

‘НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри

_____ Андрій СТЕПАНЮК

(підпис)

“ ” _____ 2023 р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

на здобуття ступеня бакалавра

Напрямок підготовки: 13 Машинобудування

Спеціальність: 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма: Комп’ютерно-інтегровані технології
проектування обладнання хімічної інженерії

**на тему: Модернізація установки виробництва метилового спирту з
розробкою тарілчастої ректифікаційної колони**

Виконав студент IV курсу, групи ЛН-91

Довгопол Анастасія Віталіївна

Керівник проекту

ст. викл., к.т.н., Ігор АНДРЕЄВ

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Консультанти:

з охорони праці

доцент, к.т.н., Андрій КОВТУН

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

з економіки

доцент, к.т.н., Ігор АНДРЕЄВ

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент:

_____ (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____ Анастасія ДОВГОПОЛ

Київ – 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

Освітній ступінь: бакалавр

Спеціальності: 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма: Комп'ютерно-інтегровані технології
проектування обладнання хімічної інженерії

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ Андрій СТЕПАНЮК

(підпис)

“__” _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Довгопол Анастасії Віталіївни

1. Тема проекту: Модернізація установки виробництва метилового спирту з розробкою тарілчастої ректифікаційної колони

Керівник проекту: ст. викл., к.т.н. Андреев І. А.

Затверджена наказом по університету від «__» _____ 2023 р. №-__

2. Термін подання студентом проекту: 18.06.23

1. 3. Вихідні дані до проекту: суміш метанол-вода, продуктивність по вихідній суміші $GF=2,4$ кг/с; склад рідини по леткому компоненту, % масові: у вихідній суміші $\overline{x_F} = 35$; в дистилаті $\overline{x_D} = 96$ у кубовому залишку $\overline{x_W} = 1,6$; тип ректифікаційної колони — тарілчаста.

4. Зміст пояснювальної записки: а) основна частина розглянути існуючі

конструкції ректифікаційних колон, обґрунтувати вибір конструкції апарата; проаналізувати обрану конструкцію в порівнянні з кращими вітчизняними та світовими аналогами; здійснити розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції: параметричний, конструктивний та гідравлічний, розрахунки на міцність і надійність елементів конструкції апарату; виконати складальне креслення ректифікаційної колони та його основних складальних одиниць і деталей;

б) розробити рекомендації до монтажу та експлуатації ректифікаційної колони; здійснити оцінку рівня стандартизації та уніфікації розробки;

в) охорона праці: провести аналіз відповідності апарату до вимог охорони праці, викласти основні вимоги безпечної експлуатації апарата.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень, плакатів, презентацій тощо): технологічна схема установки – А1, складальний кресленик ректифікаційної колони – А1, опора – А1, тарілка масообміну – А1.

6. Консультанти розділів проекту:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Ковтун А.І.		
Економіка	Андрєєв І. А.		

6. Дата видачі завдання: 16 квітня 2023 р.

Студент

_____ Анастасія ДОВГОПОЛ
(підпис)

Керівник дипломного проекту

_____ Ігор АНДРЕЄВ
(підпис)

№ з/п	Назва етапів роботи та питань, які мають бути розроблені відповідно до завдання	Терміни виконання	Позначки керівника про виконання завдань
1	2	3	4
1	Узгодження теми, вихідних даних, визначення джерел інформації. Обґрунтування актуальності проекту.	12.09.22	
2	Патентне дослідження. Формування змісту модернізації (на основі зміни технологічної схеми, конструкції апарату, його елементів).	28.04.23	
3	Оформлення та подання заявки на корисну модель	05.06.23	
4	Опис установки. Схема установки. Вибір і опис конструкції випарника. Технічна характеристика установки, апарату. Добір матеріалів.	02.05.23	
5	Параметричний розрахунок: визначення основних розмірів апарату. Розрахунок гідравлічного опору абсорбера	10.05.23	
6	Розробка складальних креслень апарату і його складальних одиниць. Добір конструктивних параметрів конструктивних елементів апарату	21.05.23	
7	Розрахунки на міцність. Розробка алгоритмів та програм розрахунку.	17.05.23	
8	Уточнення графічної частини проекту та специфікацій	13.06.23	
9	Обґрунтування економічної доцільності модернізації	05.06.23	

1	2	3	4
10	Розробка вимог до апарата з питань охорони праці	06.06.23	
11	Оформлення пояснювальної записки. Перевірка відповідності проекту діючим нормам за змістом і оформленням. Підготовка до захисту. Складення плану викладення доповіді, окремих питань	10.06.23	
12	Попередній захист проекту	14.06.23	
13	Корегування проекту за результатами попереднього захисту. Отримання рецензії, відзиву. Підготовка до захисту	14.06.23	

Студент

_____ Анастасія ДОВГОПОЛ
(підпис)

Керівник дипломного проекту

_____ Ігор АНДРЕЄВ
(підпис)

Реферат

УДК 663.5

Модернізація установки виробництва метилового спирту з розробкою тарілчастої ректифікаційної колони: Звіт з переддипломної практики /НТУУ «КПІ»; Керівник І. А. Андреєв – К., 2023. – 101 с.: іл. Викон. – А. В. Довгопол – Бібліогр.: 102 с.

Пояснювальна записка складається із вступу, 8 розділів, висновків, переліку посилань із 16 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 57 с. основного тексту, 19 рисунків, 5 таблиць.

Метою проекту є модернізація масообмінної контактної тарілки сітчастого типу з метою покращення інтенсифікації процесу масообміну між паровою та рідкою фазами розділення суміші метанол-вода.

Призначена мета досягається аналітичним визначенням діаметра і висоти колони, виконанням розрахунків гідравлічних, опори, обичайки, днища, та ізоляційного шару. Виконано аналіз результатів та зроблено висновки. Наведено список використаної літератури.

Розрахунково-пояснювальна записка містить схему і опис технологічної схеми отримання метанолу і води, необхідні розрахунки. Графічна частина проекту включає чотири креслення формату А1, що містять: складальні креслення ректифікаційної колони і опори зі специфікаціями та технологічну схему.

МЕТАНОЛ-ВОДА, РЕКТИФІКАЦІЙНА КОЛОНА, МАСООБМІННА ТАРИЛКА.

Abstract

UDC 663.5

Modernisation of the methyl alcohol production unit with the development of a plate distillation column: Report on undergraduate practice / NTUU "KPI"; Supervisor I. A. Andreev - K., 2023. 101 p.: ill. Performed by A. V. Dovgopol - Bibliography: 102 p.

The explanatory note consists of an introduction, 8 chapters, conclusions, and a list of references consisting of 16 titles. The total volume of the work is 57 p. of the main text, 19 figures, 5 tables.

The aim of the project is to modernise a grid-type mass transfer contact plate in order to improve the intensification of the mass transfer process between the vapour and liquid phases of the methanol-water mixture separation.

This goal is achieved by analytically determining the diameter and height of the column, performing calculations of the hydraulic, support, shell, bottom, and insulating layer. The results are analysed and conclusions are drawn. A list of references is provided.

The design and explanatory note contains a diagram and description of the technological scheme for the production of methanol and water. The graphic part of the project includes two drawings of A1 format, containing: assembly drawings of the distillation column and support with specifications and process flow diagram.

METHANOL-WATER, DISTILLATION COLUMN, MASS TRANSFER PLATE.

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ
на здобуття ступеня бакалавра

Напрямок підготовки: 13 Машинобудування

Спеціальність: 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма: Комп’ютерно-інтегровані технології
проектування обладнання хімічної інженерії

**на тему: Модернізація установки виробництва метилового спирту з
розробкою тарілчастої ректифікаційної колони**

Київ – 2023

Зміст

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів	11
Вступ	12
1. Призначення та область застосування установки	13
1.1 Опис технологічного процесу.....	13
1.2 Вибір типу апарата і його місце в технологічній схемі	15
2. Технічна характеристика теплообмінника.....	18
3. Опис конструкції, основних складальних одиниць та деталей апарата.....	19
3.1 Вибір матеріалів.....	20
3.2 Порівняння основних показників конструкції з аналогами.....	20
3.3 Патентний огляд конструкції апарата.....	22
4. Охорона праці.....	28
4.1 Повітря робочої зони.....	28
4.2 Електробезпека.....	29
4.3 Пожежна безпека.....	31
5. Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції...	34
5.1 Параметричний розрахунок.....	34
5.2 Розрахунок товщини стінки обичайки.....	49
5.3 Розрахунок товщини стінки еліптичної кришки.....	51
5.4 Розрахунок висоти та маси.....	53
5.5 Розрахунок апарата на вітрові навантаження.....	55
5.6 Розрахунок ректифікаційної колони на міцність та стійкість	61
6. Рекомендації щодо монтажу і експлуатації апарату.....	66
7. Рівень стандартизації та уніфікації.....	69

					<i>ЛН91.066212.001 ПЗ</i>			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Разроб.	Довгопол				Модернізація установки виробництва метилового спирту з розробкою тарілчастої ректифікаційної колони	Літ	Лист	Листів
Перев.	Андрєєв І. А.						9	91
						КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ, каф. МАХНВ		
Н.Контр.								
Затв.								

8 Техніко-економічне обґрунтування модернізації.....	69
8.1 Техніко-економічне обґрунтування доцільності вдосконалення.....	69
8.2 Розрахунки витрат на проведення проектно-конструкторських робіт по вдосконаленню випарника	70
Висновки.....	74
Перелік посилань.....	76
Додаток А Документація патентного дослідження.....	78
Додаток Б Програма розрахунку еліптичного днища.....	83
Додаток В Патенти, які використовувались в патентному дослідженні.....	88
Додаток Г Публікації автора.....	96

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів

S – площа, м^2 ;

V – об'єм, м^3 ;

L – висота, м ;

m – маса, кг ;

h – висота, м;

c – прибавка до розрахункової товщини, м ;

D, d – діаметри, м ;

N – потужність, Вт ;

ω – швидкість, м/с ;

G – масова витрата, кг/с ;

ρ – густина, кг/м^3 ;

ν – кінематичний коефіцієнт в'язкості ;

M – молярна концентрація, г/моль ;

K – коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

Критерії:

Pr – критерій Прандтля;

Re – критерій Рейнольдса;

Nu – критерій Нусельта.

Вступ

На тлі зростання попиту на нафтопродукти все більшого значення набуває виробництво чистого метанолу та розділення його сумішей. У промислово розвинутих країнах світу активно розробляються технічні рішення і методи розділення метанольних сумішей. Метою проекту є модернізація процесу ректифікації для розділення сумішей метанолу та води. Метою роботи є модернізація тарілчастої ректифікаційної колони безперервної дії для розділення метанол-водних сумішей з метою підвищення інтенсивності масообмінного процесу. Для досягнення поставленої мети були сформульовані такі завдання:

- зробити вибір на основі аналізу патентної літератури найбільш прийнятної конструкції обладнання та його контактних елементів;
- виконати технічні розрахунки для визначення конструктивних розрахунків розмір пристрою;
- розрахунок міцності основних елементів;
- надання консультацій з монтажу та експлуатації;
- визначити рівень стандартизації та гармонізації.
- скласти техніко-економічне обґрунтування модернізації.

