y_{\text{f}} - y_{\text{p}}}{2} = \frac{0.004 + 0.43}{2} = 0.217;$$

- середня мольна концентрація по колоні

$$y_{\text{ср}} = \frac{y_{\text{ср}}^{\text{н}} + y_{\text{ср}}^{\text{в}}}{2} = \frac{0.217 + 0.59}{2} = 0.403;$$

- середня температура у нижній частині колони

$$t_{\text{ср}}^{\text{н}} = \frac{t_{\text{yw}} + t_{\text{yf}}}{2} = \frac{86.93 + 79}{2} = 82.97^{\circ}\text{C};$$

- середня температура у верхній частині колони

$$t_{\text{ср}}^{\text{в}} = \frac{t_{\text{yf}} + t_{\text{yp}}}{2} = \frac{99.88 + 86.93}{2} = 93.4^{\circ}\text{C};$$

- середня температура по колоні

$$t_{\text{ср}} = \frac{t_{\text{ср}}^{\text{н}} + t_{\text{ср}}^{\text{в}}}{2} = \frac{82.97 + 93.4}{2} = 88.19^{\circ}\text{C};$$

- середні мольні маси

$$M_{\text{y в}} = M_{\text{a}} \cdot y_{\text{в}} + M_{\text{b}}(1 - y_{\text{в}}) = 46 \cdot 0.59 + 18 \cdot (1 - 0.59) = 34.52 \text{ кг/кмоль.}$$

$$M_{\text{y н}} = M_{\text{a}} \cdot y_{\text{н}} + M_{\text{b}}(1 - y_{\text{н}}) = 46 \cdot 0.217 + 18 \cdot (1 - 0.217) = 24.076 \text{ кг/кмоль}$$

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

- середня густина

$$\rho_{ув} = \frac{M_{ув}}{22,4} \cdot \frac{P}{P_0} \cdot \frac{T_0}{T} = \frac{34,52}{22,4} \cdot \frac{273}{273+28,97} = 1,18 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{ун} = \frac{M_{ун}}{22,4} \cdot \frac{P}{P_0} \cdot \frac{T_0}{T} = \frac{22,076}{22,4} \cdot \frac{273}{273+93,4} = 0,73 \text{ кг/м}^3$$

- середня в'язкість

$$\mu_{ув} = \frac{M_{ув}}{ув \cdot Mэ / \mu_{уА} + (1-ув) \cdot Mэ / \mu_{уВ}} = \frac{34,52}{0,59 \cdot 46 / 0,011 + (1-0,59) \cdot 18 / 0,012} = 0,0112 \text{ мПа} \cdot \text{с};$$

$$\mu_{ун} = \frac{M_{ун}}{ун \cdot Mэ / \mu_{уА} + (1-ун) \cdot Mэ / \mu_{уВ}} = \frac{24,076}{0,217 \cdot 46 / 0,011 + (1-0,217) \cdot 18 / 0,012} = 0,0116 \text{ мПа} \cdot \text{с};$$

де $\mu_{уА}$ і $\mu_{уВ}$ - динамічна в'язкість водяного пара і парів етанолу при $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

- коефіцієнт дифузії

$$D_{(82,97)} = \frac{4,3 \cdot 10^{-7} \cdot (273+82,97)}{(14,8\frac{1}{2} + 59,2\frac{1}{2})^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{18} + \frac{1}{46}} = 1,05 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$$

$$D_{(93,4)} = \frac{4,3 \cdot 10^{-7} \cdot (273+93,4)}{(14,8\frac{1}{2} + 59,2\frac{1}{2})^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{18} + \frac{1}{46}} = 1,08 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}.$$

- масова витрата пара, кг/с

$$G_{ув} = M_{ув} \cdot G_p \cdot (R+1)/M_p = 34,52 \cdot 1,31 \cdot (1,2+1)/39,28 = 2,53$$

$$G_{ун} = M_{ун} \cdot G_p \cdot (R+1)/M_p = 24,076 \cdot 1,31 \cdot (1,2+1)/39,28 = 1,77$$

- об'ємна витрата пара

$$V_{ув} = \frac{G_{ув}}{\rho_{ув}} = \frac{2,53}{1,18} = 2,14$$

$$V_{ун} = \frac{G_{ун}}{\rho_{ун}} = \frac{1,77}{0,73} = 2,42$$

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
						42
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ РОЗМІРІВ КОЛОНИ [7,15,16,17]

4.1 Висота колони

Висоту колони визначають по формулі:

$$H_K = H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + H_5, \text{ м}$$

Для визначення дійсного числа тарілок у колоні знайдемо ККД тарілок, вичисливши відносну леткість по формулі:

$$\lg \alpha = 9 \cdot \frac{T_B - T_A}{T_B + T_A} = 9 \cdot \frac{346,4 - 373}{346,4 + 373} = -0,332,$$

де $T_A = 373^\circ\text{К}$, $T_B = 346,4^\circ\text{К}$ – температура кипіння води і етилового спирту.

$$A = 0,466$$

Тоді

$$\eta_m = 0,49(0,56 \cdot 0,466)^{0,245} = 0,68.$$

Дійсне число тарілок в колоні:

$$n_d = \frac{nm}{\eta m} = \frac{11}{0,68} = 16,2 \text{ шт.}$$

Приймаємо дійсне число тарілок в колоні $n_d = 17$ шт.

Приймаємо відстань між тарілками $h = 0,5$ м (нижче буде виконано перевірку прийнятої відстані), конструктивна прибавка $C = 1,2$ м.

Тоді висота колони:

$$H_K = (N-1)h + Z_6 + Z_n$$

де h – відстань між тарілками, м; Z_6 , Z_n – відстань відповідно між верхньою тарілкою і кришкою колони та між днищем колони і нижньою тарілкою, м.

Отримаємо:

$$H_K = (N-1)h + Z_6 + Z_n = (17 - 1) \cdot 0,5 + 1 + 2 = 9,2 \text{ м.}$$

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

4.2 Діаметр колони

Для визначення робочої швидкості пара (газу) виберемо наступну формулу:

$$W_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{B \cdot \exp \left[-4 \left(\frac{\ddot{L}_x}{\ddot{G}_y} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{\rho_y}{\rho_x} \right)^{0,125} \right]}{\left(\frac{\rho_y}{\rho_x} \right) \cdot \left(\frac{\mu_x}{\mu_B} \right)^{0,16}}} \cdot g \cdot d_{\text{экв}} \cdot \omega^2$$

де $w_{\text{пр}}$ – гранична швидкість пара (газу), м/с. $d_{\text{экв}}$ – еквівалентний діаметр щілини (подвоєна величина ширини щілини: для $b = 4$ мм, $d_{\text{экв}} = 0.008$ м), м.

ω – відносний вільний переріз тарілки,

μ_x – динамічний коефіцієнт в'язкості рідини, Па · с.

B – коефіцієнт, рівний 2.95 для нижньої та 10 для верхньої границі роботи тарілки.

μ_B – динамічний коефіцієнт в'язкості води при температурі, яка дорівнює 20°C.

Для попереднього розрахунку величини $w_{\text{пр}}$ задають $B = 6$ і визначають робочу швидкість пара (газу), а потім – робочу швидкість $w = 0.8 \cdot w_{\text{пр}}$.

По каталогу виберемо решітчасту тарілку з вільним перерізом $\omega = 0,2 \text{ м}^2/\text{м}^2$, шириною щілини $\sigma = 6$ мм, $d_{\text{э}} = 0,012$ м

Для верхньої частини колони:

$$X_B = \left(\frac{L_{xB}}{G_{yB}} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{\rho_{yB}}{\rho_{xB}} \right)^{0,125} = \left(\frac{1.236}{2.53} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{1.18}{783.6} \right)^{0,125} = 0.371$$

$$Y_B = B \cdot e^{-4X} = 6 \cdot e^{-4 \cdot 0.371} = 1.36$$

$$Y_B = \frac{\omega^2}{g \cdot d_{\text{э}} \cdot Fc^2} \cdot \frac{\rho_{yB}}{\rho_{xB}} \cdot \left(\frac{\mu_x}{\mu_B} \right)^{0,16}$$

$$Y_B = \frac{\omega^2}{9.8 \cdot 0.012 \cdot 0.2^2} \cdot \frac{1.18}{783.6} \cdot \left(\frac{0.442}{1.05} \right)^{0,16} = 1.36$$

$$\omega = 2.21 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Діаметр колони визначимо по об'ємній витраті пара (газу), де $V_{yв}$ – об'ємна витрата пара (газу), м³/с; ω – швидкість пара (газу) в колоні, м/с:

$$D = \sqrt{V_{yв}/(0.785 * \omega)} = \sqrt{2.14/(0.785 * 2.21)} = 1.11 \text{ м}$$

Для нижньої частини колони:

$$X_{в} = \left(\frac{L_{xн}}{G_{yн}}\right)^{0.25} \cdot \left(\frac{\rho_{yн}}{\rho_{xн}}\right)^{0.125} = \left(\frac{0,812}{1,77}\right)^{0.25} \cdot \left(\frac{0,73}{941,8}\right)^{0.125} = 0.336$$

$$Y_{н} = B \cdot e^{-4X} = 6 \cdot e^{-4 \cdot 0.336} = 1.565$$

$$Y_{н} = \frac{\omega^2}{g \cdot d_3 \cdot F_c^2} \cdot \frac{\rho_{yн}}{\rho_{xн}} \cdot \left(\frac{\mu_x}{\mu_в}\right)^{0.16}$$

$$Y_{н} = \frac{\omega^2}{9.8 \cdot 0.012 \cdot 0.2^2} \cdot \frac{0.73}{941.8} \cdot \left(\frac{0.342}{1.05}\right)^{0.16} = 1,565$$

$$\omega = 3,37 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

- Діаметр

$$D = \sqrt{V_{yн}/(0.785 * \omega)} = \sqrt{2.42/(0.785 * 3,37)} = 0,96 \text{ м}$$

Виберемо стандартний діаметр колони 1,2 м.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Далі уточнюємо швидкість пара (газу) по рівнянню:

$$W_{\text{в}} = \frac{V_{\text{ув}}}{0,785 \cdot D^2} = \frac{2,14}{0,785 \cdot 1,2^2} = 1,89 \text{ м/с}$$

$$W_{\text{н}} = \frac{V_{\text{ун}}}{0,785 \cdot D^2} = \frac{2,42}{0,785 \cdot 1,2^2} = 2,14 \text{ м/с}$$

При розрахунку процесу ректифікації, як правило, вибирають один і той же діаметр колони для обох частин: верхньої та нижньої.

Скоректуємо коефіцієнт **B** з урахуванням знайденої робочої швидкості пара (газу):

$$B_{\text{в}} = 6 \cdot \frac{1,89}{2,21} = 5,13$$

$$B_{\text{н}} = 6 \cdot \frac{2,14}{3,37} = 3,81$$

Для вибраної стандартної колони має бути виконана умова:

$$2,95 < B < 10.$$

По каталогу для колони діаметром 1,2 м виберемо решітчасту тарілку типу **ТР** з основними характеристиками:

Діаметр колони **d** = 1200 мм ;

Відносний вільний переріз тарілки $\omega = 0,21 \text{ м}^2/\text{м}^2$;

Діаметр отворів **b** = 4 мм;

Шаг щілин **t** = 10 мм;

Товщина тарілки **s** = 2 мм.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

5. РОЗРАХУНОК ГІДРАВЛІЧНОГО ОПОРУ КОЛОНИ [7,9]

5.1 Висота газорідкого барботажного слоя

Висота газорідкого барботажного слоя розраховується по наступним формулам:

$$Fr_{\text{опт}} = 1,1 \cdot 10^{-3} \frac{B \cdot \rho_x}{C \cdot \rho_y}$$

де $Fr_{\text{опт}} = \frac{w_0^2}{g \cdot h_{\text{г-ж}}}$ — критерій Фруда (оптимальний); w_0 — швидкість пара (газу) у вільному перерізі (щілинах) тарілки, м/с; $h_{\text{г-ж}}$ — висота газорідкого (барботажного) слоя, м; C — коефіцієнт.

Коефіцієнт C визначається по співвідношенню:

$$C = \left(\frac{U^6 \cdot \mu_x^2 \cdot \rho_x}{g \cdot \sigma^3} \right)^{0,067}$$

де U — густина зрошення, $\text{м}^3/(\text{м}^2\text{с})$;
 μ_x — динамічний коефіцієнт в'язкості рідини, $\text{Па}\cdot\text{с}$;
 σ — поверхневий натяг, Н/м .

У рівнянні підставляється уточнений коефіцієнт B .

Швидкість пара (газу) в щілинах визначається по рівнянню:

$$w_0 = w/\omega$$

Густина зрошення (приведена швидкість рідини) U розраховується по формулі:

$$U = \frac{V_x}{S_{\text{раб}}} = \frac{\bar{L}_x}{\rho_x \cdot S}$$

де L_x — витрата рідини, кг/с ;

S — площа поперечного перерізу вибраної колони, м^2

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
						47
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

а) для верхньої частини колони:

$$U_B = \frac{L_{XB}}{\rho_{XB} \cdot S} = \frac{1.236}{783.6 \cdot 1.13} = 1.396 \cdot 10^{-3}$$

$$C_B = (U_B^6 \cdot \mu_x^2 \cdot \frac{\rho_{XB}}{g \cdot \sigma^3})^{0.067} = ((1.396 \cdot 10^{-3})^6 \cdot 0.442^2 \cdot \frac{783.6}{9.8 \cdot 0.0316^3})^{0.067} = 0.153$$

$$Fr_{\text{опт}} = 1.1 \cdot 10^{-3} \cdot B \cdot \frac{\rho_{XB}}{C_B \cdot \rho_{yB}} = 1.1 \cdot 10^{-3} \cdot 5.3 \cdot \frac{783.6}{0.153 \cdot 1.18} = 25.3$$

$$\omega_{\text{об}} = W_B / \omega = 1.89 / 0.2 = 9.45 \text{ м/с}$$

$$h_{\Gamma\text{-жв}} = \frac{\omega_{\text{об}}^2}{Fr_{\text{опт}} \cdot g} = \frac{9.45^2}{25.3 \cdot 9.8} = 0.359 \text{ м}$$

б) для нижньої частини колони:

$$U_H = \frac{L_{XH}}{\rho_{XH} \cdot S} = \frac{0.812}{941.8 \cdot 1.13} = 0.76 \cdot 10^{-3}$$

$$C_H = (U_H^6 \cdot \mu_x^2 \cdot \frac{\rho_{XH}}{g \cdot \sigma^3})^{0.067} = ((0.76 \cdot 10^{-3})^6 \cdot 0.342^2 \cdot \frac{941.8}{9.8 \cdot 0.0673^3})^{0.067} = 0.113$$

$$Fr_{\text{опт}} = 1.1 \cdot 10^{-3} \cdot B \cdot \frac{\rho_{XH}}{C_H \cdot \rho_{yH}} = 1.1 \cdot 10^{-3} \cdot 3.81 \cdot \frac{941.8}{0.113 \cdot 0.73} = 47.85$$

$$\omega_{\text{он}} = W_H / \omega = 2.14 / 0.2 = 10.7 \text{ м/с}$$

$$h_{\Gamma\text{-жв}} = \frac{\omega_{\text{он}}^2}{Fr_{\text{опт}} \cdot g} = \frac{10.7^2}{47.85 \cdot 9.8} = 0.244 \text{ м}$$

Висота світлого слоя рідини h_0 визначається по співвідношенню:

$$h_0 = h_{\Gamma\text{-ж}}(1 - \varepsilon)$$

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Величина газовмісту ε розраховується по співвідношенню:

$$\varepsilon = 1 - \frac{0,21}{\omega^{0,5} \cdot Fr_{\text{опт}}^{0,2}}$$

а) для верхньої частини колони:

$$\varepsilon_{\text{в}} = 1 - \frac{0,21}{0,2^{0,5} \cdot 25,3^{0,2}} = 0,754$$

$$h_0 = 0.359(1 - 0.754) = 0.088 \text{ м}$$

б) для нижньої частини колони:

$$\varepsilon_{\text{н}} = 1 - \frac{0,21}{0,2^{0,5} \cdot 47,85^{0,2}} = 0,783$$

$$h_0 = 0.244(1 - 0.783) = 0.053 \text{ м}$$

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
						49
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Гідравлічний опір тарілок

Гідравлічний опір ректифікаційної колони визначається гідравлічним опором тарілок:

$$\Delta P_m = \Delta P_{\text{сух}} + \Delta P_{\sigma} + \Delta P_{\text{ст}}$$

де ΔP_m – гідравлічний опір однієї тарілки Па; В свою чергу гідравлічний опір тарілки складається із опору сухої тарілки ($\Delta P_{\text{сух}}$), опору стовпа рідини і піни на тарілці (гідростатичний опір $\Delta P_{\text{ст}}$) та опору, обумовленого силами поверхневого натягу (ΔP_{σ}).