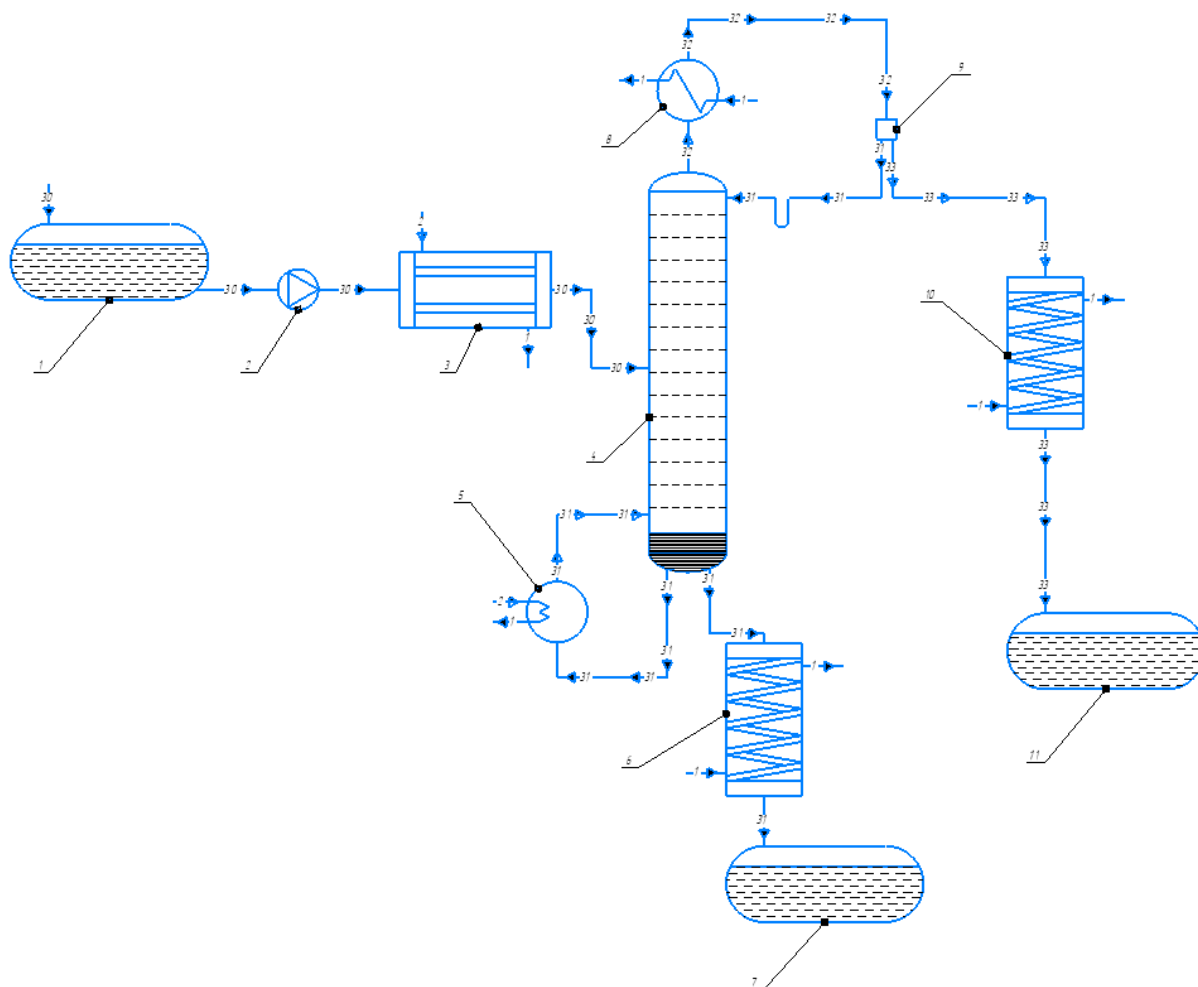
Завдання на проектування видано 17 квітня 2023 року.

					ЛН91.066212.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

1 Призначення та область застосування теплообмінного апарата

1.1 Опис технологічного процесу

На тех-схемі зображений процес розділення метанолу і води вказана (рисунок 1.1).



1 – ємність для сировини, 2 – відцентровий насос, 3 – підігрівач, 4 – ректифікаційна колона, 5 – кип’ятильник, 6, 10 – холодильник, 7 – ємність для охолодженої флегми, 8 – дефлегматор, 9 – подільник конденсату, 11 – ємність для метанолу.

Рисунок 1.1- Технологічна схема ректифікаційної установки

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН91.066212.001 ПЗ

Арк.

13

Процес ректифікації бінарної суміші проводили за такою схемою. Відцентровий насос (2) подає вихідну суміш композиції XF з ємності (1) в теплообмінник (3). У теплообміннику (3) суміш нагрівається до температури кипіння і подається в колону (4) колона на тарілку, на якій кипить суміш такого ж складу, тобто на верхню тарілку в нижню витяжну секцію. Верхня частина ректифікаційної колони називається підвищенням летких компонентів (рис. 1.2).

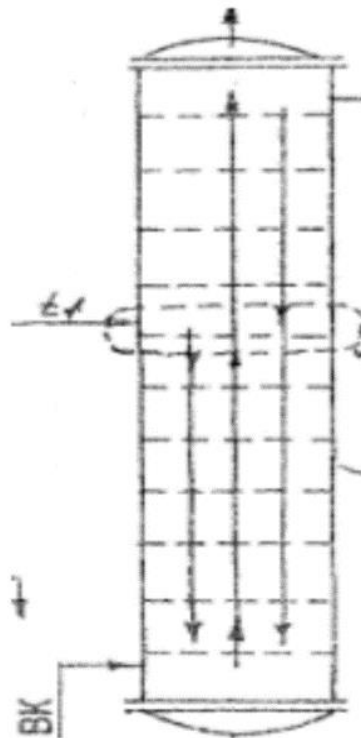


Рис. 2 - Схема ректифікаційної колони, в середині колони позначено вичерпну та зміцнювальну секції (4), де контактні засоби утворюють пластину (у цьому проекті розглядається тарілчаста колона). Пара від котла (5) (виносного кубового випарника) рухається знизу вгору в ректифікаційну колону. На кожній пластині частина пари леткого компонента конденсується, а леткий компонент частково випаровується внаслідок конденсації. Початковий склад пари приблизно дорівнює складу кубічного залишку x_w , тобто пара збіднена легколетучими компонентами. Таким чином, пара, що виходить з кип'ятильника (5), насправді є чистим важколетучим компонентом, і рухаючись до верхньої частини колони, вона поступово збагачується легколетучим компонентом суміші та залишає колону як

легколетуча. Для найбільш повного концентрування, відповідно до заданої кількості флегми, верхню частину колони зрошують рідиною (флегмою) складу x_p , отриманої шляхом конденсації, пари, що виходять з колони (4). Сконденсована пара охолоджується у дефлегматорі (8). Конденсат, частково у формі продуктів поділу (дистиляту), виводиться та охолоджується в холодильнику (10) перед відправкою в посудину (11).

Під дією сили тяжіння флегма стікає по колоні (4), де взаємодіє з парою і таким чином збагачується важколетучими компонентами. Збагачений легколетучими компонентами кубовий залишок із вичерпної секції колони відводиться в холодильник (6), де охолоджується, після чого охолоджені важколетучі компоненти надходять у резервуар (7). Щоб отримати максимально чистий продукт, над отриманою речовиною проводять кілька ректифікацій. Як зазначалося вище, сітчасті тарілки в основному використовуються при ректифікації спирту [1].

1.2 Вибір типу апарата і його місце в технологічній схемі

Ректифікаційна колона — колонний пристрій, призначений для розділення рідких сумішей шляхом здійснення тепло-масообміну.

Залежно від використовуваного способу забезпечення фазового контакту, колонні апарати діляться на тарілчасті, поличні та насадкові. Вибираючи ректифікаційну колону для процесу, ми врахували, що плівкові обладнання є складним у виготовленні та мають високу вартість тому, рідко використовується в промисловості.

Тарілчасті масообмінні пристрої дуже широко використовуються в промисловості. Масообмінні тарілки поділяються за способом роботи на три типи: ковпачкові, порожнисті та струменеві. Їх число в колоні може бути від 20 до 80, в деяких випадках навіть більше. Відстань між тарілками в колоні може сягати від 60-600 мм і більше, діапазон діаметрів розташовується в межах 200-8000 мм. Ці всі параметри розраховуються на основі фізико-

					ЛН91.066212.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

хімічних показників, які розділяються, відповідно до продуктивності вихідної суміші. Тарілки масообміну малого розміру виготовляються цільними. В колоні, діаметр який дорівнює або перевищує 1200 мм, тарілка приймає складну конструктивну пластину яка фіксується струбцинами та болтами до опорної рами.

Як правило, корпус тарілчастої ректифікаційної колони роблять постійного діаметру по всій висоті. Але на дуже великих апаратах значні навантаження за рідиною і парою істотно змінюються по висоті колони, потім обладнання може виготовлено поетапно - змінний діаметр.

Пристрій колони виконується суцільно зварним, якщо воно працює з високим робочим тиском або діаметр корпусу понад 1200 мм. Але якщо робочий тиск в колоні не перевищує 1,6 МПа, а діаметр корпусу становить 400-1000 мм, виготовляється з царг.

Тарілчаста ректифікаційна колона є найкращою для розділення сумішей метанол-вода відповідно до проектних умов.

У цій колонці рекомендуються сітчасті масообмінні тарілки, оскільки вони мають великий вільний перетин для забезпечення високої продуктивності за парою, перевершуючи показник ковпачкових тарілок на 30 - 40%. Діаметр розрахованого пристрою знаходиться в діапазоні сітчастих тарілок 400-4000 мм, і суміш, розділена в колоні, не призведе до блокування отворів.

Суміш метанол-водна надходить у ректифікаційну колону на тарілку живлення. Тече вниз, контактуючи з висхідною парою. В результаті пара збагачена компонентами з низькою температурою кипіння та відводиться з верхньої частини ректифікаційної колони. Після конденсації пари, дистилят ділиться на два потоки. Перший є флегма - повертається в колону для зрошення, друга відводиться в готовому вигляді. Рідкі висококиплячі компоненти концентруються в нижній частині колони. Частина потоку відводиться до кип'ятильника для випаровування, а далі назад до колони, щоб пара йшла вгору по всій висоті пристрою, а інша частина у вигляді

					ЛН91.066212.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

кубового залишку відводиться до збірника.

Вибираємо тарілчасту сітчасту ректифікаційну колону безперервної дії.

					ЛН91.066212.001 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 Технічна характеристика теплообмінника

Призначення — розділення метанолу і води з суміші метанол-вода.
Технічна характеристика ректифікаційної колони наведена в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 — Технічна характеристика ректифікаційної колони

Параметр і його позначення	Розмірність	Величина
Масова продуктивність по вихідній суміші, G_F	кг/с	2,4
Масові витрати кубового залишку, G_W	кг/с	1,557
Масові витрати дистиляту, G_D	кг/с	0,843
Масова частка бензолу у вихідній суміші, $\overline{x_F}$	%	35
Масова частка бензолу в дистиляті, $\overline{x_W}$	%	96
Масова частка бензолу у кубовому залишку, $\overline{x_D}$	%	1,6
Тип ректифікаційної колони		тарілчаста
Тип масообмінної тарілки		сітчаста
Внутрішній діаметр колони, D	м	1,4
Загальна висота ректифікаційної колони, H	м	14
Загальна маса апарата, m	кг	10750
Загальна кількість масообмінних тарілок, n_T	шт.	25
Кількість тарілок у верхній частині колони, n_B	шт.	10
Кількість тарілок у нижній частині колони, n_H	шт.	15
Розрахунковий тиск в апараті, P_R	МПа	0,1
Середня температура парів у верхній частині колони, t'_{cp}	°C	76,3
Середня температура парів у нижній частині колони, t''_{cp}	°C	96,1

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН91.066212.001 ПЗ

Арк.

18

3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції апарата

3.1 Опис конструкції, основних складальних одиниць та деталей

Для процесу розділення суміші метанол-вода ми використовуємо процес ректифікації, який заснований на різних температурах кипіння компонентів суміші. Процес ректифікації відбувається в ректифікаційній колоні – вертикально встановленому пристрої, в якому відбуваються тепломасообмінні процеси.