Опір сухої тарілки:

$$\Delta P_{\text{сух}} = \frac{\xi \cdot W_{\text{ураб}} \cdot \rho \cdot \nu}{2 \cdot F_c^2},$$

де ξ – коефіцієнт опору сухої тарілки, для решітчатих провальних тарілок $\xi = 1,4 - 1,5$ приймаємо, $\xi = 1,45$; $W_{\text{ураб}}$ – робоча швидкість руху парів в колоні; ρ – середня густина парів в колоні; F_c – вільний переріз тарілки, м²/м².

Гідравлічний опір, обумовлений силами поверхневого натягу:

$$\Delta P_{\sigma} = \frac{4 \cdot \sigma_{\text{ср}}}{d_{\text{экв}}},$$

$$D_{\text{экв}} = \frac{4 \cdot S}{\pi} = \frac{4 \cdot (60 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^{-3})}{2 \cdot (60 \cdot 10^{-3} + 4 \cdot 10^{-3})} = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

Гідравлічний опір газорідкого слоя на тарілці:

$$\Delta P_{\text{ст}} = g \cdot \rho_{\text{хер}} \cdot h_0,$$

де $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння;

$\rho_{\text{хер}}$ – середня по колоні густина рідкої фази; h_0 – висота світлого слоя рідини на тарілці, м.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
						50
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

а) для верхньої частини колони:

$$\Delta P_{\text{сух}} = \frac{1,45 \cdot 1,18 \cdot 1,89^2}{2 \cdot 0,21^2} = 69,3 \text{ Па}$$

$$\Delta P_{\sigma} = \frac{4 \cdot 0,0316}{7,5 \cdot 10^{-3}} = 16,85 \text{ Па}$$

$$\Delta P_{\text{ст}} = 9,81 \cdot 783,6 \cdot 0,088 = 676,5 \text{ Па}$$

Гідравлічний опір однієї тарілки:

$$\Delta P_{\tau} = 69,3 + 16,85 + 676,5 = 762,6 \text{ Па}$$

б) для нижньої частини колони:

$$\Delta P_{\text{сух}} = \frac{1,45 \cdot 0,73 \cdot 2,14^2}{2 \cdot 0,21^2} = 54,96 \text{ Па}$$

$$\Delta P_{\sigma} = \frac{4 \cdot 0,067}{7,5 \cdot 10^{-3}} = 35,73 \text{ Па}$$

$$\Delta P_{\text{ст}} = 9,81 \cdot 941,8 \cdot 0,053 = 489,67 \text{ Па}$$

Гідравлічний опір однієї тарілки:

$$\Delta P_{\tau} = 54,96 + 35,73 + 489,67 = 580,4 \text{ Па}$$

Гідравлічний опір колони:

$$\Delta P_{\text{К}^{\text{В}}} = 762,6 \cdot 9,2 = 7010,4 \text{ Па}$$

$$\Delta P_{\text{К}^{\text{Н}}} = 580,4 \cdot 9,2 = 5339,68 \text{ Па}$$

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

5.3 Перевірка відстані між тарілками

Відстань між тарілками впливає на бризгоунос e , величина яка не повинна перевищувати 0,1 кг жид/кг пара

$$e = (A \cdot W_{ураб}^2 - 1)^2 \cdot B,$$

$$A = \frac{K_k^2 \cdot \rho_{усп}}{2 \cdot g \cdot h \cdot \rho_{хсп}},$$

$$B = \frac{0,2 \cdot \sqrt{h}}{\rho_{усп} \cdot W_{ураб}},$$

а) для верхньої частини колони:

$$A = \frac{66,67^2 \cdot 1,18}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,5 \cdot 783,68} = 0,62,$$

$$B = \frac{0,2 \cdot \sqrt{0,5}}{1,13 \cdot 1,89} = 0,063$$

$$e = (0,62 \cdot 1,892^2 - 1)^2 \cdot 0,063 = 0,093.$$

Умова на бризгоунос виконується, т. к. $0,093 < 0,1$.

б) для нижньої частини колони:

$$A = \frac{66,67^2 \cdot 0,73}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,5 \cdot 941,8} = 0,35,$$

$$B = \frac{0,2 \cdot \sqrt{0,5}}{0,73 \cdot 2,14} = 0,091$$

$$e = (0,35 \cdot 2,14^2 - 1)^2 \cdot 0,091 = 0,033.$$

Умова на бризгоунос виконується, т.к. $0,033 < 0,1$.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

6. ТЕПЛОВІ РОЗРАХУНКИ [1,8,25]

Температури кипіння вихідної суміші, дистилляту і кубового залишку:

$$t_{xf} = 81.43^{\circ}\text{C}$$

$$t_{xp} = 78.42^{\circ}\text{C}$$

$$t_{xw} = 98.1^{\circ}\text{C}$$

Теплові розрахунки процесу ректифікації виконуються з метою визначення поверхонь теплообмінників, обслуговуючих колону, витрат гріючого водяного пара і охолоджуючої води.

Площа поверхні будь-якого теплообмінника визначається із основного рівняння теплопередачі:

$$Q = K \cdot F \cdot \Delta t_{cp},$$

Звідки

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}}$$

Витрата пара та охолоджуючої води визначається із теплового балансу теплообмінника, відповідно:

$$D = \frac{Q}{(J_n - i_k) \cdot x}$$

$$G = \frac{Q}{c_w \cdot (t_k - t_n)}$$

У вищевказаних формулах: Q – теплове навантаження, Вт; Δt_{cp} – середня різниця температур, $^{\circ}\text{C}$; D – витрата гріючого пара, кг/с; G – ентальпія пара і конденсата, відповідно, Дж/кг; x – степінь сухості пара; c_w – питома теплоємність води, Дж/кг К; t_k , t_n – початкова та кінцева температура охолоджуючої води, $^{\circ}\text{C}$.

При використанні сухого насиченого гріючого пара, витрату його можна визначити по формулі:

$$D = \frac{Q}{r}$$

де r – скрита теплота пароутворення (конденсації) Дж/кг, пара $r = 2208 \cdot 10^3$ Дж/кг при $P = 2$ атм.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
						53
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.1 Підігрівач вихідної суміші

Тепловий баланс підігрівача вихідної суміші (0,05 – коефіцієнт), враховуючої втрати теплоти у навколишнє середовище (5 %);

$G_f \cdot c'_{xF} \cdot (t_{xF}^k - t_{xF}^h)$ – теплове навантаження підігрівача, Вт;

c_{xF} – теплоємність вихідної суміші при її середній температурі,
 $r = 2171 \cdot 10^3$ Дж/кг при $P = 3$ атм

Приходи теплоти	Витрати теплоти
<p>1. З вихідною сумішшю</p> $Q_1 = G_F \cdot c_f \cdot t_{xF}^H$ <p>2. З гріючим паром</p> $Q_2 = D \cdot J_n$	<p>1. З нагрітою сумішшю до температури кипіння</p> $Q_3 = G_{FC} \cdot t_{xp}^k$ <p>2. З конденсатом гріючого пара</p> $Q_4 = D \cdot i_k$ <p>3. На компенсацію втрат теплоти у навколишнє середовище</p> $Q_5 = 0.05 \cdot Q$

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4 + Q_5 \quad \text{або} \quad Q_2 - Q_4 = Q_3 + Q_5 - Q_1 = Q.$$

Підставляючи в останнє рівняння замість Q_1, Q_2, Q_4, Q_5, Q їх значення із теплового балансу, і вирішуючи його відносно D , маємо

$$D = 1,05 \cdot \frac{C_r \cdot C_{xf} \cdot (t_{xF}^n)}{J_n - i_k} = \frac{G_F \cdot c_{xF} \cdot (t_{xF}^k - t_{xF}^n)}{r},$$

Прийmemo початкову температуру вихідної суміші $t_{xF}^n = 25$ °С, температура кипіння суміші, яка дорівнює кінечній температурі вихідної суміші $t_{xF}^k = 105$ °С.

Середня температура вихідної суміші при підігріванні:

$$t_{xF}^k = \frac{t_{xF}^k + t_{xF}^n}{2} = \frac{25 + 81,43}{2} = 53,2 \text{ °С.}$$

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Теплоємність вихідної суміші при її середній температурі:

$$C_{xF} = a_F \cdot c_A + (1 - a_F) \cdot c_B,$$

де $C_A = 4185,81 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, $C_B = 3142,5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ – питома теплоємність води і етанолу відповідно при $t_{\text{ср}} = 55 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\text{Тоді } c_{xF} = 0,33 \cdot 4185,81 + (1 - 0,33) \cdot 3142,5 = 3486 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}, a$$

$$Q = 3,61 \cdot 3486 (81,43 - 25) = 710141 \text{ Вт}$$

$$\text{Витрата пара } D = \frac{Q}{r} = \frac{710141}{2171000} = 0,33 \text{ кг/с}$$

Середня різниця температур між паром і рідиною:

$$T_H = 119,6 \xrightarrow{\text{Вода}} 119,6^\circ\text{C} = T_K$$

$$\frac{t_K 81,43^\circ\text{C} \xleftarrow{\text{Смесь}} 25^\circ\text{C} = t_H}{\Delta t_M = 37,57^\circ\text{C} \quad \delta = 94,6^\circ\text{C}}$$

$$\text{Так як } \frac{\Delta t_B}{\Delta t_M} = \frac{94,6}{37,57} = 2,52 > 2, \text{ то } \Delta t_{\text{ср}} = \frac{\Delta t_B - \Delta t_M}{2,3 \cdot \lg \left(\frac{\Delta t_B}{\Delta t_M} \right)} = \frac{94,6 - 25}{2,3 \cdot \lg (94,6/25)} = 61,83^\circ\text{C}$$

Коефіцієнт теплопередачі в дефлегматорі приймаємо орієнтовно буде дорівнювати $300 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Площа поверхні теплообміну дефлегматора:

$$F = \frac{710141}{300 \cdot 135,7} = 38,28 \text{ м}^2$$

Приймаємо двох ходовий вертикальний теплообмінник з діаметром 600 мм, з числом труб 240 (в одному ході 120 шт.) діаметром 25×2, з довжиною труб 3000 мм. Площа поверхні 57 м².

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
						56
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.2 Дефлегматор

Тепловий баланс дефлегматора

Приход теплоти	Витрата теплоти
1. З пари із колони $Q = G_y \cdot J_{см}$	3. З дистиллятом $Q_3 = Q_y - i_{см}$
2. З охолоджуючою водою $Q_2 = G_v \cdot c_v \cdot t_{вн}$	4. З охолоджуючою водою $Q_4 = Q_e - c_e \cdot t_{ек}$ Втратами теплоти у навколишнє середовище нехтуємо

$$Q_1 + Q_2 - Q_3 + Q_4 \text{ або } Q_1 - Q_3 - Q_2$$

Підставляючи значення Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 і вирішуючи рівняння відносно витрати охолоджуючої води, отримаємо

$$G_v = \frac{G_y (J_{см}'' - i'_{см})}{c_e (t_{ек} - t_{ен})} = \frac{Q}{c_e \Delta t_e}$$

$$G_y = G_p \cdot (R_{раб} + 1) = 1,31 \cdot (1,2 + 1) = 2,882 \text{ кг/с.}$$

Скрита теплота конденсації парової суміші в дефлегматорі $r_{см} = r_a \cdot a_p + r_v \cdot (1 - a_p)$,

де $r_{вода} = 2119,2 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$, $R_{эт.} = 852,89 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$ при $t_{хр} = 78,42^\circ\text{C}$.

$$r_{см} = 2119200 \cdot 0,89 + 852890 \cdot (1 - 0,89) = 1974565,9 \text{ Дж/кг.}$$

Теплове навантаження дефлегматора:

$$Q = 2,882 \cdot 1974565,9 = 5690698,9 \text{ Вт.}$$

Приймаємо температуру охолоджуючої води на вході в дефлегматор 11 °С, на виході 28 °С. Середня різниця температур при протипоточній схемі руху теплоносіїв:

$$T_H = 78,42 \xrightarrow{\text{пар}} 78,42^\circ\text{C} = T_K$$

$$\frac{t_k = 28^\circ\text{C} \xleftarrow{\text{вода}} 11^\circ\text{C} = t_n}{\Delta t_M = 50,42^\circ\text{C} \quad \Delta t_{\text{ср}} = 67,42^\circ\text{C}}$$

Так як $\frac{\Delta t_E}{\Delta t_M} = \frac{67}{50,42} = 1,33 < 2$, то $\Delta t_{\text{ср}} = \frac{\Delta t_E + \Delta t_M}{2} = 58,92^\circ\text{C}$.

Коефіцієнт теплопередачі в дефлегматорі приймаємо орієнтовно буде дорівнювати $500 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$.