Пристрій (рис. 3.1) складається з циліндричного корпусу 1, еліптичного днища 2 і еліптичної кришки 3. В середині ректифікаційної колони встановлюються масообмінні тарілки типу 4 сітки. Пристрій прикріплюється до опори 5, закріплений до фундаменті. Подача вихідної суміші в колону здійснюється через штуцер А, для видалення кубового залишку і парів із низькокиплячих компонентів штуцери Б та В, а для флегмової подачі - штуцер Г.

Вихідна метанол-водяна суміш з підігрівача направляється до ректифікаційної колони на тарілку живлення і збирається на ній у рідкому стані. Знизу по приладу пара піднімається і проходить через отвори в пристрої та потрапляє в рідину і починає розподілятися у вигляді бульбашок повітря по всьому шару рідини. Барботуючи рідку фазу, пара викликає утворення шару піни.

Пара в рідкій фазі конденсується на тарілці. І навпаки, рідина з низькою температурою кипіння починає випаровуватися за рахунок тепла конденсації. Висококиплячі компоненти, залишаються в рідкій фазі та стікає через зливну перегородку на нижню тарілку.

Надходження флегми у верхню частину апарата забезпечує наявність рідкого шару на тарілках. Піднімаючись, пара все більше збагачується низькокиплячими компонентами, вміст якого знаходиться в парі на виході з обладнання. НКК поступово випаровується з рідини, що стікає по тарілці.

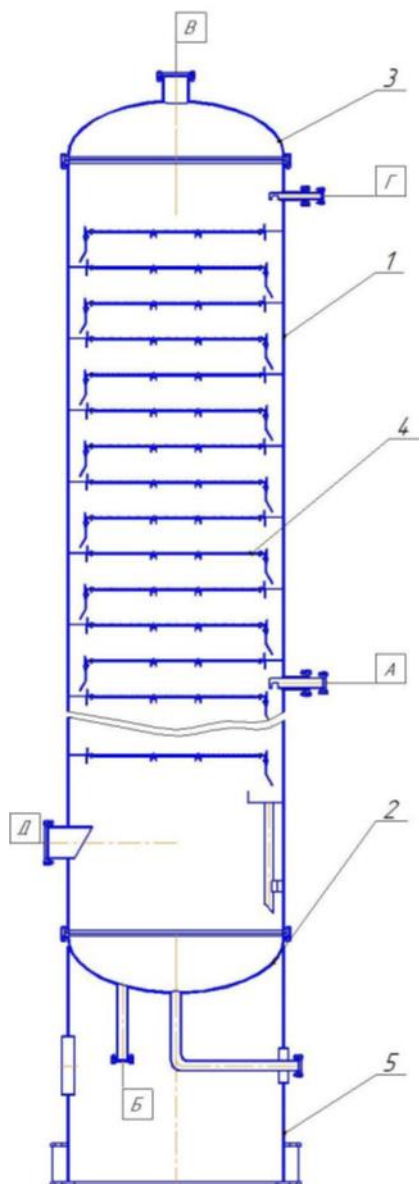
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН91.066212.001 ПЗ

Арк.

19

Отже, на нижній тарілці ми отримуємо речовину, яка в основному (понад 90%) складається з висококиплячих компонентів.



1 – корпус; 2 – еліптичне днище; 3 – еліптична кришка; 4 – масообмінна тарілка; 5 – опора;

А — ввід вихідної суміші; Б — штуцер для відводу кубового залишку;

В — штуцер для відводу парів НКК; Г — ввід флегми.

Рисунок 3.1 — Схема сітчастої ректифікаційної колони

3.2 Вибір матеріалів

Щоб вибрати матеріали для елементів конструкції пристрою,

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН91.066212.001 ПЗ

Арк.
20

враховуємо речовину з яким вони будуть в контактi.

Матеріали для виготовлення ректифікаційних колон розділення водно-метанолові суміші повинні відповідати певним вимогам. Треба звернути увагу за тим, щоб вона не вступала в хімічну реакцію з компонентами суміші і має корозійну стійкість до цих речовин. Також потрібно вибрати матеріал у відповідності його механічним властивостям, які залежать від температури і тиску, так як нагріта вихідна суміш подається в апарат і є гаряча пара. По можливості уникайте рідкісних і дорогих матеріалів. При необхідності їх використання слід звести до мінімуму. Зазвичай обладнання для хімічного виробництва розроблено на 10-15 років експлуатації, дуже важливо підібрати матеріали, що не старіють.

Щоб з часом не відбувалось швидке зниження механічних властивостей матеріалів.

Вибираємо сталь 12X18H10T ГОСТ 5632-2014, так як хромонікелева сталь стійка до корозії та задовольняє вимоги до матеріалів, з яких виготовляється ректифікаційна колона для розділення суміші мктанол-вода [2].

До матеріалу прокладки також є певні вимоги, серед яких найголовніші: доступність і низька вартість, пружність, механічна міцність, температурна і корозійна стійкість. Щоб забезпечити ці умови і досягти герметизації з'єднань, що контактують з метанол-вода, вибираємо прокладку з пароніту марки ПМБ ГОСТ 15180-86, яка може використовуватися в середовищі масла, мастила і газоподібних вуглеводнів, витримує тиск до 7 МПа і температуру до +400 °С.

Для виготовлення фланця [3] ми обрали сталь марки 12X18H10T ГОСТ 25054-81, яка використовується в діапазоні температур від -196 до +350°С.

За даними про середовище, яке приймає участь в процесі

					ЛН91.066212.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

ректифікації, виробу кріплення фланцевого з'єднання (болти, гайки, шайби) обираємо зі сталі 12Х18Н9Т.

Сітчаста масообмінна тарілка виготовлена з легованої сталі 12Х18Н10Т з ГОСТ 5632-2014.

3.3 Порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами

Метою є порівняння вже існуючі ректифікаційні колони з насадковою ректифікаційною колоною, що розроблена. При проектуванні та виборі ректифікаційної колони важливо забезпечити максимальний коефіцієнт масопередачі, мінімальний гідравлічний опір, уніфікацію вузлів і деталей, змочуванність насадки, запобігання утворення сухого конусу.

Порівняння ректифікаційних колон наведене в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Порівняльні характеристики апаратів

Основні технологічні показники	Насадкова ректифікаційна колона	Ректифікаційна колона з ковпачковими тарілками	Ректифікаційна колона, що проектується
Висота апарата	2	4	5
Продуктивність апарата	2	4	5
Маса апарата	2	3	5
Вартість виготовлення	5	4	3
Сума	11	15	18

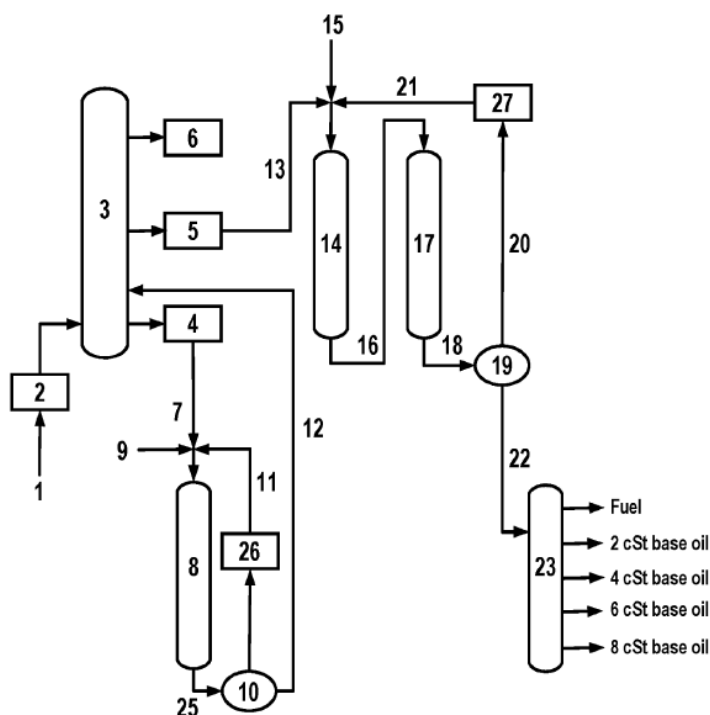
Висновок: порівняння різних показників ректифікаційних колон показало, що найкращі показники у запропонованій конструкції ректифікаційної колони.

3.4 Патентний огляд конструкції апарата (машини)

Предметом патентного пошуку є ректифікаційна колона.

Схема даного апарата представлена на рисунок 3.2 [4].

Запропоновано процес отримання базових масел з воскоподібної вуглеводневої сировини. Процес передбачає пропускання вуглеводневої сировини через дистиляційну колону перед депарафінізацією для відновлення важкої парафінової фракції. Потім важкі парафіни піддають гідрокрекінгу в нижчі котли, які краще ізомеризуються в базові масла з прийнятною температурою помутніння. Це також збільшує виробництво базової олії.



1 – воскова сировина; 2 – насос; 3 – дистиляційна колона; 4 – важкий віск; 5 – середній віск; 6 – легкий віск; 7,11,12,13,16,18,20,21,22,25 – трубопроводи; 8 – реактор гідрокрекінгу; 9 – водень; 10 – сепаратор; 14 – реактор гідродепарафінізації; 15 – водень; 17 – реактор гідрофіншінгової обробки; 19 – сепаратор; 23 – дистиляційна колона;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН91.066212.001 ПЗ

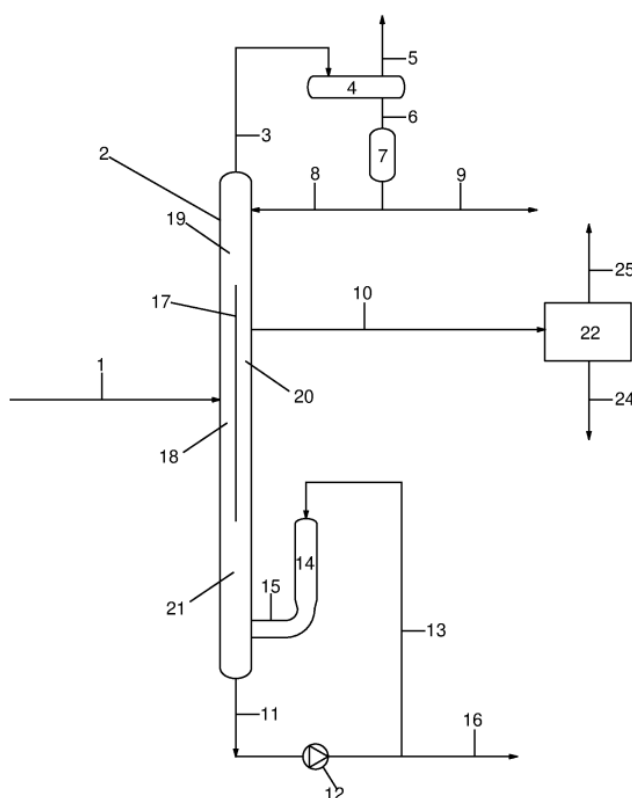
Арк.

23

Рисунок 3.2 – Ректифікаційна колона

Схема апарата представлена на рисунок 3.3 [5].

Даний винахід відноситься до способу виділення п-дихлорбензолу із суміші, що складається щонайменше з хлорбензолу та ізомерів дихлорбензолу шляхом поєднання дистиляції кристалізація, дедистиляція виконується в один етап за допомогою розділеної стінки колонки. Потік, збагачений п-дихлорбензолом з чистотою понад 90% за масою, відводиться як бічний продукт із розділеної стінки колонки. Практично чистий п-дихлорбензол з концентрацією понад 99,98% за вагою можна одержати з потоку, збагаченого п-дихлорбензолом, принаймні однією кристалізацією з розплаву. Чисті дихлорбензоли особливо важливі проміжні продукти для виробництва дезінфікуючих засобів, пестицидів і дезодорантів. Дихлорбензоли зазвичай отримують хлоруванням бензолу або хлорбензолу.