Площа поверхні теплообміну дефлегматора:

$$F = \frac{5690698,9}{600 \cdot 58,42} = 322 \text{ м}^2$$

Приймаємо одно ходовий кожухотрубчатий конденсатор з діаметром 800 мм, з числом теплообмінних труб 2577 діаметром 25 × 2, з довжиною труб 9000 мм. Площа поверхні 329 м². Розташування апарата горизонтальне.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
						58
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.3 Холодильник дистиляту

Тепловий баланс холодильника

Приход теплоти	Витрата теплоти
1. З дистилятом $Q_1 = G_p \cdot c_p \cdot t_x$	3. З дистилятом $Q_3 = G_p \cdot c_p \cdot t_{вр}$
2. З охолоджуючою водою $Q_2 = G_v \cdot c_v \cdot t_{вр}$	4. З охолоджуючою водою $Q_4 = G_v \cdot c_v \cdot t_{вк}$
	Втратами теплоти у навколишнє середовище нехтуємо

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4 \quad \text{або} \quad Q_1 - Q_3 = Q_4 - Q_2$$

Підставляючи в це рівняння замість Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 вирази із теплового балансу і вирішуючи відносіть витрат охолоджуючої води, отримаємо

$$G_v = \frac{G_p \cdot c_p \cdot (t_{xp} - t_{вo})}{c_v \cdot (t_{вк} - t_{вн})},$$

де $t_{xp} = 78,42 \text{ } ^\circ\text{C}$ – температура надходячого на охолодження дистиляту;
 $t_{pd} = 34 \text{ } ^\circ\text{C}$ – температура охолодженого дистиляту; $t_{ск} = 42 \text{ } ^\circ\text{C}$, $t_{ск} = 11 \text{ } ^\circ\text{C}$ – кінчна і початкова температура води

Середня температура дистиляту в холодильнику $t_{xp}^{cp} = \frac{78,42+34}{2} = 56,21 \text{ } ^\circ\text{C}$.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Теплоємність дистилляту при її середній температурі

$$C_p = a_p \cdot c_a + (1 - a_p) \cdot c_b,$$

$$C_a = 3184,4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}},$$

$$c_b = 4148,1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}},$$

При $t_{xp}^{cp} = 56,21$

Тоді $c_p = 0,89 \cdot 3184,4 + (1 - 0,89) \cdot 4148,1 = 3290,4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$

$$G_b = \frac{1,31 \cdot 3290,1 \cdot (78,42 - 34)}{4148,1 \cdot (42 - 11)} = 1,49 \text{ кг/с}$$

Середня різниця температур в холодильнику при протипоточній схемі руху теплоносіїв:

$$T_n = 78,42^\circ\text{C} \xrightarrow{\text{Дистиллят}} 34,0^\circ\text{C} = T_k$$

$$\frac{t_{сх} = 42^\circ\text{C} \xleftarrow{\text{Вода}} 11^\circ\text{C} = t_{хн}}{\Delta t_{\delta} = 36,42^\circ\text{C} \quad \Delta t_{\text{м}} = 23,0^\circ\text{C}}$$

Так, як

$$\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}} = \frac{36,42}{23} = 1,58 < 2 \text{ то } \Delta t_{\text{cp}} = \frac{\Delta t_{\delta} + \Delta t_{\text{м}}}{2} = 28,71^\circ\text{C}$$

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Приймаємо орієнтовно значення, коефіцієнт теплопередачі в холодильнику 800 Вт/м²·К, тоді площа поверхні теплообміна холодильника дистиляту

$$F = \frac{1,31 \cdot 329 \cdot 44,42}{800 \cdot 29,71} = 8,05 \text{ м}^2$$

Вибираємо одно ходовий вертикальний холодильник діаметром 325 мм, з числом труб 62 шт (в одному ході 31 шт), з довжиною труби 2000 мм, діаметр теплообмінних труб 25 × 2 мм. Площа поверхні 10 м².

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
						61
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.4 Холодильник кубового залишку

Тепловий баланс холодильника

Приход теплоти	Витрата теплоти
1. З кубовим залишком $Q_1 = G_w \cdot c_w \cdot t_{xw}$	3. З охолоджуючим кубовим залишком
2. З охолоджуючою водою $Q_2 = G_B \cdot c_B \cdot t_{BH}$	Втратами теплоти у навколишнє середовище нехтуємо

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4 \quad \text{або} \quad Q_1 - Q_3 = Q_4 - Q_2$$

Підставляючи в це рівняння замість Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 вирази із теплового балансу і вирішуючи відносіть витрат охолоджуючої води, отримаємо

$$G_B = \frac{G_w \cdot c'_w \cdot (t_{xw} - t_{xD})}{c_B \cdot (t_{BK} - t_{BK})}$$

де c'_w – теплоємність кубового залишку при його середній температурі t_{xwc} , Дж/кг · К

$$T_{cp} = \frac{t_{xw} + t_{xD}}{2} = \frac{98,1 + 46}{2} = 72 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$c'_x = a_w \cdot c_a \cdot c_a + (1 - a_w) \cdot c_a$$

$$c_a = 3352 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}, \text{ при } t_{xwcp} = 72 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$c_B = 4190 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

$$\text{Тоді } c'_w = 0,01 \cdot 3352 + (1 - 0,01) \cdot 4190 = 4181 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

Приймаємо температуру охолоджуючої води на вході в холодильник $t_{\text{вн}} = 11 \text{ }^\circ\text{C}$, на виході $t_{\text{вк}} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$, тоді $G_{\text{в}} = \frac{2,3 \cdot 4181 \cdot (98,1 - 46)}{4190 \cdot (50 - 11)} = 3,06 \text{ кг/с}$

Середня різниця температур в холодильнику при протипоточній схемі руху теплоносіїв,

$$T_{\text{н}} = 98,1 \text{ }^\circ\text{C} \xrightarrow{\text{Кубовий остаток}} 46,0 \text{ }^\circ\text{C} = T_{\text{к}}$$

$$T_{\text{вк}} = 50 \text{ }^\circ\text{C} \xleftarrow{\text{Вода}} 11,0 \text{ }^\circ\text{C} = t_{\text{вн}}$$

$$\Delta t_{\text{б}} = 48,1 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{м}} = 35,0 \text{ }^\circ\text{C}$$

Так, як

$$\frac{\Delta t_{\text{б}}}{\Delta t_{\text{м}}} = \frac{48,1}{35,0} = 1,37 < 2 \text{ то } \Delta t_{\text{ср}} = \frac{\Delta t_{\text{б}} + \Delta t_{\text{м}}}{2} = 41,55 \text{ }^\circ\text{C}$$

Коефіцієнт теплопередачі в холодильнику кубового залишку приймаємо орієнтовно буде дорівнювати $500 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$. Площа поверхні теплообміну холодильника кубового залишку:

$$F = \frac{501009}{500 \cdot 41,55} = 24,11 \text{ м}^2$$

Приймаємо двох ходовий холодильник діаметром 400 мм, з числом труб 100 шт (в одному ході 50 шт), з довжиною труби 4000 мм, діаметр теплообмінних труб 25×2 мм. Площа поверхні 31 м^2 .

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

6.5 Кип'ятильник колони, розрахунок товщини ізоляції

Тепловий баланс кип'ятильника

Приход теплоти	Витрата теплоти
<p>1. З вихідною сумішшю</p> $Q_1 = G_f \cdot c_f \cdot t_{xf}^H$	<p>4. З парами, покидаючими колону</p>
<p>2. З флегмою</p> $Q_2 = G_p \cdot R_{cp} \cdot t_{xp}$	<p>5. З кубовим залишком</p>
<p>3. З гріючим паром</p> $Q_3 = D \cdot J_n$	$Q_4 = G_p \cdot (R+1) \cdot J''_{cm}$
	$Q_5 = G_f c_f t_{xp}$

$$D = 1.1 \cdot \frac{G_p \cdot (R_{pas} + 1) \cdot J_{cm} + G_w \cdot c_w \cdot t_{xw} - G_f \cdot c_{xf} \cdot t_{xf}^k}{r} - \frac{G_p \cdot R_{pas} \cdot t_{xp}}{r}$$

Де **1,1** – коефіцієнт, враховуючої витрати теплоти у навколишнє середовище;
 $G_p = 1,31 \text{ кг/с}$ – масова витрата дистилляту; J_{cm} – ентальпія парів, Дж/кг;

$$I_{cm} = t_{cm} + r_{cm}$$

$$i_{cm} = c_p \cdot t_{xp}$$

$$c_p = 3290,4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$r_{cm} = 1974565,9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$t_{xp} = 78,42 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Тоді

$$J_{с.м.} = 5948732 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^2}$$

$$G_w = 2,3 \frac{\text{кг}}{\text{с}}, \quad t_{xw} = 98,1^\circ\text{C}$$

$$G_f = 3,61 \frac{\text{кг}}{\text{с}}, \quad t_{xf} = 81,43^\circ\text{C}.$$

$$C_w = a_w \cdot c_{aa} + (1 - a_w) \cdot c_b C = 3458$$

$$C_{\text{вода}} = 4190 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$C_{\text{эт.}} = 3451 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$t_{xf}^k = 81,43^\circ\text{C}$$

Тоді

$$C_f = 0,33 \cdot 4190 + (1 - 0,33) \cdot 3451 = 36981,87$$

Витрата гріючого пара на обігрів куба колони

$$D = 1,1 \cdot \frac{1,31 \cdot (1,2 + 1) \cdot 5948732 + 2,3 \cdot 3458 \cdot 98,1}{1974565,9} - \frac{3,61 \cdot 3694,82 \cdot 81,43 - 1,31 \cdot 1,2 \cdot 390,4,8 \cdot 78,42}{1974565,9} = 9,19 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Середня різниця температур в кип'ятильнику ректифікаційної колони дорівнює різниці температур насиченого пара і температури кипіння кубового залишку

$$\Delta t_{cp} = 132,9 - 98,1 = 34,8^\circ\text{C}.$$

При орієнтовно прийнятому коефіцієнті теплопередачі $K = 2000 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ площа поверхні теплообміну кип'ятильника колони

$$F = \frac{9,19 \cdot 2171000}{2000 \cdot 34,8} = 286 \text{ м}^2.$$

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Приймаємо шести ходовий кожухотрубчатий випарник діаметром 1200 мм, з числом теплообмінних труб 958 шт, діаметром труб 25×2 мм, з довжиною труб 4000 мм. Площа поверхні 301,0 м². Розташування апарату – вертикальне.

Позначення апарату:

Випарник $\frac{1000\text{ИИВ}-0,6\text{М1}-0}{25\Gamma-4\text{III}-4}$ гр. Б. ГОСТ 15122 – 79.

Кип'ятильник ректифікаційної колони обігривається гріючим паром тиском 3 атм, температура якого 132,9 °С.

По санітарним нормам температура поверхні апарату не повинна перевищувати 40 °С (з метою зменшення втрат теплоти у навколишнє середовище і запобігання опіків при соприкосновенії з поверхнею апарата).

Для зменшення втрат теплоти у навколишнє середовище і зниження температури поверхні стінки, необхідно на зовнішню поверхню апарата нанести слой ізоляції.

Товщину теплової ізоляції $\delta_{\text{и}}$ знаходять із рівняння питомих теплових потоків через слой ізоляції і від поверхні ізоляції у навколишнє середовище

$$\alpha_{\text{в}} \cdot (t_{\text{ст2}} - t_{\text{в}}) = \frac{\lambda_{\text{и}}}{\delta_{\text{и}}} \cdot (t_{\text{ст1}} - t_{\text{ст2}}),$$

де $\alpha_{\text{в}} = 9,3 + 0,058 \cdot t_{\text{ст2}}$ – коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні матеріала у навколишнє середовище, Вт / м²;

$t_{\text{ст2}}$ – температура ізоляції зі сторони навколишнього середовища (повітря).

Для апаратів, які працюють у закритих приміщеннях, $t_{\text{ст2}}$ вибирають в інтервалі 35 - 45 °С, приймаємо $t_{\text{ст2}} = 40$ °С;

$t_{\text{ст1}}$ – температура ізоляції зі сторони апарата, в виду незначного термічного опору стінки апарата в порівнянні з термічним опором слоя ізоляції $t_{\text{ст1}}$ приймаємо буде дорівнювати температурі гріючого пара $t_{\text{гп}} = 132,9$ °С;

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

$t_{\text{в}}$ – температура оточуючого повітря, приймаємо $t_{\text{в}} = 20^{\circ}\text{C}$;

$\lambda_{\text{н}}$ – коефіцієнт теплопровідності ізоляції матеріала, $\text{Вт/м} \cdot \text{К}$.

В якості матеріалу для теплової ізоляції виберемо совелит (85 % магнезії +15 % азбесту), який має коефіцієнт теплопровідності $\lambda_{\text{н}} = 0,09 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$.

Тоді

$$\alpha_{\text{в}} = 9,3 + 0,058 \cdot 40 = 11,6 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$\delta_{\text{в}} = \frac{0,09 \cdot (132,9 - 40)}{11,6 \cdot (40 - 20)} = 0,036 \text{ м}$$

Приймаємо товщину теплової ізоляції кип'ятильника ректифікаційної колони 36 мм.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

7. КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗРАХУНОК

[3,7,10,12,15,26,31]

Метою конструктивного розрахунку є розрахунок товщини обичайки, кришки і днища, підбір штуцерів, фланців, вибір опори та розрахунок опорної обичайки. Технічні вимоги на апарати колонні сталеві зварні визначаються по ГОСТ 24305-80.

В якості конструкційного матеріалу для виготовлення корпусу колони та внутрішніх пристроїв виберемо сталь ХІ7.

Корпус проектуємої колони представлено в царговому на (фланцях) виконанні, для роботи під тиском до 16 кгс/см^2 (1,6 МПа). [3,19]

Апарати в царговому виконанні забезпечують нероз'ємними тарілками, які представляють собою відбортований металевий диск з пристроями (отворами, ковпачками, клапанами і т. ін) для вводу пара на тарілку і злива рідини.

Раніше були визначені діаметр і робоча висота колони: $D = 1,2 \text{ м}$, $H_p = 9,2 \text{ м}$.

Загальна висота колони: $H = H_p + H_{cen} + H_{куб}$, де H_p – висота робочої частини колони, м; H_{cen} – висота сепараційної (верхньої) частини колони, м; $H_{куб}$ – висота кубової частини колони, м.

Висота сепараційної та кубової частини передбачена для нормалізованих колон різних діаметрів. Для $D = 1200 \text{ мм}$, $H_{cen} = 0,8 \text{ м}$, $H_{куб} = 2 \text{ м}$.

Тоді загальна висота колони $H = 9,2 + 2,8 = 12 \text{ м}$.

Мінімальна товщина стінок корпусу апарату залежить від діаметра апарату, і при $D = 1200 \text{ мм}$ становить $\delta = 10 \text{ мм}$.

В якості внутрішніх пристроїв колони для проведення ректифікації використані решітчаті провальні тарілки (задані) типу ТР.

Основним елементом тарілки є дірчатий лист із щілинними отворами.

По технічній характеристиці решітчатих тарілок типу ТР вибираємо $t = 10 \text{ мм}$, $e = 4 \text{ мм}$, товщина листа $S = 2 \text{ мм}$, вільний відносний переріз тарілок $F_0 = 0,2 \text{ м}^2/\text{м}^2$

Днищем називають вузол, обмежуючий корпус знизу, або зверху, тобто, стандартне днище є і кришкою апарату.

Найбільш широке застосування мають еліптичні днища, штамповані із листового матеріалу по ГОСТ 6533-68.

Основні розміри днища: $D_e = 2000 \text{ мм}$; $h_e = 500 \text{ мм}$; $h = 80 \text{ мм}$; $S = 6 \text{ мм}$.

Отже, висота днища дорівнює $h_e + h = 580 \text{ мм}$.

Розрахунок еліптичних днища і кришки при внутрішньому ізбиточному тиску визначається по ГОСТ Р 52857.2 – 2007 [50], а також використовуючи необхідні дані із таблиць по довіднику [15].

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

В еліптичному днищі апарата необхідно передбачити один отвір для введення кубової суміші в теплообмінник для обігріву, (діаметром 80 мм).

В кришке необхідно передбачити один отвір для виведення парів дистиляту (діаметром 80 мм).

Для забезпечення герметичного з'єднання трубопроводів з експлуатованими апаратами, використовують штуцери, підібравши до них відповідний фланець,

Розрахунок фланцевого з'єднання проводиться по ГОСТ Р 52857.4 – 2007 [52].

Фланци з гладкою ущільнювальною поверхнею рекомендується застосовувати для умовних тисків середовища до 1,6 МПа.

В процесі роботи колони необхідно контролювати тиск і температуру, проводити контрольні відбори проб з кожної тарілки.

Штуцери для вимірювання рівня тиску і температури вибирають по ГОСТ 26-61-1348-75-26-61-1356-75: «Пристрої для встановлення приладів вимірювання температури, рівня і тиску на сосудах і апаратах».

Для встановлення колони на фундамент використовуємо опору типа 1, [3, 57], яка розміщується знизу апарата і жорстко з'єднується з корпусом колони. Опора застосовується при встановленні колони на відкритому майданчику.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

7.1 Розрахунок діаметрів штуцерів, підбір фланців та прокладок [32,52]

Штуцером називається пристрій, призначений для підключення (приєднання) апарату до трубопроводу.