2 – колона; 4 – конденсатор; 7 – барабан; 9 – верхній потік продукту;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

10 – бічний потік продукту; 12 – циркуляційний насос; 14 – ребойлер;

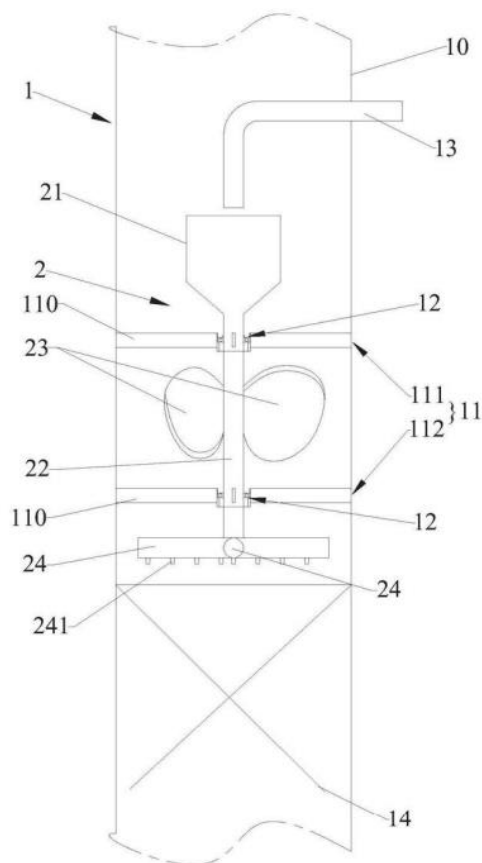
16 – нижній потік продукту; 17 – роздільна стінка; 18 – зона
попереднього фракціонування;

19 – зона ректифікації ; 20 – основна зона фракціонування; 21 – зона
відпарювання

Рисунок 3.3 – Ректифікаційна колона

Схема апарата представлена на рисунок 3.4 [6].

Винахід розкриває розподільник рідини, ректифікаційну вежу та процес ректифікації вітаміну Е або його проміжного продукту. Корисна модель забезпечує виправлення колонка, включає в себе корпус башти і встановлений в розподільник рідини в корпусі башти, розподільник рідини включає в себе: обертовий вал; лопаті вентилятора розташовані на обертовому валу і можуть штовхатися висхідним потоком повітря в корпусі вежі для обертання; труба розподілу рідини з'єднана з обертовим валом і розташована нижче лопаті вентилятора, в трубі розподілу рідини утворено внутрішню порожнину для надходження рідини для розпилення, а в рідині сформовано безліч отворів для розпилення, сполучених із внутрішньою порожниною. Ректифікаційна вежа додатково містить опорний компонент, опорний компонент з'єднаний з корпусом вежі, а обертовий вал розташований на опорному компоненті та може обертатися навколо центральної лінії обертового вала центру обертового вала.



1 – корпус башти; 2 – розподільник рідини; 10 – стіна вежі; 11 – опорний вузол; 12 – підшипник; 13 – труба для подачі рідини;

14 – наповнювач; 21 – бункер для прийому рідини;

22 – обертовий вал; 23 – лопатка вентилятора; 24 – труба розподілу рідини; 110 – опорна планка; 111 – верхній опорний елемент; 112 – нижня опора; 231 – верхній край; 232 – нижній край; 233 – з'єднувальні проводи;

241 – насадка;

Рисунок 3.4 – Ректифікаційна колона

Схема апарата представлена на рисунок 3.5 [7].

Основним завданням цього винаходу є вдосконалення способу отримання чистого трет-бутил(мет)акрилату з відповідного сирого трет-бутил(мет)акрилату шляхом дистиляції. Цей спосіб є більш економічним, особливо щодо капітальних та енергетичних витрат, при дотриманні відповідних необхідних стандартів на чистий трет-бутил(мет)акрилат. Таким чином, у способі отримання чистого трет-бутил(мет)акрилату з неочищеного трет-бутил(мет)акрилату дистиляцією цей спосіб являє собою

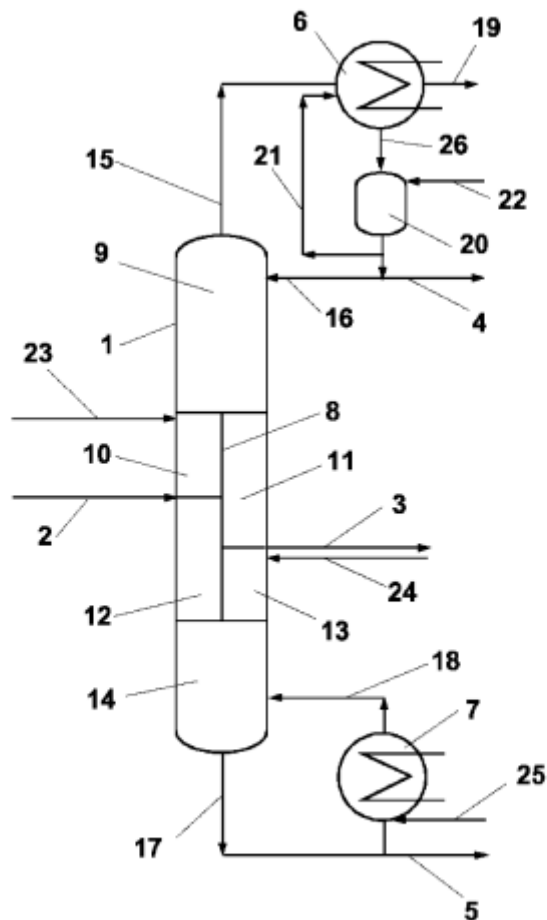
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН91.066212.001 ПЗ

Арк.

26

перегородчасту колону з розділювальною внутрішньою структурою і випарником.



1 – перегородка; 2 – бічний порт подачі сирого трет-бутил(мет)акрилату; 3 – бічний вихід чистого трет-бутил(мет)акрилату; 4 – розподіл дистиляту; 5 – висококиплячі домішки; 6 – конденсатор; 7 – випарник; 8 – перегородка; 9 – площа колони; 10 – частина подачі; 11 – відбірна частина; 12 – підвідна частина; 13 – відбірна частина; 14 – площа башти; 15 – потік пари; 16 – рефлюкс; 17 – потік рідини; 18 – трубопровід; 19 – потік; 20 – ємність; 21 – циркуляційний потік для гасіння; 22 – стабілізатор; 23 – стабілізатор; 24 – стабілізатор; 25 – розбавлене повітря; 26 – конденсат

Рисунок 3.5 – Ректифікаційна колона

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН91.066212.001 ПЗ

Арк.

27

4 Охорона праці

Розділ розроблено відповідно до матеріалів викладених в [8].

Закон «Про охорону праці» зобов'язує роботодавця створити такі умови праці на робочих місцях, які відповідають нормативно-правовим актам, а також забезпечують виконання вимог законодавства у галузі охорони праці щодо прав працівників.

Темою дипломного проекту є " Модернізація установки виробництва метилового спирту з розробкою тарілчастої ректифікаційної колони ".

Обслуговуючим персоналом ректифікаційної колони є оператор, що знаходиться в операторній. Робоче місце оператора в виділеному приміщенні в цеху, площею $S=36\text{м}^2$ та об'ємом $V=108\text{ м}^3$. Робочі місця організовані з урахуванням ергономіки та зручності праці.

При виготовленні метилу для оператора небезпечними є такі фактори:

- повітря робочої зони;
- електричні небезпеки;
- вибухо-пожежні небезпеки.

У зв'язку із визначеними шкідливими та небезпечними умовами розробимо міри безпеки для підприємства.

4.1 Повітря робочої зони

Допустимі рівні концентрацій та інші параметри небезпечних факторів не перевищують задані в нормах.

Технологічні процеси, які пов'язані з використанням легкозаймистих або токсичних речовин проходять в окремих приміщеннях, з забезпеченням необхідної вентиляції.

Перекачування метилу між резервуарами, або з резервуара до споживача, супроводжується викидом парів з наповнюваного резервуара в

					ЛН91.066212.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

атмосферу. Також можливі викиди шкідливих та вибухонебезпечних парів при тепловому розширенні рідини. Для уникання концентрації цих парів у повітрі в небезпечних місцях встановлені витяжні вентиляції, які вловлюють шкідливі випари біля місць їх виділення і запобігають цим перемішування парів з повітрям в робочій зоні. Вентилятор встановлений у вибухобезпечному виконанні. Продуктивність відводу визначається з залежності граничної концентрації речовини в повітрі.

З інструкції ВСН21 про проектування опалення і вентиляції нафтопереробних і нафтохімічних підприємств швидкість збирання повітря 1,5 м/с, виходячи з умови наявності сумішей з густиною меншою, ніж у повітря.

Продуктивність аварійної системи вентиляції більша, ніж 8-ми кратний повітрообмін аварійної і основної систем вентиляції.

В робочому приміщенні підтримується необхідний мікроклімат, який має задані нормами температуру повітря, швидкість руху повітря, відносну вологість, тиск та інтенсивність випромінювання від нагрітих поверхонь.

Необхідні норми відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 для нормальної роботи в операторній, тобто для категорії середньої важкості (IIa):

- температура в перехідний і холодний періоди року – 18-20 °С;
- відносна вологість – 40-60 %;
- швидкість руху повітря – 0,2 м/с.

Параметри підтримуваного мікроклімату:

- в холодну пору року приміщення підігрівають батареями з водяним теплоносієм температурою 50-60 °С;
- в теплу пору року підігрівають витяжною вентиляцією.

Оскільки температура зовнішніх стінок устаткування не перевищує 40 °С, отже теплоізоляція не потрібна.

4.2 Електробезпека

Все електричне обладнання виконане згідно з нормативними документами.

На виробництві керівником вибраний працівник, відповідальний за загальний стан всього електрогосподарства, який атестований за необхідним рівнем електробезпеки.

Операторна є приміщенням підвищеної небезпеки тому, що можливе ураження струму від одночасного дотику до металевого корпусу електроустаткування і технологічних апаратів, з'єднаних під землею.

Електрична мережа з глухо-заземленою нейтраллю: $U=380/220$ В, $f=50$ Гц.

Основні причини нещасних випадків, пов'язаних з ураженням електричним струмом:

- контакт або наближення на небезпечну відстань частини тіла з струмоведучими частинами, що перебувають під напругою;
- контакт з металевими елементами конструкції електроустаткування які потрапили до електричного кола у зв'язку з пошкодженням ізоляції струмоведучих частин;
- контакт з землею, якщо на неї замкнуло дріт в результаті розриву.

Для уникнення нещасних випадків використовуємо автоматичне занулення і автоматичним відімкненням апаратів з мережі відповідно до нормативного документу. Для уникнення ураження статичною електрикою по периметру приміщення створюємо сітку з металевих пластин 25×4 мм, до яких приєднують мідним дротом $S = 10$ мм² металеві частини апаратів які перебувають у приміщенні.

Задля забезпечення безпечної праці з електроустаткуванням кабелі вкладені в труби, які проходять під підлогою, рубильники та перемикачі розташовують у шафу контролю.

Для досягнення необхідних умов праці дотримуємося правил техніки безпеки та забезпечуємо виконання необхідних вимог:

1. Для уникнення небезпеки ураження струму від корпусів апаратів на

					ЛН91.066212.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

електроапаратури забезпечуємо надійні металеві зв'язки корпусів електродвигунів, електричних щитів і постів керування та електропроводки із контуром заземлення.