Основними штуцерами є штуцера для живильної суміші, кубового залишку, флегми і пара.

Розраховуємо діаметри патрубків цих штуцерів та підбираємо до них стандартні фланці.

Діаметри патрубків визначимо із рівняння витрати:

$$G_f = 3,61 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

$$G_w = 2,3 \text{ кг/с};$$

$$G_v = G_p \cdot (R+1) = 1,31 \cdot (1,2 + 1) = 2,88 \text{ кг/с};$$

$$G_r = G_p \cdot R_{\text{раб}} = 1,31 \cdot 1,2 = 1,572 \text{ кг/с};$$

Щільність вихідної суміші:

$$\rho = \frac{\alpha_f \cdot \rho_s}{\alpha_f \cdot \rho_s + (1 - \alpha_f) \cdot \rho_{\text{вт}}} = \frac{0,33 \cdot 971}{0,33 \cdot 971 + (1 - 0,33) \cdot 758,9} = 889 \text{ кг/м}^3,$$

при $\rho_{\text{вт}} = 758,9 \text{ кг/м}^3$, $\rho_s = 971 \text{ кг/м}^3$. При $t_{\text{xF}} = 81,43 \text{ }^\circ\text{C}$.

Щільність флегми (приймаємо, що флегма і дистилат - чистий низькокиплячий компонент): $\rho_{\text{ем}} = 792,7 \text{ кг/м}^3$ при $t_{\text{xp}} = 78,42 \text{ }^\circ\text{C}$.

Щільність кубового залишку (приймаємо, що кубовий залишок - чистий висококиплячий компонент $\rho_v = 959,3 \text{ кг/м}^3$, при $t_{\text{xF}} = 98,1 \text{ }^\circ\text{C}$.

Щільність парів, підіймаючихся із колони $\rho_y = 0,955 \text{ кг/м}^3$.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

Тоді

$$V_F = 3,61/889 = 4,06 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с};$$

$$V_W = 2,3/959,3 = 2,40 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с};$$

$$V_R = 1,57/792,7 = 1,98 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с};$$

$$V_V = 2,88/0,955 = 3,02 \text{ м}^3/\text{с},$$

Розраховуємо діаметри штуцерів:

- для виведення пара з колони

$$D_{\text{шт}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,02}{3,14 \cdot 25}} = 0,392 \text{ м}.$$

Для виготовлення патрубку парового штуцера використовуємо стандартну трубу (ГОСТ 941-81) сталеву безшовну гарячекатану діаметром 426x 11 мм (внутрішній діаметр $426 - 2 \cdot 11 = 404 \text{ мм}$), $D_y = 400 \text{ мм}$.

- для входу живильної суміші до колони

$$D_{\text{шт}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4,06 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,75}} = 0,083 \text{ м}.$$

Для виготовлення патрубку штуцера введення вихідної суміші використовуємо трубу сталеву безшовну гарячекатану діаметром 89 x 4,5 мм (внутрішній діаметр $89 - 2 \cdot 4,5 = 80 \text{ мм}$), $D_y = 80 \text{ мм}$.

- для введення флегми

$$D_{\text{шт}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,98 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,7}} = 0,06 \text{ м}.$$

Для виготовлення штуцера введення флегми використовуємо трубу сталеву безшовну гарячекатану діаметром 76 x 4 мм (внутрішній діаметр $76 - 2 \cdot 4 = 68 \text{ мм}$), $D = 65 \text{ мм}$.

- для виведення кубового залишку

$$D_{\text{шт}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,4 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,65}} = 0,069 \text{ м}.$$

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
						74
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для виготовлення штуцера виведення кубового залишку використовуємо трубу сталеву безшовну гарячекатану діаметром 89 x 4,5 мм (внутрішній діаметр $89 - 9 = 80$ мм), $D_y = 80$ мм.

Для виготовлення штуцерів виберемо фланці арматури з'єднувальних частин та трубопроводів (ГОСТ 1235-67, 1255-67, 12821-67, 12830-67).

Основні розміри фланців:

- для штуцера виведення парів із колони

$D_y = 400$ мм; $d_n = 426$ мм; $D_\phi = 535$ мм; $D_e = 495$ мм; $D_l = 465$ мм; $h = 24$ мм,

Болти М20, 16 шт. Маса 17,7 кг.

- для штуцерів введення живильної (вихідної) суміші та виведення кубового залишку

$D_y = 80$ мм; $d_n = 89$ мм; $D_\phi = 185$ мм; $D_e = 150$ мм; $D_l = 129$ мм; $h = 15$ мм,

Болти М16, 4 шт.

- для штуцерів введення флегми

$D_y = 65$ мм; $d_n = 76$ мм; $D_\phi = 160$ мм; $D_e = 160$ мм; $D_l = 130$ мм; $h = 13$ мм,

Болти М12, 4 шт. Маса 1,63 кг.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

7.2 Розрахунок товщини обичаєк [26,50]

В хімічному апаратобудуванні в основному застосовують циліндричні обичайки, які відрізняються простотою виготовлення, раціональною витратою матеріалу і високим опором до тиску середовища. Тому при конструюванні апаратів, якщо це не суперечить будь – яким особливим вимогам, пред'являємим до апарата, рекомендується застосовувати циліндричні обичайки.

Проведемо розрахунок обичайки, навантаженої внутрішнім тиском.

Дано:

$$D = 1200 \text{ мм}$$

$$P = 0.3 \text{ Мпа}$$

Товщину стінки циліндричної оболонки будемо шукати по формулі

$$S = \frac{P \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - P} + C,$$

де p_R – тиск в апараті, МПа;

s_R – розрахункове значення товщини стінки, мм;

D – внутрішній діаметр обичайки, мм

$[\sigma]$ – допустиме напруження, Мпа;

φ – міцність зварного шва;

c – прибавка на корозію, мм.

$[\sigma]$ для сталі марки X17H13M2T $[\sigma] = 168 \text{ МПа}$

$$C = C_1 + C_2 + C_3, \text{ де}$$

C_1 – прибавка на корозію (прийємо = 7);

C_2 – прибавка на можливість корозії (якщо робоче середовище рухається з великою швидкістю і несе абразивні частинки, приймаємо $C_2 = 0$);

C_3 – допуск на відхилення товщини листа проката від номінального розміру.

Тоді $C = C_1 = 1,2 \text{ мм}$.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

Допустиме напруження $[\sigma]=152\text{МПа}$

$$S = \frac{0,3 \cdot 1200}{2 \cdot 152 \cdot 1 - 0,3} + 7 = 8 \text{ мм}$$

Приймаємо $S=8 \text{ мм}$

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

7.3 Опора колони [3,57]

Визначаємо основні розміри опори циліндричної з місцевими косинками для ректифікаційної колони.

За максимальне приведенне навантаження на косиначні опори колонних апаратів приймаємо циліндричну опору **типу 1**

$$Q_{max} = 6,03 \text{ МН};$$

Опора I-1200-4,0-2,0-1600 ГОСТ 24-757-81

Кількість косинок має дорівнювати кількості фундаментних болтів, (в даному проекті кількість фундаментних болтів М42 – 24 шт.

Основні розміри циліндричної опори **типу 1, ГОСТ 24-757-81, мм.**

D, мм	1200	S ₁ , мм	10
D ₁ , мм	1150	S ₂ , мм	25
D ₂ , мм	1360	S ₃ , мм	25
D ₃ , мм	1480	d, мм	60

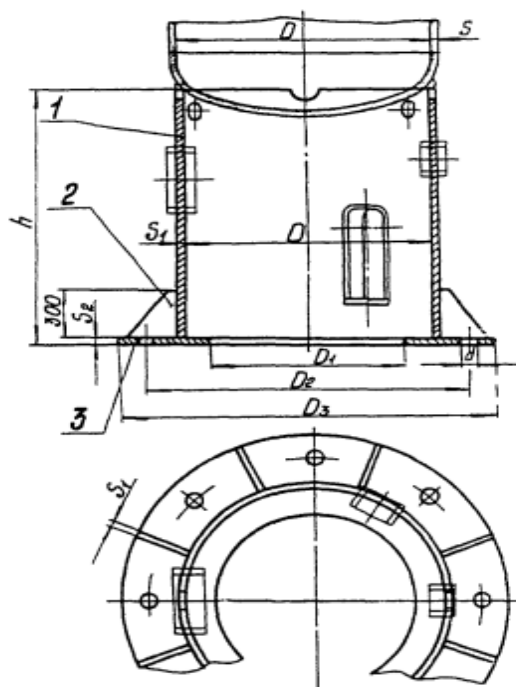


Рисунок 14 – Опора циліндрична з місцевими косинками (**Тип 1**)

1 – обичайка; **2** – косинка; **3** – кільце нижнє

Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

7.3.1 Розрахунок наведених навантажень і вибір опори

Формули для визначення наведених навантажень:

1. Q_{max} – максимальне наведене навантаження в МН (кгс), приймається рівним більшому із двох значень

$$Q_{max} = \frac{4M_1}{D} + F_1, \text{ або } Q_{max} = \frac{4M_2}{D} + F_2, \quad (1)$$

де M_1 і F_1 – розрахунковий ізгибаючий момент в МН. м (кгс. см) і розрахункове осьове зжимаюче зусилля в МН (кгс), що діють на апарат в місці приєднання опорного кільця в робочих умовах;

M_2 і F_2 – теж в умовах випробування.

Величини M_1, M_2, F_1, F_2 визначаються по ГОСТ 24757 – 81.

2. Q_{min} – мінімальне приведенне навантаження в МН (кгс) визначається по формулі:

$$Q_{min} = \frac{4M_3}{D} - F_4, \quad (2)$$

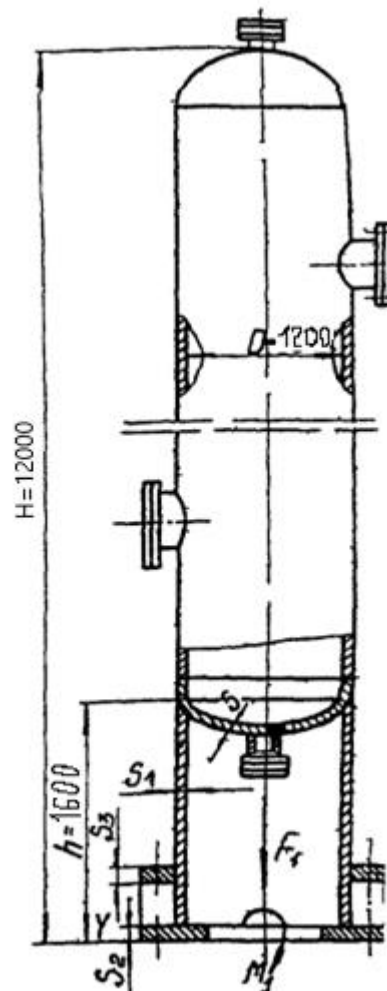
де M_3 і F_4 – розрахунковий ізгибаючий момент в МН. м (кгс. см) і розрахункове осьове зжимаюче зусилля в МН (кгс), що діють на апарат в місці приєднання опорного кільця в умовах монтажу, визначаються по ГОСТ 24757 – 81.

3. Допускається приймати товщини елементів, кількість і діаметр фундаментальних болтів по табл. 1, 2, 3 при величинах Q_{max} і Q_{min} , перевищуючих, відповідно, найближчі табличні значення не більше, чим на 10 %.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

Вибір опори

Висота опори $h = 1600$ мм для колонного апарата з $D = 1200$ мм, $H = 12\,000$ мм



Вихідні дані:

Вага апарата

- в робочих умовах G_1 , МН 2
- в умовах випробування G_2 , МН 3,2
- в умовах монтажу (мінімальний) G_4 , МН 0,8

Ізгибаючий момент в перерізі $Y-Y$ від дії вітрових навантажень:

- в робочих умовах M_{V1} , МН. м 0,9
- в умовах випробування M_{V2} , МН. м 1,0
- в умовах монтажу (без ізоляції) M_{V3} , МН. м 0,85
- в умовах монтажу (з ізоляцією) M_{V4} , МН. м 0,95

Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ

Арк

80

Ізгибаючий момент в перерізі УУ від дії ексцентричних вагових навантажень

– в робочих умовах M_{G1} , МН. м 0,2

– в умовах випробування M_{G2} , МН. м 0,25

– в умовах монтажу (без ізоляції) M_{G3} , МН. м 0,15

Апарат встановлений в зоні з сейсмічністю не більше 6 балів.

Визначення Q_{max} , Q_{min} і вибір опори.

У відповідності з таблицею пункту 3 ГОСТ 24757–81 визначаємо розрахункові ізгибаючі моменти M_1 , M_2 , M_3 і осьові зжимаючі сили F_1 , F_2 , F_4 , що діють на апарат в перерізі УУ:

$$M_1 = M_{G1} + M_{V1} = 0,2 + 0,9 = 1,1 \text{ МН. м,}$$

$$M_2 = M_{G2} + 0,6M_{V2} = 0,25 + 0,6 \cdot 1,0 = 0,85 \text{ МН. м}$$

для визначення M_3 вичисляємо значення

$$M_{G3} + M_{V3} = 0,15 + 0,85 = 1,0 \text{ МН. м}$$

$$M_{G3} + 0,8M_{V4} = 0,15 + 0,8 \cdot 0,95 = 0,91 \text{ МН. м}$$

Так як

$$M_{G3} + M_{V3} > M_{G3} + 0,8M_{V4}, \text{ то}$$

$$M_3 = M_{G3} + M_{V3} = 1,0 \text{ МН. м}$$

$$F_1 = G_1 = 2 \text{ МН};$$

$$F_2 = G_2 = 3,2 \text{ МН};$$

$$F_4 = G_4 = 0,8 \text{ МН}$$

Підраховуємо значення

$$\frac{4M_1}{D} + F_1 \quad \text{і} \quad \frac{4M_2}{D} + F_2$$

$$\frac{4M_1}{D} + F_1 = \frac{4 \cdot 1,1}{1,2} + 2 = 5,67 \text{ МН,}$$

$$\frac{4M_2}{D} + F_2 = \frac{4 \cdot 0,85}{1,2} + 3,2 = 6,03 \text{ МН}$$

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

Так як

$$M_{G3} + M_{V3} > M_{G3} + 0,8M_{V4}, \quad \text{то}$$

$$M_3 = M_{G3} + M_{V3} = 1,0 \text{ МН.м}$$

$$F_1 = G_1 = 2 \text{ МН};$$

$$F_2 = G_2 = 3,2 \text{ МН};$$

$$F_4 = G_4 = 0,8 \text{ МН}$$

Підраховуєм значення

$$\frac{4M_1}{D} + F_1 \quad \text{і} \quad \frac{4M_2}{D} + F_2$$

$$\frac{4M_1}{D} + F_1 = \frac{4 \cdot 1,1}{1,2} + 2 = 5,67 \text{ МН},$$

$$\frac{4M_2}{D} + F_2 = \frac{4 \cdot 0,85}{1,2} + 3,2 = 6,03 \text{ МН}$$

Так як $\frac{4M_2}{D} + F_2 > \frac{4M_1}{D} + F_1$, то по формулі (1)

$$Q_{max} = \frac{4M_2}{D} + F_2 = 6,03 \text{ МН};$$

по формулі (2)

$$Q_{min} = \frac{4M_3}{D} - F_4 = \frac{4 \cdot 1,0}{1,2} - 0,8 = 2,53 \text{ МН}$$

З додатка 3 для $Q_{min} = 2,53 \text{ МН}$ і $D = 1200 \text{ мм}$ приймаєм опору типу 1.