2. Правила безпеки при роботі з електроапаратурою:

- доторкатися до електропроводів, проводити ремонт електроустаткування, замінювати електролампи, запобіжники й інші деталі електроустаткування заборонено персоналу, який не має права допуску до цих робіт;

- вхід до розподільних щитових, відкривання електрозбірок та виходити до місць з табличками «Вхід заборонений», «Небезпечно для життя» і подібних дозволяється лише певним працівникам, які ознайомлені з правилами безпеки та мають допуск до цих місць;

- для переносного освітлення користуватися лампами напругою не більше 12 вольт;

- для проведення ремонтних робіт на лінії двигуни та інші електроприлади знеструмлюються й від'єднуються від проводів живлення, а на кнопках пуску вивішуються таблички «Не вмикати, працюють люди». Відключення електроенергії проводиться електриком. Установлюється суцільна огорожа, кабелі живлення прокладають в броньовану оболонку. Світильники встановлюють в вибухобезпечному виконанні. Прилади та встаткування лише з малою напругою, 42 В;

- проведення систематичних перевірок заземлення устаткування проводиться відповідальним за електрогосподарство лінії електриком.

4.3 Пожежна та вибухонебезпека

Пожежна безпека підприємства повинна відповідати правилам пожежної безпеки в Україні. Відповідальність за пожежну безпеку підприємства покладається на керівника. Відповідальних за пожежну безпеку в окремих цехах або виробничих ділянках вибирає керівник.

					ЛН91.066212.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

На виробництві, що проектується основною речовиною є метанол.

Пари метанолу з повітрям можуть утворювати легкозаймисті та вибухонебезпечні суміші (гримучі суміші) при температурах не вище 55 оС.

При вибуху реакція відбувається надзвичайно швидко в замкнутому просторі, без доступу повітря до осередку запалення гримучої суміші. Швидкість вибухової хвилі коливається в межах 2000-3000 м/сек. Величезна енергія, що розвивається при вибуху, призводить до значних руйнацій.

З врахуванням характеристик речовин з погляду пожежної безпеки, визначаємо категорію пожежної безпеки виробництва на ділянці. Категорія виробництва А – вибухопожежонебезпечні; до цієї категорії відносяться виробництва, в яких використовуються горючі гази, легкозаймисті рідини з температурою спалаху не більше 28 оС в такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні парогазоповітряні суміші, при займанні яких утворюється розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, перевищуючий 5 кПа. Клас вибухонебезпечної зони – 2.

По СНиП 2.01.02-85 вибираємо II ступінь вогнестійкості будівель підприємства, яка підходить для категорії А пожежної безпеки. Допустима кількість поверхів будівель – 6, допустимий об'єм поверху між протипожежними стінами будівель для одноповерхових – не обмежується, двох поверхових – 2500 м³, трьох поверхових і більше – 3500 м³.

На основі вибраної ступені вогнестійкості будівель визначаємо найменшу допустиму границю вогнестійкості основних будівельних конструкцій.

Границя вогнестійкості приміщень – III. Границю вогнестійкості дверей допускається передбачати лише для II ступеня. Відгороджуючі конструкції допоміжних приміщень, які розміщуються безпосередньо в виробничих будівлях, в тому числі на антресолях, повинні бути з границею вогнестійкості I ступеня (СНиП 2.09.02-85). Група займистості матеріалів – негорючі (СНиП 2.01.02-85).

В залежності від категорії пожежної безпеки виробництва і ступені

					ЛН91.066212.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

вогнестійкості будівель, визначається максимальна допустима відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу.

В одноповерхових будівлях – 100 м, в двох поверхових – 75 м, в трьох і

більше – 75 м. З коридору повинно бути, як правило не менше 2-ох евакуаційних виходів.

Враховуючи об'єми приміщень, категорію пожежної небезпеки виробництва і ступінь вогнестійкості будівлі, визначаємо необхідну ширину евакуаційних виходів. Для проходів - не менше 1 м, коридорів - 1,4 м, двері - 0,8 м і марші – 1,05 м, площадка сходів – 1,05 м. Висота дверей і проходів на шляхах евакуації повинна бути не менше 2 м. Двері на шляхах евакуації повинні відкриватися по напрямленню виходу з будівлі (СНиП 2.09.02-85).

Для даної ділянки робіт вибираємо тип і кількість первинних засобів пожежогасіння. На 400-500 м² необхідно: пінні, хімічні, повітряно-пінні вогнегасники – 4 шт; вуглекислотно-брометилові – 1 шт.; порошковий – 1 шт.

5 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції

5.1 Параметричний розрахунок

Вихідні дані:

Продуктивність по вихідній суміші G_F , кг/с	2,4
Склад рідини по леткому компоненту, % масові:	
у вихідній суміші $\overline{x_F}$	351,15
у дистилаті $\overline{x_D}$	351,15
у кубовому залишку $\overline{x_W}$	373,15
Тиск у колоні, МПа	358,15

Алгоритм розрахунку наведено [9].

Схема до розрахунку насадкової ректифікаційної колони на рисунку 5.1

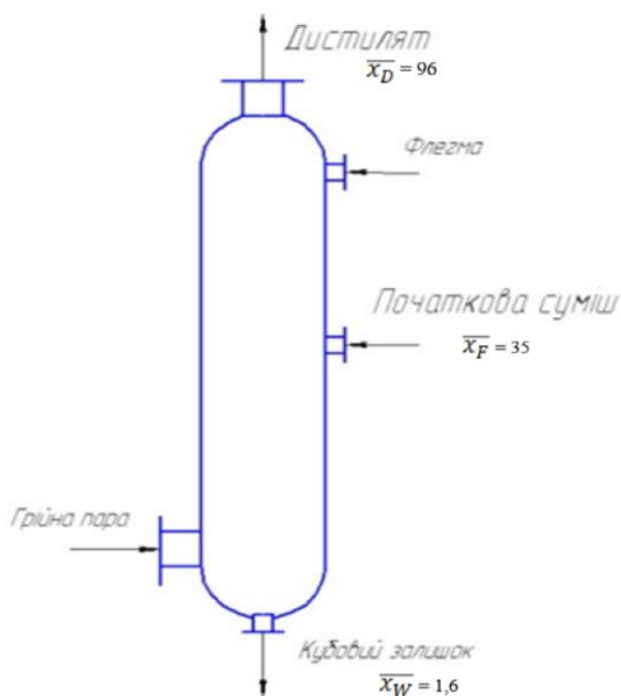


Рисунок 5.1 – Розрахункова схема руху потоків у ректифікаційній

колоні.

Розглянемо рівняння матеріального балансу:

$$G_F = G_D + G_W \quad (5.1)$$

$$G_F \cdot x_F = G_D \cdot x_D + G_W \cdot x_W \quad (5.2)$$

де G_D , G_W , кг/с — відповідно продуктивність колони за дистилятом і кубовим

залишком;

x_F , x_D , x_W — вміст легколетючого компонента в живленні, дистиляті та кубовому

залишку відповідно.

Розв'яжемо рівняння (5.1) та (5.2), щоб визначити масові витрати кубового залишку та дистиляту:

$$G_D = G_F - G_W = 2,4 - G_W;$$

$$G_D \cdot 0,96 + G_W \cdot 0,016 = 2,4 \cdot 0,35;$$

$$(2,4 - G_W) \cdot 0,96 + G_W \cdot 0,016 = 0,35 \cdot 2,4;$$

$$2,4 \cdot 0,96 - 0,96 \cdot G_W + G_W \cdot 0,016 = 0,35 \cdot 2,4;$$

$$2,4 \cdot 0,96 - G_W \cdot (0,96 - 0,016) = 0,35 \cdot 2,4;$$

Отримаємо витрати кубового залишку:

$$G_W = \frac{2,4 \cdot 0,96 - 0,35 \cdot 2,4}{0,94} = 1,557 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Витрати дистиляту:

$$G_D = 2,4 - 1,557 = 0,843 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Визначаємо молярні маси компонентів суміші:

а) метанолу $M_m = Ar(H) \cdot 4 + Ar(O) + Ar(C) = 4 \cdot 1 + 16 + 12 = 32$ г/моль;

б) води $M_v = Ar(H) \cdot 2 + Ar(O) = 2 \cdot 1 + 16 = 18$ г/моль.

Виразимо склад живлення, дистиляту й кубового залишку в молярних частках:

Живлення:

$$x_F = \frac{\frac{\bar{x}}{M_M}}{\frac{\bar{x}_F}{M_M} + \frac{100 - \bar{x}_F}{M_B}} = \frac{\frac{35}{32}}{\frac{35}{32} + \frac{100 - 35}{18}} = 0,232 \frac{\text{кмоль}}{\text{кмоль}}.$$

Дистилята:

$$x_D = \frac{\frac{\bar{x}}{M_M}}{\frac{\bar{x}_D}{M_M} + \frac{100 - \bar{x}_D}{M_B}} = \frac{\frac{96}{32}}{\frac{96}{32} + \frac{100 - 96}{18}} = 0,931 \frac{\text{кмоль}}{\text{кмоль}}.$$

Кубового залишку:

$$x_W = \frac{\frac{\bar{x}}{M_M}}{\frac{\bar{x}_W}{M_M} + \frac{100 - \bar{x}_W}{M_B}} = \frac{\frac{1,6}{32}}{\frac{1,6}{32} + \frac{100 - 1,6}{18}} = 0,009 \frac{\text{кмоль}}{\text{кмоль}}.$$

Робоче флегмове число визначається за формулою:

$$R = 1,3 \cdot R_{min} + 0,3$$

де R_{min} — мінімальне флегмове число.

$$F = \frac{x_D - x_W}{x_F - x_W} = \frac{0,931 - 0,009}{0,232 - 0,009} = 4,13.$$

Знаходимо мінімальне число флегми:

$$R_{min} = \frac{x_D - y_F^*}{y_F^* - x_F} = \frac{0,931 - 0,51}{0,51 - 0,232} = 1,51,$$

де $y_F^* = 0,51$ — молярна частка метанолу в парі, рівноважному з рідиною живлення, визначається за діаграмою $y^* - x$ для суміші метанол-вода, яка зображена на рисунку 5.2. Дані для побудови рівноважної кривої діаграми $y^* - x$ для суміші метанол-вода взяті з джерела [10] та занесені до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 — Рівноважний склад рідини (x) та пари (y) в мол. Частках (в %) і температури кипіння (t) для суміші метанол-вода при атмосферному тиску

Температура, °C	Рівноважний склад рідини x	Рівноважний склад пари y
100	0	0
92,8	5	26,9
88,1	10	42,2
82,1	20	58,1
78,3	30	66,2
75,6	40	73,3
73,4	50	78,7
71,2	60	83,1
69,7	70	87,6
68	80	92
66,3	90	96,2
64,5	100	100

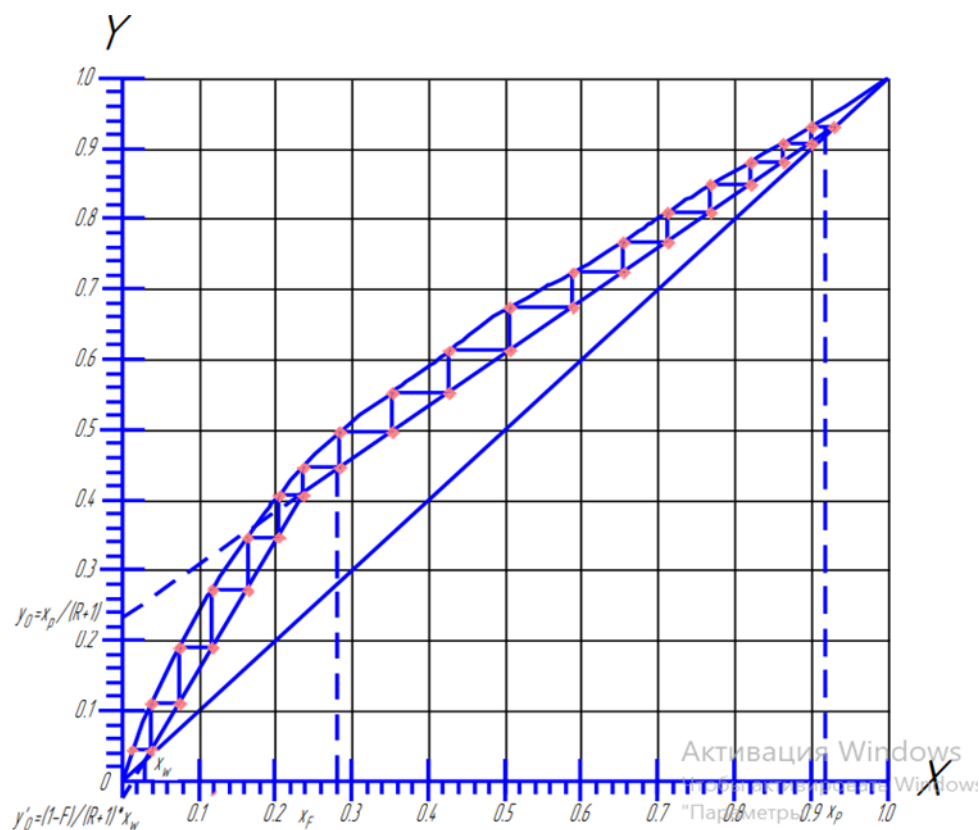
За формулою (5.3) визначаємо робоче флегмове число:

$$R = 1,3 \cdot R_{min} + 0,3 = 1,3 \cdot 1,51 + 0,3 = 2,263$$

Запишемо рівняння рівняння робочих ліній у верхній та нижній частинах колони:

а) верхньої (укріплюючої) частини колони

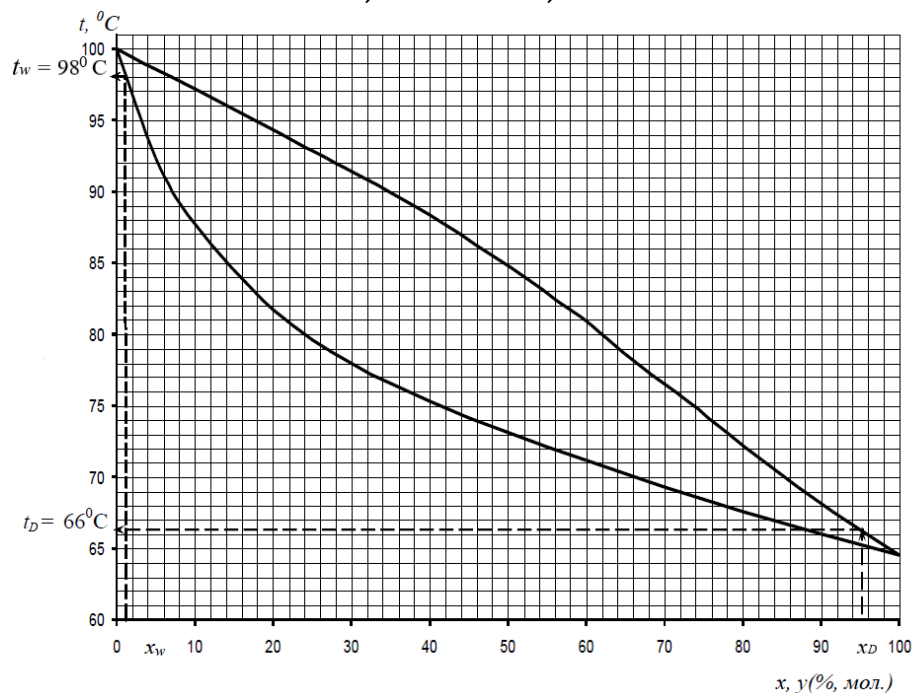
$$y = \frac{R}{R+1} \cdot x + \frac{x_D}{R+1} = \frac{2,263}{2,263+1} \cdot x + \frac{0,931}{2,263+1} = 0,693 \cdot x + 0,285 \quad (5.4)$$



Рисунку 5.2 — діаграма y^*-x для суміші метанол-вода

б) нижньої (вичерпної) частини колони

$$y = \frac{R + F}{R + 1} \cdot x + \frac{F - 1}{R + 1} \cdot x_W = \frac{2,263 + 4,13}{2,263 + 1} \cdot x - \frac{4,13 - 1}{2,263 + 1} \cdot 0,009 = 1,959 \cdot x - 0,0086. \quad (5.5)$$



Рисунку 5.3 — діаграма y^*-x для суміші метанол-вода

Розрахуємо середній склад рідини:

а) в верхній частині колони

$$x'_{\text{cp}} = \frac{x_F + x_D}{2} = \frac{0,232 + 0,931}{2} = 0,581;$$

б) в нижній частині колони

$$x''_{\text{cp}} = \frac{x_F + x_W}{2} = \frac{0,232 + 0,009}{2} = 0,121.$$

Середній склад пари знаходиться за рівняннями робочих ліній:

а) в верхній частині колони

$$y'_{\text{cp}} = 0,673 \cdot x'_{\text{cp}} + 0,313 = 0,673 \cdot 0,581 + 0,313 = 0,704;$$

б) в нижній частині колони

$$y''_{\text{cp}} = 1,41 \cdot x''_{\text{cp}} - 0,0089 = 1,41 \cdot 0,121 - 0,0089 = 0,161.$$

За діаграмою $t - x, y$, зображеною на рисунку 2.3, визначаємо середні температури пари:

а) при $y'_{\text{cp}} = 0,704$ $t'_{\text{cp}} = 76,3^\circ\text{C};$

б) при $y''_{\text{cp}} = 0,161$ $t''_{\text{cp}} = 96,1^\circ\text{C};$

За розрахованими вище даними знайдемо середні молярні маси і густини пари:

$$\begin{aligned} M'_{\text{cp}} &= y'_{\text{cp}} \cdot M_{\text{м}} + (1 - y'_{\text{cp}}) \cdot M_{\text{в}} = 0,704 \cdot 32 + (1 - 0,704) \cdot 18 \\ &= 27,856 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}; \end{aligned}$$

$$\rho'_{\text{cp}} = \frac{M'_{\text{cp}} \cdot T_0}{22,4 \cdot T'_0} = \frac{27,856 \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + 76,3)} = 0,97 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$\begin{aligned} M''_{\text{cp}} &= y''_{\text{cp}} \cdot M_{\text{м}} + (1 - y''_{\text{cp}}) \cdot M_{\text{в}} = 0,161 \cdot 32 + (1 - 0,161) \cdot 18 \\ &= 20,254 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}; \end{aligned}$$

$$\rho''_{\text{cp}} = \frac{M''_{\text{cp}} \cdot T_0}{22,4 \cdot T''_0} = \frac{20,254 \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + 96,11)} = 0,66 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

Визначаємо середню густину пари в колоні:

$$\rho_{\text{п}} = \frac{(\rho'_{\text{cp}} + \rho''_{\text{cp}})}{2} = \frac{(0,97 + 0,66)}{2} = 0,81 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

За діаграмою на рисунку 5.3 визначаємо, що температура вгорі колони

					ЛН91.066212.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

при $x_D = 0,931$ дорівнює 66°C , а в кубі-випарнику при $x_W = 0,009$ становить 98°C .

Густина метанолу при 66°C , $\rho_M = 720 \text{ кг/м}^3$, а густина води при 98°C , $\rho_B = 959 \text{ кг/м}^3$.

Визначаємо середню густину рідини:

$$\rho_p = \frac{(\rho_M + \rho_B)}{2} = \frac{(720 + 959)}{2} \approx 840 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Для сітчастих тарілок за графіком, який зображений на рисунку 2.4, визначаємо, що $C = 0,032$.

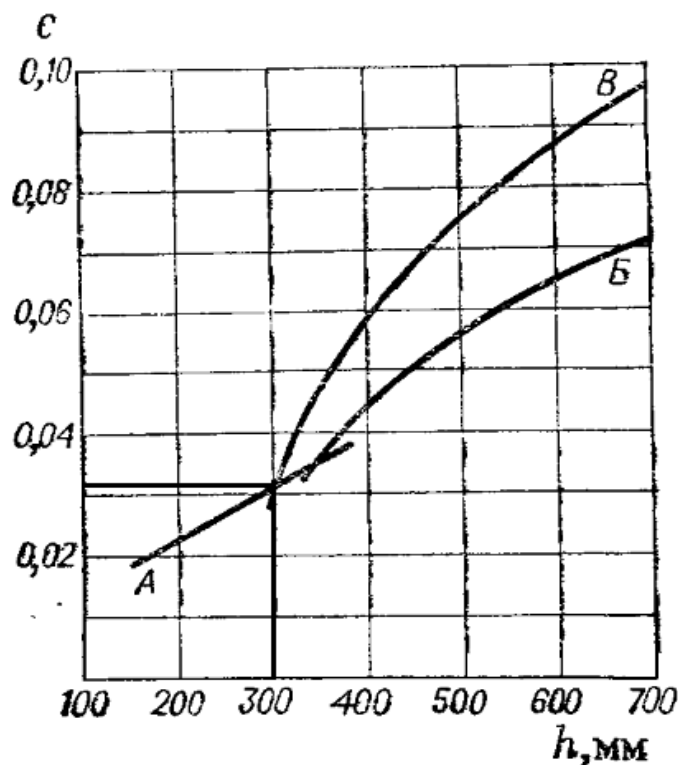


Рисунок 5.4 — графік щодо визначення коефіцієнта C

Розраховуємо швидкість пари в колоні:

$$\omega = C \sqrt{\frac{\rho_p}{\rho_{\Pi}}} = 0,032 \sqrt{\frac{840}{0,81}} = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Знаходимо об'ємні витрати газу, що проходить через колону при середній температурі в колоні:

$$t_{\text{cp}} = \frac{(t'_{\text{cp}} + t''_{\text{cp}})}{2} = \frac{(76,3 + 96,1)}{2} = 86,2^\circ\text{C}.$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$V = \frac{G_D \cdot (R + 1) \cdot 22,4 \cdot T_{cp} p_0}{M_D T_0 \cdot 3600 p} =$$

$$= \frac{0,981 \cdot (2,263 + 1) \cdot 22,4 \cdot (273 + 96,1) \cdot 1,033}{64,55 \cdot 273 \cdot 1} = 1,55 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

де M_D - молярна маса дистиллята, яка рівна:

$$M_D = x_D \cdot M_M + (1 + x_D) \cdot M_B = 0,931 \cdot 32 + (1 + 0,931) \cdot 18 = 64,55 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}$$

Визначаємо діаметр колони:

$$D = \sqrt{\frac{V}{(0,785 \cdot \omega)}} = \sqrt{\frac{1,55}{(0,785 \cdot 1)}} = 1,4 \text{ м.}$$

Обираємо стандартний діаметр колони $D = 1400 \text{ мм} = 1,4 \text{ м.}$

Уточнюємо швидкість пари в колоні обраного діаметра.

$$\omega = \frac{V}{(0,785 \cdot D^2)} = \frac{1,55}{(0,785 \cdot 1,4^2)} = 1 \text{ м/с.}$$

Проведемо гідравлічний розрахунок тарілок. При цьому будемо посилалися на схему, зображену на рисунку 5.5.