Для найближчих табличних значень

$Q_{max} < 4,0 \text{ МН}$ /розходження $< 10 \%$ /, $Q_{min} < 2,0 \text{ МН}$, $D = 1200 \text{ мм}$ приймаєм

опору I-1200-4,0-2,0-1600 АТК 24.200.04 -90 з параметрами $S_1 = 10 \text{ мм}$,
 $S_2 = 25 \text{ мм}$, $S_3 = 25 \text{ мм}$, кількість фундаментних болтів М42 = 24 шт.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

Беремо циліндричну опору тип 1 з $G \cdot 10^2 = 0,21 \cdot 10^2 = 21$ МН.

$$D_H = 1600 \text{ мм};$$

$$S = 0,001 \text{ м};$$

$$Q_{max} = 6,03 \text{ МН} - \text{max вага колони};$$

$$Q_{min} = 2,53 \text{ МН} - \text{min вага колони};$$

$$M = 0,0105 \text{ МН} \cdot \text{м};$$

$$\varphi = 1;$$

$$\sigma = 140 \text{ МПа};$$

$$n = 24;$$

$$b = 0,04 \text{ м};$$

$$D_1 = D_H - 0,04 = 1600 - 0,04 = 1600 \text{ мм};$$

$$D_2 = D_H + 2 \cdot s + 0,2 = 12000 + 2 \cdot 0,001 + 0,2 = 12000 \text{ мм};$$

$$W = \left(\frac{\pi}{16} \right) \left[\frac{(D_2^4 - D_1^4)}{D_1} \right] = \left(\frac{3,14}{16} \right) \left[\frac{(12^4 - 1,6^4)}{6,5536} \right] = 621 \text{ м}^2;$$

Розмір опори фундаментного кільця:

$$F = \frac{\pi(D_2^2 - D_1^2)}{4} = \frac{3,14(12^2 - 1,6^2)}{4} = 111 \text{ м}^2;$$

$$\sigma_{max1} = \left(\frac{Q_{max}}{F} \right) + \frac{M}{W} = \left(\frac{6,03}{111} \right) + \frac{0,0105}{621} = 0,054 \text{ МПа};$$

$$\delta_K = \varphi \cdot b \cdot \sqrt{3 \cdot \frac{\sigma_{max1}}{\sigma}} = 1 \cdot 0,04 \cdot \sqrt{3 \cdot \frac{0,054}{140}} = 1 \cdot 10^{-3} - \text{опорна площа}$$

фундаментного кільця, м²

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

$$\sigma_{min} = \left(\frac{Q_{min}}{F} \right) - \frac{M}{W} = \left(\frac{2,53}{111} \right) - \frac{0,0105}{621} = 0,023 \text{ МПа}$$

При розрахунку отримали значення σ_{min} зі знаком +, що свідчить про правильність розрахунку колони на стійкість.

Параметр стійкості:

$$Y = Q_{min} \cdot 0,42 \cdot \frac{DH}{M} = 2,53 \cdot 0,42 \cdot \frac{1200 \times 1600}{0,0105} = 1943$$

Виходячи із розрахунків, кількість болтів дорівнює 24.

Зусилля на болт P_6 знаходимо:

$$P_6 = \sigma_{min} \cdot \frac{F}{n} = 0,023 \cdot \frac{111}{24} = 106,4$$

$D_{внутр}$ різьби болта на фундаменті вчисляємо враховуючи зміни у виді розтягу:

$$d_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot P_6}{\pi \cdot \sigma}} + 0,003 = \sqrt{\frac{4 \cdot 106,4}{3,14 \cdot 140}} + 0,003 = 0,003 \text{ м}$$

Приймаєм фундаментні болти М24.

Площа небезпечного перерізу зварного шва:

$$f_c = \pi \cdot D_H \cdot 0,7 \cdot s = 3,14 \cdot 1600 \cdot 0,7 \cdot 0,001 = 3,52 \text{ м}^2$$

Момент опору зварного шва ізгибу:

$$W_c = 0,8 \cdot 0,7 \cdot 0,001 \cdot 1600 = 0,896 \text{ м}^3$$

Зусилля в зварному з'єднанні, за допомогою якого з'єднується корпус колони з опорою:

$$\sigma_c = \left(\frac{Q_{max}}{f_c} \right) + \frac{M}{W_c} = \left(\frac{6,03}{3,52} \right) + \frac{0,0105}{0,896} = 1,722 \text{ МПа}$$

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

Напруження в зварному шві має задовольняти наступній умові:

$$\sigma_c < 0,8 \cdot \varphi \cdot \sigma$$

Так, як $1,722 < 0,8 \cdot 1 \cdot 140 = 1,722 < 112$, значить умова виконується.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

8. ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК [1, 27]

Метою гідравлічного розрахунку є розрахунок частини **технологічної схеми процесу ректифікації**, замкненої на насос **1**, перекачуючий вихідну суміш із ємкості **2** через підігрівач **3** на живлячу тарілку ректифікаційної колони **4**. При розрахунку насосної установки виконаємо розрахунок діаметрів трубопроводів, гідравлічних опорів трубопроводів і підігрівача, підбір насоса та перевірку умов його роботи на мережу.

8.1. Визначення геометричних характеристик трубопроводу, швидкостей та режимів руху в них теплоносіїв. Розрахунок опорів на різних ділянках трубопроводу.

Так як температура вихідної суміші на різних ділянках вибраної для розрахунку схеми різна, то для підвищення точності виконання розрахунку розділимо трубопровід на ділянки:

- ділянка всмоктуючого трубопроводу від ємкості (зборника суміші) до насоса;
- ділянка напорного трубопроводу від насоса до теплообмінника;
- теплообмінник;
- ділянка напорного трубопроводу від теплообмінника до ректифікаційної колони;

Діаметри всмоктуючого і напорного трубопроводу визначим із рівняння витрати:

$$V_F = \frac{\vartheta_f \cdot \pi \cdot d^2}{4}$$

Діаметр напорного трубопроводу (ділянки **2** і **4**) приймем дорівнює діаметру штуцера для введення живлячої суміші в колону 89 x 4.5 мм (внутрішній діаметр труби 80 мм).

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

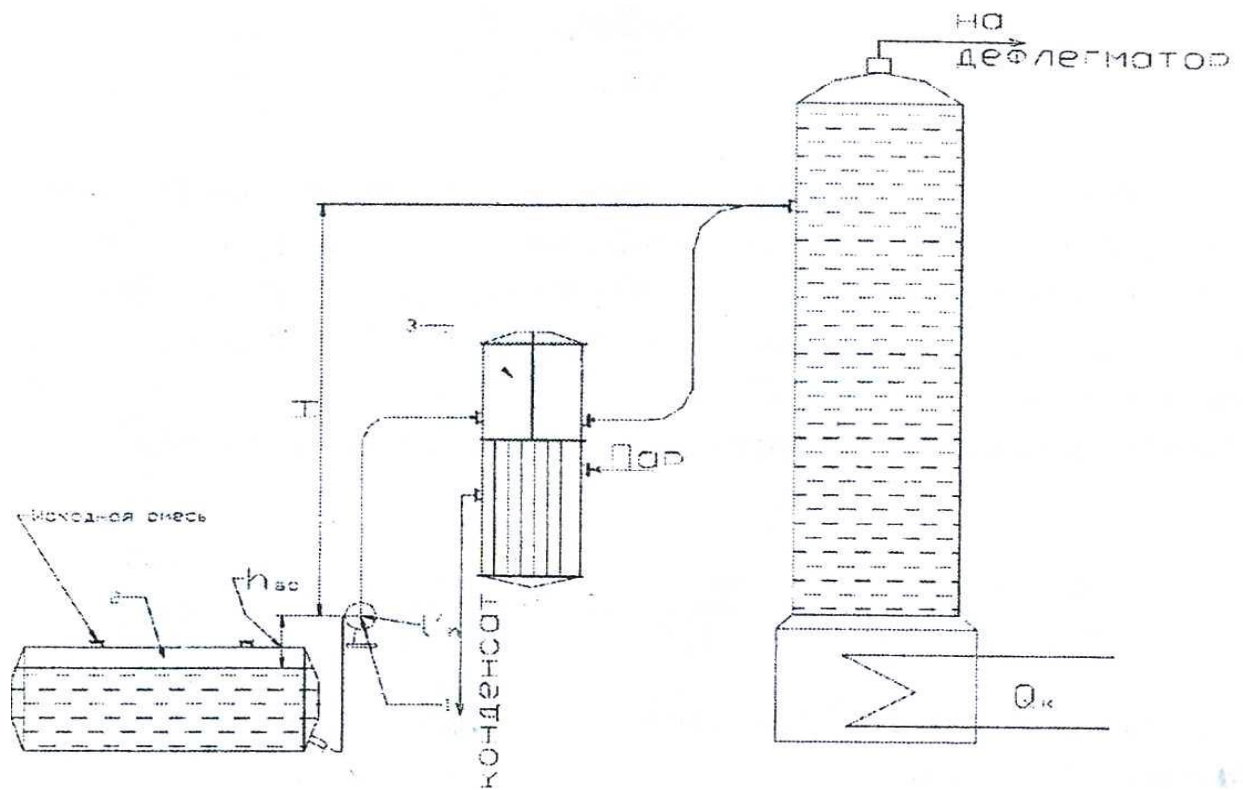


Рисунок 15 – Схема насосної установки

Швидкість суміші на ділянці напорного трубопровода

$$v_{\text{вн}} = \frac{4 \cdot V_f}{\pi \cdot d_n^2} = \frac{4 \cdot 4,06 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,08^2} = 0,8 \text{ м/с}$$

Швидкість у всмоктуючому трубопроводі приймем дорівнює $v_{\text{вс}} = 0,6$, тоді

$$D_{\text{вс}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4,06 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,6}} = 0,09 \text{ м}$$

Для виготовлення всмоктуючого трубопровода приймем трубу діаметром 108 x 4 мм (внутрішній діаметр $108 - 2 \cdot 4 = 100$ мм).

Швидкість суміші на всмоктуючій ділянці трубопровода

$$v_{\text{вс}} = \frac{4 \cdot V_f}{\pi \cdot d_{\text{вс}}^2} = \frac{4 \cdot 4,06 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,1^2} = 0,52 \text{ м/с}$$

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

Зіставляючи товщину в'язкого підслоя з висотою елементів вибраної труби, робимо висновок про шерохватість труби.

Еквівалентна шерохватість для сталевих безшовних труб (труби нові і чисті)
 $K_{\text{екв}} = 0,015$ мм.

Висота виступів елементів шерохватості в трубі

$$\Delta = \frac{K_{\text{екв}}}{(0,5-0,7) \cdot 0,6} = \frac{0,015}{0,6} = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

Так як $\Delta < \delta$ ($2,5 \cdot 10^{-5} < 7,2 \cdot 10^{-4}$) то шерохватість стінок не впливає на величину коефіцієнта тертя λ при турбулентному руху потоку. На інших ділянках трубопровода будемо вважати трубу гідравлічно гладкою, тоді втрати по довжині трубопровода складатимуть

$$h_l = 0,022 \cdot \frac{1,6}{0,1} \cdot \frac{.520^2}{2 \cdot 9,81} = 0,0102 \text{ м}$$

На всмоктуючій ділянці трубопровода знаходяться чотири місцевих опіри:

1. Вхід в трубу $\xi_1 = 0,5$;
2. Поворот на 135° $\xi_2 = 0,5$;
3. Різкий поворот на 90° (колєно) $\xi_3 = 1,2$;
4. Плавний поворот на 90° (отвод) $\xi_4 = 0,14$.

Тоді

$$h_{\text{м.с.}} = (0,5 + 0,5 + 1,2 + 0,14) \cdot \frac{0,1^2}{2 \cdot 9,81} = 0,0012 \text{ м}$$

Сумарні втрати на всмоктуючій ділянці трубопровода

$$h_{\text{вс}} = h_l + h_{\text{м.с.}} = 0,0102 + 0,0012 = 0,011 \text{ м}$$

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		90

Напорна ділянка від насоса до теплообмінника (рис. 17)

Критерій Рейнольдса:

$$Re = \frac{0.8 \cdot 0.08^2 \cdot 885}{1.58 \cdot 10^{-3}} = 2868$$

Режим руху турбулентний, тоді

$$\lambda = \frac{0.316}{2868^{0.25}} = 0.043,$$

$$h_l = 0.043 \cdot \frac{9}{0.08} \cdot \frac{0.8^2}{2 \cdot 9.81} = 0.198 \text{ м},$$

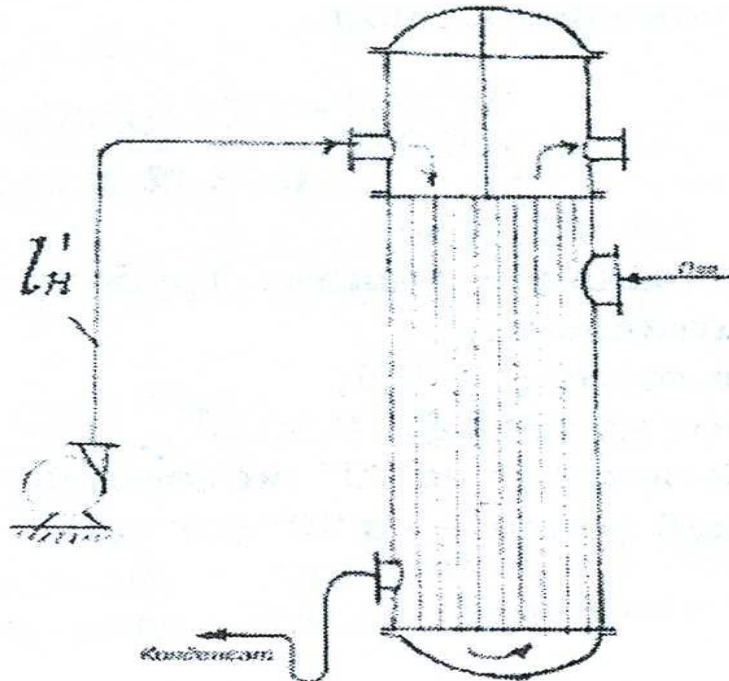


Рисунок 17 – Схема напорної ділянки трубопровода до теплообмінника

На напорній ділянці трубопровода перед теплообмінником є один опір – плавний поворот на 90° - $\xi = 0.14$ (діаметр штуцера теплообмінника приймаєм дорівнює діаметру напорного трубопровода)

$$h_{m.c.} = 0.14 \cdot \frac{0.8^2}{2 \cdot 9.81} = 0.0057 \text{ м},$$

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

Сумарні витрати напора на напорній ділянці трубопровода перед теплообмінником:

$$h_{\text{нап.1}} = h_l + h_{\text{м.с.}} = 0,198 + 0,0057 = 0,2037 \text{ м.}$$

Середня температура суміші в теплообміннику

$$T_{\text{хФср}} = \frac{t_{\text{г}} + t_{\text{хф}}}{2} = \frac{25 + 81,43}{2} = 53,22^\circ\text{C.}$$

При цій температурі

$$\rho_{52} = \frac{818 \cdot 986}{818 \cdot 0,33 + (1 - 0,33) \cdot 986} = 866 \text{ кг/м}^3,$$

$$\rho_{\text{а}} = 818,25 \text{ кг/м}^3, \quad \rho_{\text{в}} = 986 \text{ кг/м}^3,$$

$$\lg \mu_{52} = x_{\text{F}} \cdot \lg \mu_{\text{а}} + (1 - x_{\text{F}}) \cdot \lg \mu_{\text{в}} = 0,16 \cdot \lg 0,544 + (1 - 0,16) \cdot \lg 0,916 = -0,0743$$

$$\mu_{52} = 0,843 \text{ мПа}\cdot\text{с.}$$

$$\mu_{\text{а}} = 0,916 \text{ мПа}\cdot\text{с}, \quad \mu_{\text{в}} = 0,544 \text{ мПа}\cdot\text{с.}$$

Критерій Рейнольдса

$$\text{Re} = \frac{0,0983 \cdot 0,021 \cdot 866}{0,843 \cdot 10^{-3}} = 2114$$

Режим ламінарний ($\text{Re} < 2300$) і

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}} = \frac{64}{2114} = 0,0302,$$

тоді

$$h_l = 0,0302 \cdot \frac{2 \cdot 2}{0,021} \cdot \frac{0,098^2}{2 \cdot 9,81} = 0,0288 \text{ м.}$$

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92

Сумарні втрати напора на ділянці за теплообмінником

$$h_{\text{нап2}} = h_1 + h_{\text{м.с.}} = 0,0002 + 0,004 = 0,00422 \text{ м.}$$

Сумарні втрати напора на всіх ділянках трубопровода

$$\sum h_{\text{н}} = h_{\text{ес}} + h_{\text{нап1}} + h_{\text{мен}} + h_{\text{нап2}} = 0,011 + 0,2037 + 0,0327 + 0,00422 = 0,2516 \text{ м.}$$

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		96

8.2 Підбір насоса

Вимагаємий напор насоса визначається по формулі

$$H_{\text{тр}} = H + h_{\text{вс}} + \frac{P_k - P_0}{\rho \cdot g} + \sum h_{\text{п}},$$

де $H + h_{\text{вс}}$ – геометрична висота під'єму рідини, м;

$\frac{P_k - P_0}{\rho \cdot g}$ – висота, обумовлена: різницею тисків в колоні і в ємкості, м;

$\sum h_{\text{п}}$ – сумарні втрати напора, в мережі, м.