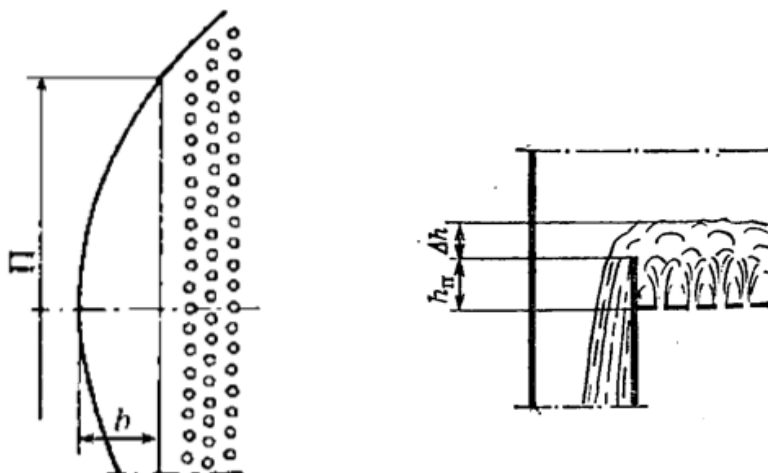


Рисунок 5.5 — Розрахункова схема щодо гідравлічного розрахунку тарілок

Приймаємо наступні параметри ситчатої тарілки: діаметр отворів $d_0 = 4 \text{ мм}$, висота зливної перегородки $h_{\pi} = 40 \text{ мм}$. Вільний перетин тарілки (сумарна площа отворів) 8% від загальної площі тарілки. Площа, зайнята двоматсегментними переливами, складає 20% від загальної площі тарілки.

Надалі проведемо розрахунок гідравлічного опору тарілки в верхній

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

танижній частинах колони.

Верхня частина колони:

$$\Delta p_{\text{тар}} = \frac{\xi \cdot \rho_{\text{п}} \cdot \omega_0^2}{2} = \frac{1,82 \cdot 0,66 \cdot 12,5^2}{2} = 93,84 \text{ Па},$$

де $\xi = 1,82$ — коефіцієнт опору незрошуваних ситчаттих тарілок з вільним перетином 7-10%; $\omega_0 = 1/0,08 = 12,5$ м/с — швидкість пари в отворах тарілки.

Опір, спричинений силами поверхневого натягу:

$$\Delta p_{\sigma} = \frac{4 \cdot \sigma}{d_0} = \frac{4 \cdot 18,5 \cdot 10^{-3}}{0,004} = 18,5 \text{ Па},$$

де $\sigma = 18,5 \cdot 10^{-3}$ Н/м — поверхневий натяг рідини при середній температурі у верхній частині колони 66°C ; $d_0 = 0,004$ м — діаметри отворів тарілки.

Знайдемо середню молярну масу рідини:

$$\begin{aligned} M_{\text{ср}} &= x'_{\text{ср}} \cdot M_{\text{М}} + (1 - x'_{\text{ср}}) \cdot M_{\text{В}} = 0,581 \cdot 32 + (1 - 0,581) \cdot 18 \\ &= 26,13 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}. \end{aligned}$$

Визначимо об'ємні витрати рідини у верхній частині колони:

$$V_{\text{р}} = \frac{G_{\text{Д}} \cdot R \cdot M_{\text{ср}}}{M_{\text{Д}} \cdot \rho_{\text{р}}} = \frac{0,843 \cdot 2,263 \cdot 26,13}{64,55 \cdot 840} = 0,00091 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

Периметр зливної перегородки Π , знаходимо із системи рівнянь:

$$(\Pi/2)^2 + (R_{\text{Т}} - b)^2 = R_{\text{Т}}^2;$$

$$0,1 \cdot \Pi \cdot R_{\text{Т}}^2 = (2/3) \cdot \Pi \cdot b,$$

де $R_{\text{Т}}^2 = 0,5$ м — радіус тарілки; $(2/3) \cdot \Pi \cdot b$ — приблизне значення площі сегмента.

З розв'язку рівнянь отримуємо: $\Pi = 1,32$ м; $b = 0,289$.

Далі розраховуємо Δh :

$$\Delta h = \left(\frac{V_{\text{р}}}{1,85 \cdot \Pi \cdot k} \right)^{2/3} = \left(\frac{0,00091}{1,85 \cdot 1,32 \cdot 0,5} \right)^{2/3} = 0,0082 \text{ м}.$$

де $k = \rho_{\text{пр}}/\rho_p$ — відношення густин парорідинного шару (піни) та площини рідини, яке приблизно приймається 0,5.

Висота парорідинного шару на тарілці становить:

$$h_{\text{пр}} = h_{\text{п}} + \Delta h = 0,04 + 0,0082 = 0,0482 \text{ м.}$$

Опір парорідинного шару:

$$\Delta p_{\text{пр}} = 1,3 \cdot h_{\text{пр}} \cdot k \cdot \rho_p \cdot g = 1,3 \cdot 0,0482 \cdot 0,5 \cdot 840 \cdot 9,81 = 258,17 \text{ Па.}$$

Загальний гідравлічний тиск у верхній частині колони:

$$\Delta p' = \Delta p_{\text{тар}} + \Delta p_{\sigma} + \Delta p_{\text{пр}} = 33,84 + 18,5 + 258,17 = 310,51 \text{ Па.}$$

Нижня частина колони.

Аналогічні розрахунки робимо для нижньої частини колони:

$$\Delta p_{\text{тар}} = \frac{\xi \cdot \rho_{\text{п}} \cdot \omega_0^2}{2} = \frac{1,82 \cdot 0,97 \cdot 12,5^2}{2} = 137,92 \text{ Па.}$$

При температурі нижньої частини колони, яка становить 66°C, поверхневий натяг рідини становить $18,1 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$.

$$\Delta p_{\sigma} = \frac{4 \cdot \sigma}{d_0} = \frac{4 \cdot 18,1 \cdot 10^{-3}}{0,004} = 18,1 \text{ Па,}$$

$$M_F = x_F \cdot M_M + (1 - x_F) \cdot M_B = 0,232 \cdot 32 + (1 - 0,232) \cdot 18 = 21,25 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}.$$

$$\begin{aligned} M_{\text{ср}} &= x''_{\text{ср}} \cdot M_M + (1 - x''_{\text{ср}}) \cdot M_B = 0,121 \cdot 32 + (1 - 0,121) \cdot 18 \\ &= 19,69 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}. \end{aligned}$$

$$V_p = \left(\frac{G_D \cdot R}{M_D} + \frac{G_F}{M_F} \right) \cdot \frac{M_{\text{ср}}}{\rho_p} = \left(\frac{0,843 \cdot 0,263}{64,55} + \frac{2,4}{21,25} \right) \cdot \frac{19,69}{840} = 0,00272 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

$$\Delta h = \left(\frac{V_p}{1,85 \cdot \Pi \cdot k} \right)^{2/3} = \left(\frac{0,00272}{1,85 \cdot 1,32 \cdot 0,5} \right)^{2/3} = 0,0171 \text{ м.}$$

$$h_{\text{пр}} = h_{\text{п}} + \Delta h = 0,04 + 0,0171 = 0,0571 \text{ м.}$$

$$\Delta p_{\text{пр}} = 1,3 \cdot h_{\text{пр}} \cdot k \cdot \rho_p \cdot g = 1,3 \cdot 0,0571 \cdot 0,5 \cdot 840 \cdot 9,81 = 305,84 \text{ Па.}$$

Загальний гідравлічний опір в нижній частині колони:

$$\Delta p'' = \Delta p_{\text{тар}} + \Delta p_{\sigma} + \Delta p_{\text{пр}} = 137,92 + 18,1 + 305,84 = 461,86 \text{ Па.}$$

Перевіряємо, чи виконується при відстані між тарілками $h = 0,3$ м, необхідна для нормальної роботи тарілок умова відсутності пробую перетічного пристрою висхідним потоком пари. Перевірка виконується для нижньої частини колони, для якої гідравлічний опір тарілки більший:

$$h > 1,8\Delta p'' / (\rho_p \cdot g) = 1,8 \cdot 461,86 / (840 \cdot 9,81) = 0,101 \text{ м.}$$

Відповідно, зазначена вище умова виконується — потік пари не викидає стовп рідини в переливний пристрій.

Перевіряємо рівномірність роботи тарілок — розраховуємо мінімальну швидкість пари в отворах $\omega_{0,\text{мін}}$, достатньої для того, щоб ситчата тарілка працювала всіма отворами:

$$\omega_{0,\text{мін}} = 0,67 \sqrt{\frac{g \cdot \rho_p \cdot h_{\text{пр}}}{(\xi \cdot \rho_n)}} = 0,67 \sqrt{\frac{9,81 \cdot 800 \cdot 0,0571}{1,82 \cdot 0,97}} = 10,674 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Тепер визначимо число тарілок в колоні.

На діаграмі $y - x$ для суміші метанол-вода наносимо робочі лінії верхньої та нижньої частини колони і шляхом побудови прямокутних сходинок між рівноважною кривою та робочими лініями знаходимо число сходинок зміни концентрації n_T (рисунок 2.6).

Для побудови робочої лінії для верхньої частини колони в діаграмі $y - x$ відкладаємо на осі абсцис заданий склад дистиляту і ставимо перпендикуляр у цій точці до перетину з діагоналлю діаграми — точка А. Для верхньої тарілки $x = x_D$.

І тоді з рівняння робочої лінії (5.4) знаходимо:

$$y = \frac{R}{R+1} \cdot x + \frac{x_D}{R+1} = \frac{2,263}{2,263+1} \cdot 0,931 + \frac{0,931}{2,263+1} = 0,931.$$

Для побудови другої точки відкладемо на осі ординат відрізок

$$B = x_D / (R + 1) = 0,931 / (2,263 + 1) = 0,285 \text{ і знаходимо точку } d.$$

Через точки А і d проводимо лінію, на якій розміщується робоча лінія для верхньої частини ректифікаційної колони.

Точка перетину перпендикуляра, поставленого в точці x^F , до осі

					ЛН91.066212.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

абсцис з лінією Ad — точка E . Відрізок AE є робочою лінією для верхньої частини колони.

Для побудови робочої лінії для нижньої частини ректифікаційної колони потрібно спочатку побудувати робочу лінію для верхньої частини, потім нанести склад кубового залишку x_W та вихідної суміші x_F .

Підставивши $x = x_W$ у рівняння робочої лінії (1.5) знаходимо ординату:

$$y = \frac{R + F}{R + 1} \cdot x - \frac{F - 1}{R + 1} \cdot x_W = \frac{2,263 + 4,13}{2,263 + 1} \cdot 0,009 - \frac{4,13 - 1}{2,263 + 1} \cdot 0,009 = 0,009.$$

Отже точка C повинна лежати на діагоналі діаграми. Друга точка, яка визначає робочу лінію нижньої частини колони, належить до верхньої тарілки, на яку подається вихідна суміш F .

У верхній частині $n'_T \approx 6$, в нижній частині $n''_T \approx 10$, всього 16 сходинок.

Для того, щоб розрахувати число необхідних дійсних тарілок, потрібно спочатку визначити середнє значення ККД.

Для визначення середнього ККД тарілок η знаходиться коефіцієнт відносної леткості компонента $\alpha = P_M / P_B$ та динамічна в'язкість вихідної суміші μ при середній температурі в колоні, рівній 86°C .

При температурі 66°C тиск насиченої пари метанолу $P_M = 650$ мм рт. ст., води $P_B = 188$ мм рт. ст., тоді:

$$\alpha = \frac{P_M}{P_B} = \frac{650}{188} = 3,4;$$

Динамічний коефіцієнт в'язкості метанолу при 66°C становить $\mu_M = 0,11 \cdot 10^{-3}$ Па · с, води $\mu_B = 0,43 \cdot 10^{-3}$ Па · с

Приймаємо динамічну в'язкість суміші вихідного склад як середнє

арифметичне значення $\mu = 0,27$ сПа = $0,27 \cdot 10^{-3}$ Па · с.

					ЛН91.066212.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Тоді $\alpha\mu = 2,4 \cdot 0,27 = 0,65$.