Так як тиск в колоні і в ємкості атмосферний, то висота, обумовлена різницею цих тисків дорівнює нулю.

Тоді характеристика мережі прийме вид

$$H_{\text{мп}} = (H + h_{\text{ес}}) + \sum h_{\text{п}} = (17 + 0,7) + 0,2516 = 17,95 \text{ м}.$$

По розрахованому напору $H_{\text{мп}} = 17,95 \text{ м}$ і заданій подачі $V_F = 0,00409 \text{ м}^3/\text{с}$ ($14,72 \text{ м}^3/\text{ч}$) підбираєм насос. Для перекачування водно-спиртових сумішей використовують спеціальні спиртові насоси, але у зв'язку з відсутністю в літературі характеристики цього насоса, вибираєм центробіжний консольний хімічний насос **X5032125 К (Е,И,Т)** з горизонтальним валом на окремій стійці з $n = 2900 \text{ об/хв}$.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
						97
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8.3 Перевірка умов роботи насоса на мережу

Для перевірки умов роботи вибраного насоса на мережу накладем на робочі характеристики насоса характеристику мережі.

Для побудови характеристики мережі розглянемо характеристику (рівняння) трубопровода

$$H_{mp} = H + h_{ec} + \sum h_{\pi},$$

де $H + h_{ec} = H_{ст}$ – статичний напор, м.

$$H_{ст} = 17,0 + 0,7 = 17,7 \text{ м.}$$

Так як трубопровід експлуатується при турбулентному режимі руху, то втрати напора пропорційні квадрату швидкості, а, отже, і подачі

$$\sum h_{\pi} = \nu \cdot V^2$$

де ν – коефіцієнт пропорційності:

$$\nu = \frac{\sum h_{\pi}}{V^2} = \frac{0,2516}{14,72^2} = 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Задаючись різними значеннями подач (0,0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10,12,14 м³/с), розрахуємо напор H_{mp} .

Результати розрахунку заносимо до **таблиці 3** і по ній будемо характеризувати мережу $H_{mp} = f(V)$ (**рис. 19**).

Точка А пересікання характеристик насоса $H = f(V)$ і трубопровода (мережі) $H_{mp} = f(V)$ називається робочою точкою насоса.

Координати робочої точки:

$$V_a = 14,2 \text{ м}^3/\text{ч}, \quad H_a = 17,9 \text{ м}, \quad \eta_a = 59 \text{ \%}.$$

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
						98
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Так як подача, яка відповідає робочій точці А, менше вимагаємої ($14,2 < 14,72$), то необхідно відрегулювати роботу, насоса на мережу. В даному випадку збільшення подачі (переміщення характеристики насоса вверх) можна досягти збільшенням частоти обертання вала насоса.

Таблиця 3

Подача $V, \text{ м}^3/\text{с}$	Статистичний напор, $H_{\text{ст}}, \text{ м}$	Сумарні втрати напора, $\Sigma h_{\text{п}}$	Повний напор, $H_{\text{тр}} = H_{\text{ст}} + BV^2, \text{ м}$
0,0	17,7	0,0	17,7
2,0	17,7	0,0046	17,7046
4,0	17,7	0,0186	17,4186
6,0	17,7	0,0418	17,70418
8,0	17,7	0,0742	17,7742
10,0	17,7	0,116	17,816
12,0	17,7	0,167	17,867
14,0	17,7	0,2077	17,9

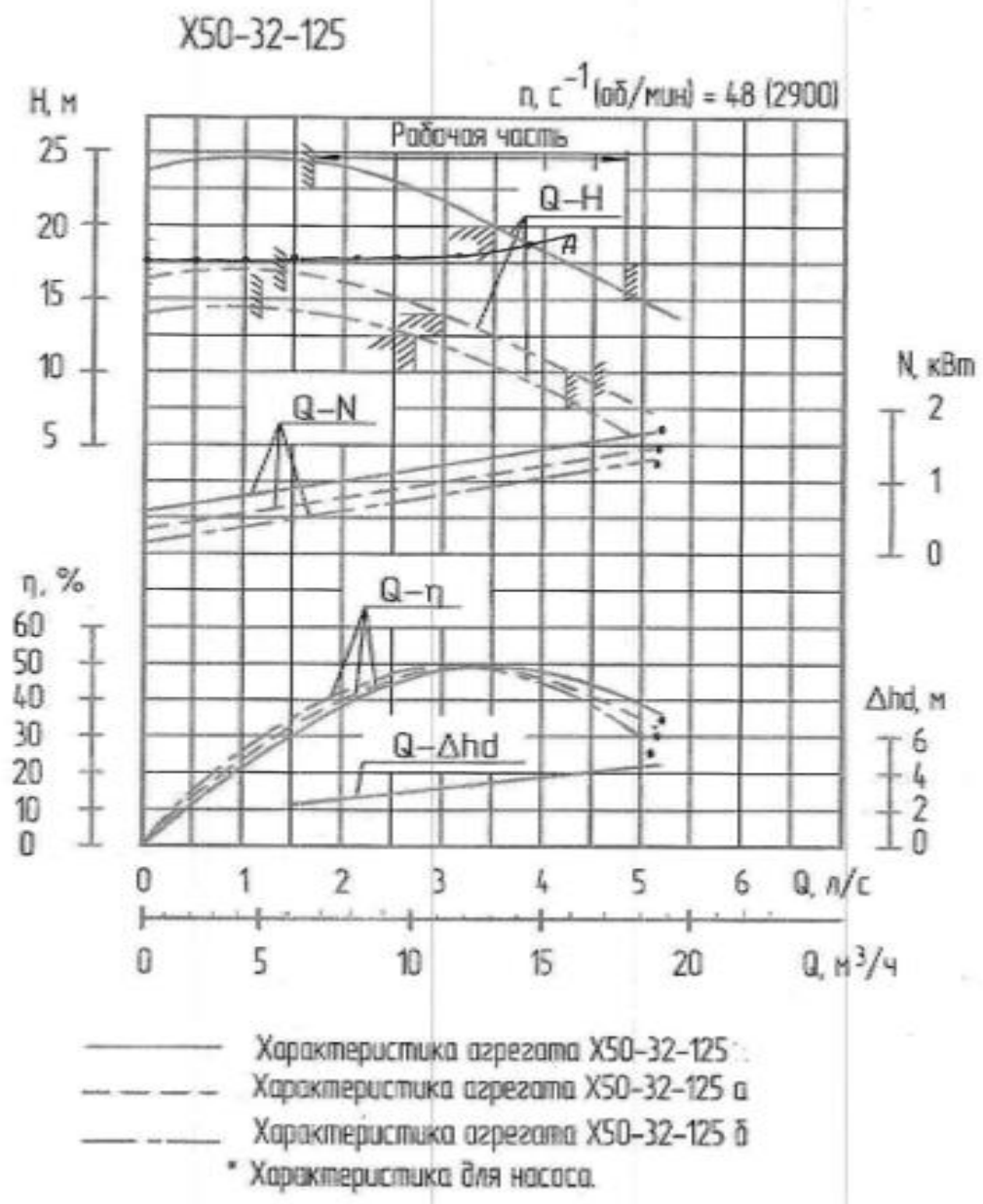


Рисунок 19 – Характеристика мережі $H_{тр} = f(V)$

Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

9. МОНТАЖ ТА РЕМОНТ КОЛОННОГО АПАРАТА [36]

До хімічного обладнання, крім вимог, визначаючих технологічне призначення, надійність, довговічність, міцність, герметичність і т. д., пред'являються також вимоги, які забезпечують зручність виконання монтажних робіт.

Перевозка обладнання з машинобудівних заводів до місця будівництва може здійснюватись у вигляді окремих деталей розсипом, блоками, або у повністю зібраному виді. Перевозки розсипом, або блоками виконуються залізничним транспортом. Найбільшу складність представляє перевозка в зібраному виді, особливо крупногабаритного устаткування. Перевозка крупногабаритних апаратів в зібраному виді можлива залізничним, водним, або автодорожнім транспортом.

Для виконання монтажних робіт застосовується різноманітне обладнання, призначене в основному для проведення такелажних операцій.

До найбільш часто виконуваних при монтажі робіт відносяться зборка блоків, транспортування обладнання та матеріалів, встановлення мачт, підйом апаратів.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		102

При монтажі повністю зібраного апарата, спочатку апарат збирається із блоків, а потім приварюється опора.

Монтаж насадки колонних апаратів здійснюється після кінчної вивірки і закріплення апарата фундаментними болтами, установки обслуговуючих майданчиків і драбин, гідравлічного випробування.

Монтаж тарілок починається з установки опорних елементів, горизонтальність установки яких перевіряється за допомогою рейки і рівня. Деталі тарілок подаються на монтаж стріловим краном, або краном – укосиною, які встановлюються для цієї мети на колоні. Після збірки всіх елементів кожна тарілка перевіряється на барботажа. Для цієї мети закриваються всі люки, розташовані нижче контролюємої тарілки, тарілка заливається водою, в нижню частину колони подається повітря від вентилятора, або компресора. Рівномірність барботажа контролюється візуально. Спочатку визначається рівномірність барботажа по площаді тарілки, а потім по периметру кожного ковпачка.

На круглі ковпачки одягається відрізок труби, за допомогою якого ковпачок ізолюється від іншої площаді тарілки. Рівномірність барботажа контролюється по окружності ковпачка.

При безпорядчному завантаженні кілець Рашига, або інших насадочних елементів, апарат заповнюється водою до верхнього люка, і кільця із під'ємного бака вивантажуються у воду. По мірі наповнення колони надлишкова вода зливається через нижній штуцер колони.

Установка апаратів у проектне положення.

Технологія підймання апарата є складовою частиною проекту проведення монтажних робіт. Проектом передбачається докладна схема підйому, зазначаються місця установки мачт, або кранів, їхнє положення на різних етапах підйому, розташування розчалювань, лебідок, відвідних тросів, поліспаствів і т.д. У цьому ж проекті наводяться технічні характеристики усіх підймальних засобів.

Ступінь складності установки колонних апаратів у проектне положення визначається їхніми габаритними розмірами (висотою й діаметром), масою, а також висотою фундаменту (постаменту). Підймання апаратів здійснюють кранами, або за допомогою мачт. Застосовують два основних способи підйому: ковзання і поворот навколо шарніра (рис. 21).

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
						104
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

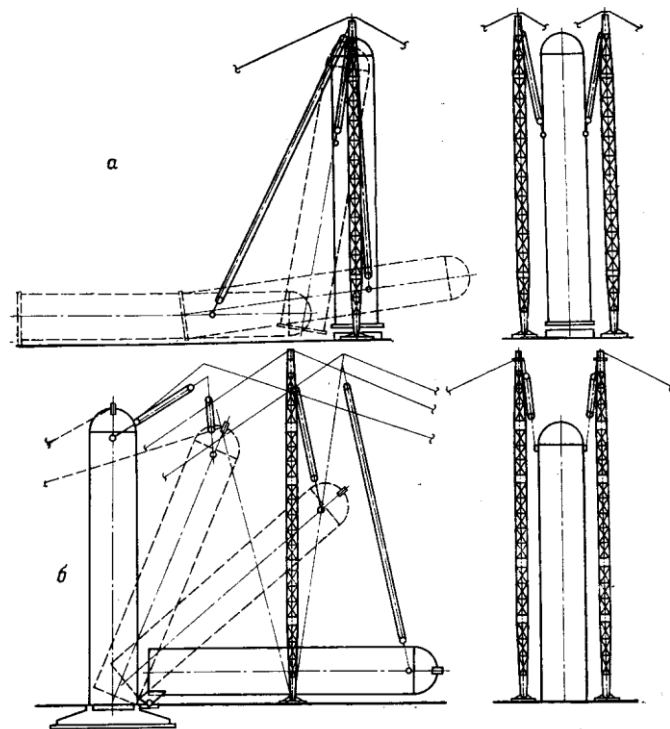
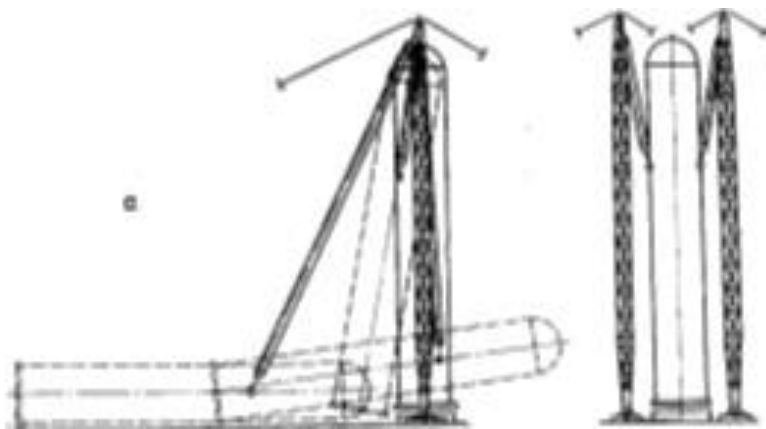


Рисунок 21 – Способи підймання колонного апарата

а – способом ковзання опорної частини; б – поворотом навколо шарніра

При *підйомі апарата з ковзанням опорної частини* по землі мачти встановлюють по обох боках від фундаменту (**рис. 21, а**). Підймальний апарат попередньо підтягують тракторами як можна ближче до фундаменту так, щоб його вісь була перпендикулярна до площини обох мачт.



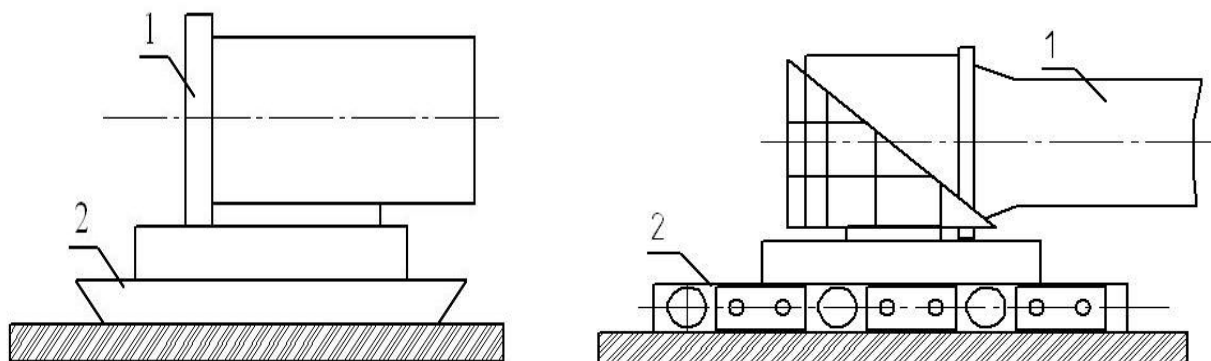
(Рис. 21, а)

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		105

Коли вісь апарата наближається до вертикального положення, його опорну частину відривають від землі. Далі апарат піднімають над фундаментом, за допомогою відтяжних тросів надають йому проектної орієнтації і опускають на фундамент. Перед зняттям строп перевіряють положення апарата і затягують фундаментні болти.

Пристрої для ковзання і повороту.

Підйом методом ковзання забезпечує горизонтальне переміщення опори апарата. При підйманні кранами допустиме відхилення поліспасти від вертикалі не повинне перевищувати 3° , тому обов'язковим є підтягання опори апарата лебідкою. Для великих апаратів використовуються спеціальні сани або візки (рис. 22, а), які переміщуються по рейкових шляхах, виготовлених у вигляді інвентарних секцій.



а)

б)

Рисунок 22 – Пристрої для ковзання апарата:

а) 1 – апарат; 2 – сани

б) 1 – апарат; 2 – шарнірно – поворотна опора

Підіймання апарата поворотом навколо шарніра (рис. 22, б) може виконуватися двома способами. У першому випадку поворотний шарнір монтується на фундаменті (рис. 23), а у другому — як поворотний пристрій для підняття апаратів використовується шарнір на розрізній опорі.

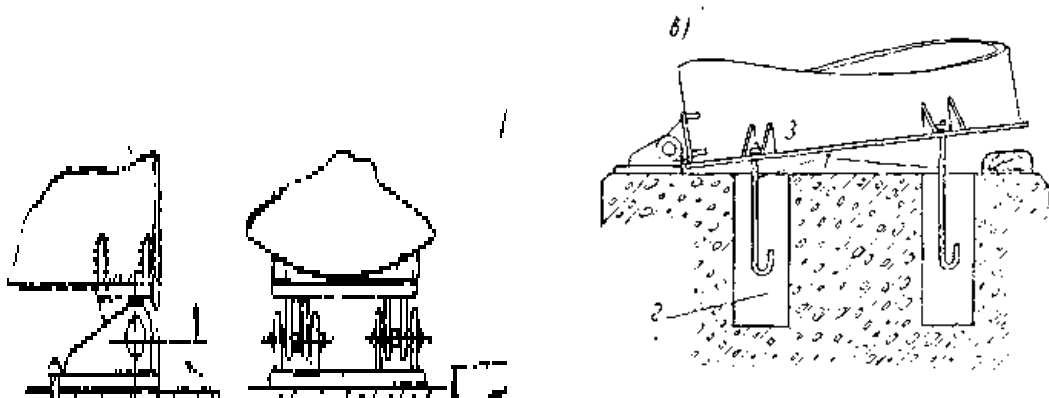


Рисунок 23 — Підіймання апарата поворотом навколо шарніра:
 а – конструкція шарніра; в – установлення апарата на фундамент:
 1- анкерний болт; 2- колодязь; 3 - лапи апарата

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		107

Порівнюючи способи ковзання і повороту, можна відзначити такі їх переваги і недоліки. Підняття способом ковзання з відривом апарата від землі є найбільш простим, потребує мінімальних витрат на підготовчі роботи й оснащення. Однак при цьому способі вантажопідйомність монтажних механізмів повинна дорівнювати вазі апарата, або перевищувати її. Іншим недоліком цього методу є підвищена вимога до перевірки такелажного оснащення, оскільки максимальне навантаження на оснащення впливає тільки наприкінці піднімання.

Підняття способом повороту навколо шарніра вимагає більш високих витрат на підготовчі і допоміжні роботи. Ці витрати пов'язані із виготовленням і установкою шарніра, а також із додатковими заходами для сприйняття горизонтальних навантажень на фундамент. Однак при цьому способі вантажопідйомність монтажних механізмів може бути значно меншою від ваги апарата (більше 50 % від ваги апарата). Перевагою цього методу є також те, що максимальне навантаження на такелажне оснащення діє у перші моменти підняття, а потім у міру піднімання апарата зменшується. Це дозволяє на початку підняття після відриву апарата від землі дати витримку і перевірити стан оснащення при повному навантаженні.

Пусконаладочні роботи являються завершенням монтажних робіт. У зв'язку зі складністю пуску обладнання наладочні роботи виконуються спеціалізованими пусконаладочними управліннями. Спеціалізовані бригади здійснюють також пуск і наладку обладнання після ремонту, якщо пуск являється складним для підприємства, яке експлуатує обладнання.

При виконанні ремонту і монтажу більша частина приходиться на слюсарні операції. Тому основні правила безпеки відносяться до забезпечення безпечного виконання слюсарних робіт. Крім того, при ремонті і монтажі виконуються такелажні та зварювальні роботи, підключення та відключення електродвигунів. Тому необхідно знати і виконувати основні правила безпечного виконання такелажних і зварювальних робіт, електроробіт.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
						108
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рішення генерального плану має передбачати функціональне зонування майданчика з урахуванням його розвитку. При цьому організуються наступні зони: передзаводська, виробнича, підсобна, складська – сировинних і товарних ємкостей.

Будівлі і споруди, які входять до складу виробничої зони, потрібно розташовувати на майданчику, виходячи із взаємозв'язку об'єктів, характеру шкідливостей, які вони виділяють, вибухонебезпечності виробництв, видів зовнішнього і міжцехового транспорту.

Для скорочення витрати води при техніко–економічній доцільності потрібно, як правило, застосовувати повітряне охолодження теплообмінної апаратури і технологічних установок. При проектуванні водозабезпечення і каналізації, для повної та ефективної витрати води, потрібно передбачати застосування оборотних систем водозабезпечення і повторного використання води.

Спуск виробничих стічних вод в господарсько–стічну каналізацію населеного пункту, не повинен порушувати біохімічні процеси очищення стоків на очисних спорудах даного промислового підприємства.

Для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу передбачені індивідуальні засоби захисту.

Робочі секції в якості захисного одягу від впливу хімічних реагентів, нафтопродуктів, тепла обладнання, повинні мати індивідуальний спецодяг.

Весь обслуговуючий персонал установки повинен мати на робочому місці фільтруючий противогаз «БКФ».

На установці повинні бути шлангові противогази марки ПШ-1, або ПШ-2, які застосовуються при вмісті кисню в повітрі менше 18%, або вмісту шкідливих парів і газів більше 0,5%, і при роботі всередині апаратів, в колодязях, лотках.

У випадку раптового виявлення газу, або нафтопродуктів у траншеях і котлованах, роботи повинні бути негайно припинені, а робітники виведені із них до усунення причин, спричинивших газовиділення.

Роботи всередині колонних апаратів можуть проводитись лише після їх охолодження до 40°C. У виді особливого виключення допускаються короткочасні роботи при більш високій температурі, з прийняттям додаткових заходів безпеки (безперервне обдування свіжим зволженим повітрям, застосування асбестових костюмів і теплоізолюючого взуття та ін.). На випадок швидкої евакуації всі люки та лази мають бути відкриті, а проходи не захарашені. Час знаходження працюючого у шланговому противогазі визначає керівник, відповідальний за проведення ремонтних робіт. Цей час не має перевищувати 30 хв., після чого необхідний відпочинок у зоні чистого повітря не менше 15 хв.

Безпечні умови праці, в першу чергу, забезпечуються комплексом профілактичних заходів, що відповідають створенню таких умов праці, коли сумарний вплив всіх факторів на організм людини не перевищує встановлених гранично-допустимих концентрацій.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		112

Потрібно підкреслити, що одним із принципів створення безпеки ремонтних робіт, та й багатьох інших операцій, являється надійне відключення всієї арматури, обладнання, машин і механізмів від джерел, які можуть привести їх у дію. Не можна ремонтувати апарат і трубопроводи, які знаходяться під тиском, або вакуумом. При зупинці на ремонт обладнання з обертаючимися, або рухаючимися деталями, (насосів, мішалок, центрифуг, пальців та ін.), здійснюється подвійне відключення. Це означає, що наряду з відключенням електроструму видаленням запобіжників на розподільних щитах (це обов'язково робить електрик), роз'єднують муфти зчеплення апаратів, знімають приводні ремені від електромоторів і т.д.. На пускових пристроях вивішують забороняючі плакати: «Не включати – працюють люди!».

В процесі роботи нерідко доводиться розбирати обладнання. При таких роботах повинна дотримуватися послідовність розборки, що забезпечує стійкість залишаючихся вузлів, і деталей, і виключає їх падіння. Тому розбирати обладнання потрібно у визначеному, заздалегідь передбаченому порядку; за цими операціями ведуть постійний нагляд. Те ж саме відноситься і до монтажу обладнання.

Аналіз травматизму показує, що понад 60% нещасних випадків від механічних пошкоджень, вибухів та отруєнь, приходиться на ремонтні, монтажні і очисні роботи. Це пояснюється тим, що при ремонтах створюється нова, незвична обстановка праці, на ділянки ремонту приходять багато нових сторонніх робочих – ремонтників і будівельників, які не знають проїзводства; роботи часто проводяться в тісноті із застосуванням ручної праці. Велику небезпеку часто становить неузгодженість дій ремонтного і цехового виробництва; роботи ремонтних робітників призводять до травматизму в тих випадках, коли їх роботи погано організовані, не підготовленість робітників, недотримання правил техніки безпеки. Оскільки майже всім робітникам нафтопереробних заводів, в тій чи іншій мірі доводиться брати участь у ремонтних роботах, необхідно, щоб вони знали основні правила техніки безпеки при ремонті, та суворо дотримувалися всіх норм робочого процесу.

Основні ремонтні роботи виконують бригади: слюсарів, такелажників і монтажників, що складаються із робітників механічного та ремонтно-будівельного цехів. Але до ремонтних робіт залучаються також і робочі експлуатаційники ремонтуємої установки. Аналіз травматизму показує, що саме ці працівники частіше за інших зазнають травм, причиною цього стає недостатнє знання прийомів слюсарних та інших операцій і методів безпечної роботи.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		115

11. ОХОРОНА ОТОЧУЮЧОГО СЕРЕДОВИЩА [40,41,42,43,44]

При роботі хімічних заводів, при переробці нафти, можливе забруднення атмосферного повітря та водойм шкідливими викидами. Для запобігання забруднення природи продуктами переробки нафти здійснюється комплекс заходів, істотно впливаючих на технологію.

При переробці нафти в атмосферу можуть виділятися шкідливі речовини – вуглеводороди, сірководород, оксиди вуглецю і азота, аміак. Основні джерела забруднень – резервуарні парки нафти та нафтопродуктів, зливно-наливні естакади, вузли оборотного водозабезпечення, очисні споруди, факельні свічки для відкритого спалювання газу, запобіжні клапани, система витяжної вентиляції.

Понад 40% від загального викиду в атмосферу вуглеводородів приходить на частину резервуарних парків. Різкого зниження втрат вуглеводородів можна досягти, застосовуючи для зберігання нафти і світлих нафтопродуктів резервуари з понтонами та плаваючим дахом.

Запобігання втрат вуглеводородів сприяє також з'єднання резервуарів між собою газоурівнюючими лініями. В цьому випадку пари, які витісняються із резервуара, в який закачується продукт, витісняються по зрівняльній лінії не в атмосферу, а в сусідній резервуар.

Як показала практика експлуатації хімічних, нафтопереробних заводів, в ряді випадків можна взагалі відмовитися від спорудження резервуарних парків, перейти до використання «жорсткого зв'язку» між установками – постачальниками та споживачами сировини.

Разом з тим, для запобігання можливих збоїв у забезпеченні сировиною установок вторинної переробки, доцільно не відмовлятися повністю від проміжних резервуарів, а споруджувати буферні ємкості невеликого об'єму, в яких сировина зберігається під шаром азоту, або очищеного вуглеводородного газу.

Вузли оборотного водозабезпечення та очисні споруди каналізаційних систем – друге за величиною джерело забруднення атмосфери вуглеводородами та сірководородом. На вузлах оборотного водозабезпечення втрати відбуваються в результаті випаровування в повітря продуктів, що надходять на градирні разом з оборотною водою. На очисних спорудах джерелом викидів є відкриті поверхні нафтоуловлювачів, прудів додаткового відстою, шламонакопичувачів. Найбільш ефективний засіб боротьби з втратами – скорочення забруднення оборотної води та каналізаційних стоків нафтою і нафтопродуктами, укриття нафтоуловлювачів, застосування більш ефективних радіальних відстійників. Спорудження апаратів повітряного охолодження, замість водяних кожухотрубних холодильників, заміна сальникових ущільнень насосів торцевими, впровадження герметичних насосів і компресорів без мастила, створили умови для значного зменшення втрат з водою і стоками, і, отже, для скорочення виділення шкідливих речовин в атмосферу на вузлах оборотного водозабезпечення і очисних спорудах.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Адк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		118

При зливі та наливі нафти і нафтопродуктів на залізничних естакадах, також відбувається виділення в атмосферу витіснюваних із цистерн, або випаровуючихся вуглеводородів. Найбільш радикальний спосіб боротьби з цим видом втрат – герметизація зливно-наливних операцій, оснащення естакад пристроями для герметичного злива і налива. Пристрої для відкритого спалювання неутилізуємих парів і газів – факельні свічки являють собою джерело забруднення зовнішнього середовища оксидами сірки, вуглерода і азота.

Щоб знизити шкідливий вплив викидів від факельних свічок, на ХЗ передбачають наступні заходи:

- домагаються максимально можливого скорочення збросів парів та газів у факельні системи;
- уловлюють і повертають на повторну переробку продукти, які надійшли у факельну систему;
- покращують умови згорання на факельній свічці.

Для запобігання частому спрацьовуванню запобіжних клапанів, нормативні документи передбачають перевищення на 15-20% розрахункового тиску відкриття запобіжних клапанів над робочим (технологічним) тиском в апаратах.

Найбільше джерело викидів у повітря оксидів сірки - димові труби технологічних печей. Оксиди сірки утворюються при спалюванні сірнистого мазуту та неочищеного від сероводорода вуглеводородного газу. Для зниження забруднення прилеглих житлових районів сірним ангідридом на ХЗ будують установки сіркоочистки топливного газу, приготавляють для власних потреб підприємства мазут зі зниженим вмістом сірки, скорочують кількість і збільшують висоту димових труб.

Хімічні, нафтопереробні заводи відносяться до числа підприємств з високим споживанням води і значним збросом стічних вод у водойми. Нафта, та отримувані із неї нафтопродукти; хімічні реагенти, – які використовуються в процесах переробки; відходи, – які утворюються при переробці; – при попаданні до стічних вод, роблять їх токсичними.

Разом з тим, забруднення водойм зовсім не являється обов'язковим показником переробки нафти. Його можна уникнути, якщо при проектуванні та експлуатації підприємства віддавати переваги таким рішенням, які дозволяють найкращим чином організувати схему водозабезпечення та каналізації. Саме для досягнення цієї мети і потрібно підпорядковувати вибір схеми переробки нафти на заводі, рішення технологічних схем окремих виробництв, підбір апаратури та обладнання.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	АДК
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		119

Основні шляхи вирішення задачі по запобіганню забруднення водою і атмосферного повітря наступні:

- широке застосування систем оборотного водозабезпечення;
- максимальне використання повітряного охолодження замість водяного;
- впровадження глибокої очистки стоків першої системи з послідуочим возвратом в оборотне водозабезпечення;
- виключення залпових збросів стічних вод;
- по можливості більш повна утилізація технологічних конденсатів внутрі установок;
- виключення застосування в повітряних системах конденсатів шляхом безпосереднього змішування з водою;
- включення у випадку необхідності до складу заводу установок з упарювання води із солевмісних стоків, утилізації сірчанощелочних стоків та шламів.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		120

12. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА [47,48]

Головними завданнями розвитку економіки на сучасному етапі являється підвищення ефективності виробництва, а також заняття стійких позицій організацій на внутрішньому та міжнародному ринках. Чим вище перший показник і нижче другий, тим краще і вигідніше для покупця і виробника. Резерви покращення цих показників якраз укладені в собівартості продукції.

Собівартість продукції організацій складається із затрат, пов'язаних з використанням в процесі виробництва природних, матеріальних, трудових ресурсів, основних фондів, а також затрат на реалізацію продукції.

До техніко-економічних показників виробництва відносяться потужність виробництва, собівартість одиниці продукції, прибуток, продуктивність праці, термін окупаємості капіталовкладень, фондівіддача. Порівнюючи розрахункові показники з показниками діючого виробництва, можна робити висновок про економічну ефективність роботи.

Основна частка вартості процесів ректифікації припадає на енергетичні затрати (гріючий пар і охолоджуючий агент), які дуже значні в сучасних крупномасштабних хімічних виробництвах. Тому при проектуванні ректифікаційних установок необхідно використовувати усі можливі шляхи економії енергії.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		121

ВИСНОВКИ

В даному проекті розраховано і спроектовано ректифікаційну установку безперервної дії для розділення під атмосферним тиском бінарної суміші «спирт – вода» у виробництві діетилового етеру сірчаноокислотним методом.

Тип контактної пристрою – тарілка решітчаста.

Детально розглянута технологія виробництва діетилового ефіра сірчаноокислотним методом, наведені схеми виробництва ефіра по сірчаноокислотному методу, надано опис двох фаз виробництва ефіра: отримання сирого ефіра; і ректифікація сирого ефіра (два способи розділення).

По наведеним схемам, розглянуто два способи розділення – ректифікації сирого ефіра.

Розглянуті питання по обладнанню ефірного виробництва, по регулюючим і контрольно – вимірювальним приладам, та з техніки безпеки в ефірному виробництві.

В технологічній частині представлена технологічна схема ректифікації бінарної суміші етанол-вода.

Наглядно показано принцип роботи ректифікаційної колони, наведені теоретичні основи і особливості процесу ректифікації, обґрунтований вибір матеріалу та конструкція апарата при виготовленні колони.

Проведені технологічні розрахунки, розрахунки матеріального і теплового балансів, визначені конструктивні розміри ректифікаційного колонного апарату. Проведені розрахунки гідравлічного опору апарата, проведено вибір допоміжного обладнання. Виконані розрахунки на міцність підтвержують працездатність апарата.

Приведені методи монтажу і ремонту колонних апаратів.

Розглянуті питання охорони праці, техніки безпеки, протипожежні заходи під час експлуатації обладнання.

Запропановані заходи по запобіганню забруднення природи продуктами переробки. Вказані основні шляхи вирішення задачі по запобіганню забруднення водойм і атмосферного повітря.

Наведені головні завдання розвитку економіки на сучасному етапі, і основні техніко-економічні показники виробництва.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		122

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Касаткін А.Г.. Основні процеси та апарати хімічної технології: Підручник для вузів.- 11-е вид., стереотипне, допрацьоване. Перепеч. з вид. 1973-М.: ТОВ ТІД «Альянс», 2005.-753 с.
2. Плановський А.Н., Ніколаєв П.І.: Процеси і апарати хімічної та нафтохімічної технології Підручник для вузів. – 3-е вид., перероб. і доп. – М.: Хімія, 1987. – 496 с.
3. Семакіна О.К. Машини і апарати хімічних, нафтопереробних та нафтохімічних производств: навчальний посібник. Томський політехнічний університет. – Томськ: Вид-во ТПУ, 2016. – 154 с.
4. І. Г. Закгейм, А. В. Савінський, Производство этилового эфира, ГНТИХЛ, М. 1947. – 218 с.
5. Л. Фізер, М. Фізер, Органічна хімія, Поглиблений курс, том 1, вид. –во “Хімія”, М., 1966. – 686 с.
6. Белов П. С. Основи технології нафтохімічного синтеза. 2-е вид., перероб. – М.: Хімія, 1982 г. – 280 с.
7. Беляєв В.М. Розрахунок і конструювання основного обладнання галузі: навчальний посібник / В.М. Беляєв, В.М. Міронов. – Томськ: Вид-во Томського політехнічного університета, 2009. – 288 с.
8. Молоканов Ю. К. Процеси і апарати нафтогазопереробки: Підручник для технікумів. – М., Хімія, 1980. – 408 с.
9. Машинобудування, Енциклопедія, Машини та апарати хімічних та нафтохімічних виробництв, Том IV-12, Генералов М.Б., Александров В.П., Алексєєв В.В., 2004.
10. А. И. Скобло, Ю. К. Молоканов, А. И. Владіміров, В. А. Щелкунов Процеси і апарати нафтогазопереробки та нафтохімії: Підручник для вузів – 3-е вид., перероб. і доп. – М.: ООО “Недра – Бізнесцентр”, 2000. – 677 с.
11. Гельперін Н.І. Основні процеси і апарати хімічної технології: в 2 кн. – М.: Хімія, 1981.
12. Стабніков В.Н. Розрахунок і конструювання контактних пристроїв ректифікаційних і абсорбційних апаратів. – Київ: Техніка, 1970.
13. Стабніков В.Н. Ректифікаційні апарати. Розрахунок і конструювання. Видавництво “Машинобудування”: М., 1965. – 357 с.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		122

14. Лашинський А. А., Толчинський А. Р., Основи конструювання і розрахунку хімічної апаратури. Л.: Машинобудування, 1970 – 752 с.
15. Лашинський А.А., Толчинський А.Р. Основи конструювання і розрахунок хімічної апаратури. Довідник. – М.: Альянс, 2008. – 752 с.
16. Плановський А. Н., Рамм В. М., Каган С. З., Процеси і апарати хімічної технології. М., Хімія, 1967. – 847 с.
17. Дитнерський Ю.І., Процеси та апарати хімічної технології: Підручник для вузів. Вид. 3-тє. У 2-х кн. Частина 2. Масообмінні процеси та апарати. М: Хімія, 2002. –368 с.
18. Дитнерський Ю.І., Процеси і апарати хімічної технології. Підручник для вузів. Частина 1. - М.: Хімія, 1995 - С. 400.
19. Дитнерський Ю.І., Основні процеси і апарати хімічної технології. – М.: Хімія, 1991. – 496 с.
20. Дитнерський Ю.І., Процеси і апарати хімічної технології. 2-е вид., перероб. і доповн. – М.: Хімія, 2010. – 496 с.
21. Гусєв П.В., Проектування ректифікаційних колон. – Т.: ТПУ, 2008. – 62 с.
22. Іоффе І.Л., Проектування процесів та апаратів хімічної технології. - Л.: Хімія, 1991. – 352с.
23. І. А. Александров, Ректифікаційні та абсорбційні апарати, Хімія, 1971
24. Багатуров С. А., Основи теорії і розрахунку перегонки і ректифікації. М., Хімія, 1974. –440 с.
25. Соколов В.Н., Машина і апарати хімічних виробництв: Підручник для вузів. Вид. 2-е., 1992
26. Міхалєв М.Ф., Розрахунок і конструювання машин і апаратів хімічних производств / Л. "Машинобудування". - Л : Вид-во: Л. відділення, 1984. - 302 с.
27. Романков П.Г. і др., Процеси і апарати хімічної промисловості. – Л.: Хімія, 1989.
28. Загальні основи хімічної технології /пер. с польск.; під ред. П.Г. Романкова і М.І. Курочкиної. – Л.: Хімія, 1977.
29. Машина і апарати хімічних производств /під ред. І.І. Чернобильського. – М.: Машинобудування, 1975.
30. Основні процеси і апарати хімічної технології: посібник по проектуванню /Г.С. Борисов і др.; під ред. Ю.І. Дитнерського. – 2-е вид., перероб. і доп. – М.: Хімія, 1991.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
						124
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

31. Фролов К.В., Вимоги пред'являемі до конструкційних матеріалів// Конструкційні матеріали - 1999 - С. 37-71
32. Коптев А.А., Фланцеві з'єднання: конструкції, розміри, розрахунок на міцність : методичні вказівки / сост. : В.Б. Коптева, А.А. Коптев. -Тамбов : Вид-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. - 24 с.
33. Агрінська С. А., Філатова С. О., Шевчук В. П., Система управління ефективністю роботи ректифікаційної колоною тарільчатого типа // прилади і системи. Управління, контроль і діагностика. 2010, № 7, С. 25-29.
34. Галенков А. А., Аналіз технологічного процесу ректифікації як об'єкта управління //Сучасні наукоємкі технології, № 6, 2007. – С. 43-44.
35. Кафаров В. В., Ветохін В. Н., Основи автоматизованого проектування хімічних производств. М.: Наука, 1987
36. Ермаков В. І., Шеін В. С., Ремонт і монтаж хімічного обладнання: Навчальний посібник для вузів. – Л.: Хімія, 1981. – 368 с.
37. Кушелев В.П. Охорона праці в нафтопереробній і нафтохімічній промисловості: Підручник для вузів. – М.:Хімія, 1983.-472 с.
38. Кушелев В.П. Основи техніки безпеки на підприємствах хімічної промисловості.- Л.: Хімія, 1977 - 279 с.
39. Кац М. І., Охорона праці в хімічній промисловості : Підручник для хім.-технол. технікумів / М. І. Кац, Л. І. Білінкіс, В. С. Медведева. - 2-е вид., перероб. і доп. – М.: Хімія, 1974. – 306 с.
40. В.М. Гуляев, Л.В. Дранішніков., “Моніторинг оточуючого середовища”. Підручник для студентів спеціальності 7.070801 – “Екологія і охорона оточуючого середовища”. 2005.- 354с.
41. Белов С.В. “Охорона оточуючого середовища”. - М.: Вища школа, 1991.- 319с.
42. Тіщенко Н.Ф. Охорона атмосферного повітря. Розрахунок вмісту шкідливих речовин та їх розподілення в повітрі. Довідник. М. Хімія. 1991. 368с.
43. Методика розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємств. ОНД 86. Держкомгідромет. Л.-г. 1987. 94с.
44. Абросімов А.А., Екологічні аспекти виробництва і застосування нафтопродуктів,- Барс. 1999.-732с.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		125

45. Охорона праці та екологічна безпека в хімічній промисловості: Підручник для вузів/ А.С.Бобков, А.А.Блінов, І.А.Родін, Е.І.Хабарова. М.Хімія, 1997.400с.
46. Жидецький В.Ц., Основи охорони праці – Львів: Афіша, 2005 – 407 с.
47. Покропивний С.Ф., Економіка підприємства – К.: КНЕУ, 1999 – 407 с.
48. Рижакіна Т Г., Економічний розрахунок виробництва: Методичні вказівки, 2003.- 30 с.
49. ГОСТ Р 52857.1 – 2007 Загальні вимоги.
50. ГОСТ Р 52857.2 – 2007 Розрахунок циліндричних і конічних обичаск, випуклих і плоских днищ. стр. 6, 13
51. ГОСТ Р 52857.3 – 2007 Укріплення отворів в обичайках і днищах при внутрішньому і зовнішньому тисках. Розрахунок на міцність обичаск при внутрішніх статичних навантаженнях.
52. ГОСТ Р 52857.4 – 2007 Розрахунок на міцність і герметичність фланцевих з'єднань
53. ОСТ 26-805-73 Тарілки ситчаті колонних апаратів. Типи і параметри. Конструкція і розміри.
54. ГОСТ Р 51273-99 Сосуди і апарати. Норми і методи розрахунку на міцність. Визначення розрахункових зусиль для апаратів колонного типу від вітрових навантажень і сейсмічних впливів.
55. ГОСТ Р 51274 – 99 Сосуди і апарати. Апарати колонного типу. Норми і методи розрахунку на міцність.
56. ГОСТ 24757-81 (СТ СЭВ 1645-79) Апарати колонного типу.
57. АТК 24.200.04-90 Опори циліндричні і конічні вертикальних апаратів. Типи і основні розміри.
58. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Обладнання проіздественное. Загальні вимоги безпеки.
59. ОСТ 26-2000-83 Люки сталєних зварних посудів і апаратів. Типи і межі застосування.
60. ГОСТ 17.2.1.03-84. Охорона природи. Атмосфера. Терміни і визначення контролю забруднення. М.: Видавництво стандартів, 1985.-10с.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		126

61. Г.А. Носов, М.К. Захаров. Методичні вказівки по курсовому проектуванню «Конструктивне оформлення колонних апаратів» // М.: МІТХТ ім. М.В. Ломоносова, 2009, с. 52.
62. Тимонін А.С. Основи конструювання і розрахунка технологічного і природоохоронного обладнання. Довідник, К., Вид. Н. Бочкаревой, т.1, 2001, 776 с.
63. Тимонін А.С. Основи конструювання і розрахунка технологічного і природоохоронного обладнання. Довідник, К., Вид. Н. Бочкаревой, т. 2, 2001, 987 с.
64. Тимонін А.С. Основи конструювання і розрахунка технологічного і природоохоронного обладнання. Довідник, К., Вид. Н. Бочкаревой, т. 3, 2001, 956 с.
65. Воробйова Г.Я. Корозійна стійкість матеріалів в агресивних середовищах хімічних виробництв, М., Хімія, 1967, 844 с.
66. Клінов І.Я. Корозія хімічної апаратури і корозійностійкі матеріали, М., Машгиз, 1960, 360 с.
67. Колонні апарати. Каталог, М., ЦІНТІХІМНЕФТЕМАШ, 1987, 28 с.
68. Колонні апарати. Каталог, М., ЦІНТІХІМНЕФТЕМАШ, 1978, 31 с.
69. Основні процеси і апарати хімічної технології: Посібник по проектуванню/Під ред. Ю. І. Дитнерського. – М.: Хімія, 1983. – 272 с., іл
70. Фарамазов С. А. Ремонт і монтаж обладнання хімічних і нафтопереробних заводів: Підручник для технікумів. 3- е вид., перероб. і доп. М.: Хімія, 1988. 304 с.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		126

ПЕРЕЛІК ДОДАТКІВ

Графічні матеріали: – (всього 5 листів формату А1):

- Загальний вигляд 1×А1;
- Технологічна схема 1×А1;
- Складальні креслення 3×А1.

Специфікації: – (всього 5 листів формату А4):

- Креслення загальний вид. Кришка еліптична ГОСТ 6533 – 78;
- Опора циліндрична АТК 24.200.04-90, І-1200-4,0-2,0-1600;
- Тарілка решітчатая;
- Ректифікаційна колона;
- Схема технологічна.

					ПОХВ. Р. 6.050503. 133. ПЗ	Арк
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		127