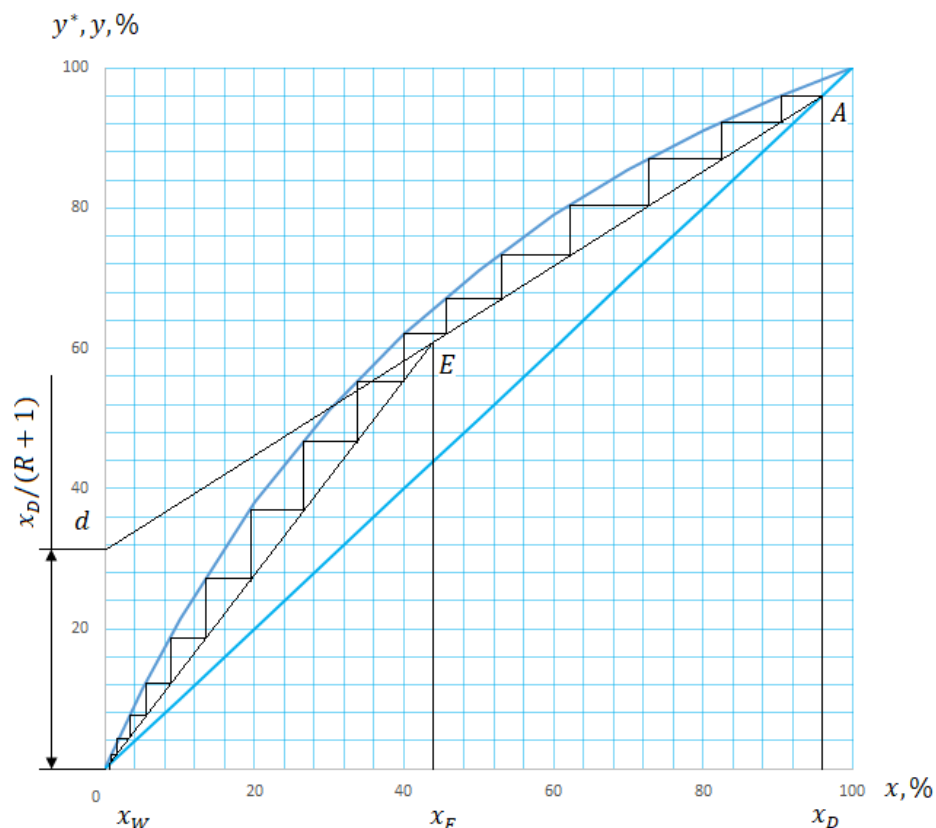


Рисунок 5.6 — Графік визначення числа тарілок

За графіком, який зображений на рисунку 5.7, знаходимо $\eta = 0,53$.

З урахуванням коефіцієнта модернізації:

$$\eta = \eta \cdot 1,2 = 0,53 \cdot 1,2 = 0,64.$$

Довжина шляху, пройденого рідиною по тарілці:

$$l = D - 2b = 0,04 - 2 \cdot 0,289 = 0,53 \text{ м.}$$

За графіком на рисунку 5.8 знаходимо значення поправки на довжину шляху $\Delta = 0,105$.

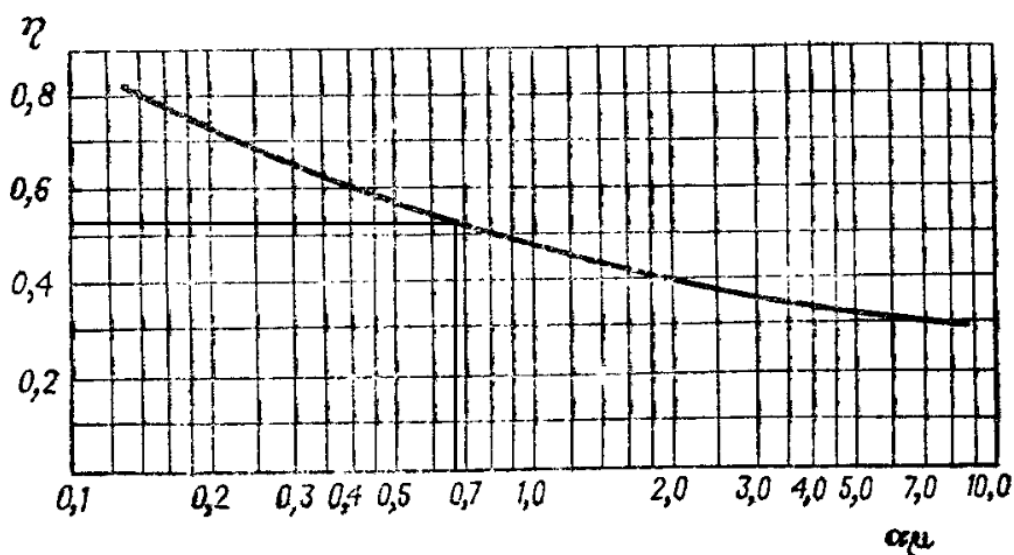


Рисунок 5.7 — Кореляційна залежність середнього значення ККД тарілок від продуктивності леткості компонента та в'язкості рідини живлення

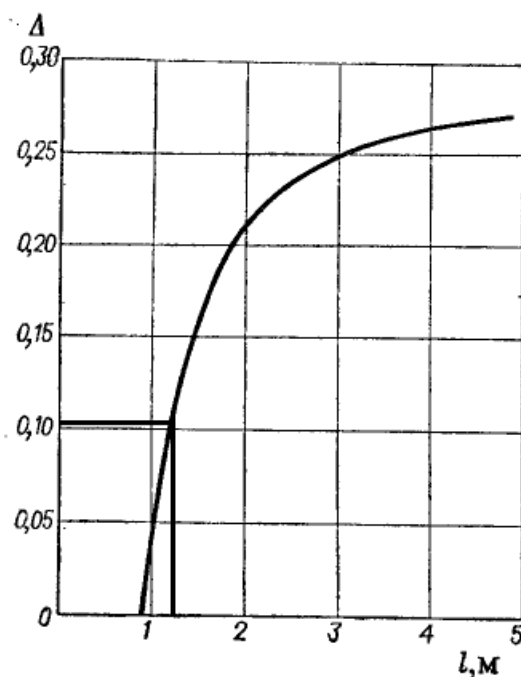


Рисунок 5.8 — Значення поправки Δ в залежності від довжини шляху рідини на тарілці

Розраховуємо середній ККД тарілок:

$$\eta_l = \eta \cdot (1 + \Delta) = 0,64 \cdot (1 + 0,105) = 0,71.$$

Для порівняння розраховуємо середній ККД тарілок η_0 по критеріальній формулі:

$$\eta_0 = 0,068 \cdot K_1^{0,10} \cdot K_2^{0,155} = 0,068 \cdot (0,82 \cdot 10^5)^{0,10} \cdot (0,37 \cdot 10^4)^{0,155} = 0,75,$$

що близько до знайденого значення.

де K_1, K_2 — безрозмірні комплекси.

$$K_1 = \frac{Re}{S_{св}} Pr'_p \frac{\mu_{п}}{\mu_p} = \frac{\omega h_{п} \rho_{п}}{S_{св} \mu_{п}} \frac{\mu_p}{\rho_p D_p} \frac{\mu_{п}}{\mu_p} = \frac{\omega h_{п} \rho_{п}}{S_{св} \rho_p D_p} =$$

$$= \frac{1 \cdot 0,04 \cdot 0,81}{0,08 \cdot 840 \cdot 5,82 \cdot 10^{-9}} = 0,82 \cdot 10^5.$$

$$K_1 = \frac{Re}{We} Pr'_p \frac{\nu_{п}}{\nu_p} = \frac{\omega h_{п} \sigma}{\nu_{п} \rho_p \omega^2 h_{п}} \frac{\nu_p}{D_p} \frac{\nu_{п}}{\nu_p} = \frac{\sigma}{\omega \rho_p D_p} =$$

$$= \frac{18,1 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 840 \cdot 5,82 \cdot 10^{-9}} = 0,37 \cdot 10^4,$$

де ω — швидкість пари в колоні, м/с; $S_{св}$ — відносна площа вільного перетину тарілки; $h_{п}$ — висота зливної перегородки, м; $\rho_{п}, \rho_p$ — густини пари та рідини, кг/м³; D_p — коефіцієнт дифузії летучого компонента у вихідній суміші, м²/с; σ — поверхневий натяг рідини живлення, Н/м.

$$D_p = 7,4 \cdot 10^{-12} \cdot (\beta_a M)^{0,5} \cdot \frac{T}{(\mu_p \cdot \vartheta^{0,6})}$$

$$= 7,4 \cdot 10^{-12} \cdot (1 \cdot 21,25)^{0,5} \cdot \frac{369}{(0,27 \cdot 32^{0,6})} = 5,82 \cdot 10^{-9}$$

де M — молярна маса розчинника; ϑ — молярна маса речовини, що дифундує; T — температура, К; $\beta_a = 1,0$ — параметр, що враховує асоціацію молекул. $M = M_F = 21,25$ кг/моль.

Число тарілок визначається за найменш сприятливого значенню η_0 :

У верхній частині колони:

$$\eta' = \frac{n'_T}{\eta_0} = \frac{6}{0,75} = 8;$$

У нижній частині колони:

$$\eta' = \frac{n''_T}{\eta_0} = \frac{10}{0,75} \approx 13.$$

Загальне число тарілок становить $n = 21$. З запасом приймаємо

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$n_T = 25$ тарілок, з них у верхній частині колони 10, у нижній — 15.

Висота тарілчастої частини колони становить:

$$H_T = (n_T - 1) \cdot h = (25 - 1) \cdot 0,3 = 7,2$$

Загальний гідравлічний тиск тарілок:

$$\Delta p = \Delta p' \cdot n_B + \Delta p'' \cdot n_H = 315,27 \cdot 10 + 373,59 \cdot 15 = 8756,55 \text{ Па.}$$

Висновок: в ході розрахунку було визначено основні геометричні розміри та параметри ректифікаційної колони: діаметр колони становить 1,4 м; висота тарілчастої частини корпусу сягає 7,2 м; кількість тарілок дорівнює 25, у верхній частині 10 тарілок, а в нижній — 15.

5.2 Розрахунок товщини стінки обичайки

Мета розрахунку — визначити товщину циліндричної обичайки ректифікаційної колони, яка б задовольняла виконання умов міцності.

Розрахункова схема наведена на рисунку 5.9.

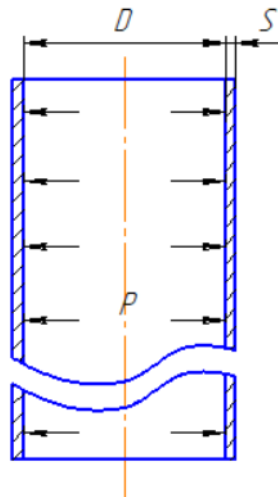


Рисунок 5.9 — Розрахункова схема циліндричної обичайки

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

прийняти товщину корпусу ректифікаційної колони не менше 0,01 м.

Визначаємо допустимий тиск в апараті за даної товщини:

$$[P] = \frac{2[\sigma]\varphi_p(S_R - c)}{D + S_{об} - c}, \quad (5.8)$$

Перевіряємо виконання умови міцності:

$$P_R \leq [P]$$

Висновок: до методики розрахунку створено програму розрахунку автоматизованого розрахунку товщини стінки циліндричної обичайки під дією внутрішнього тиску, складено блок-схему, програму розрахунку, таблицю ідентифікаторів, зазначені результати програмного розрахунку (Додаток Б). Товщина стінки обичайки станеовить 0,01 м, при якій виконується умова міцності.

5.3 Розрахунок товщини стінки еліптичної кришки

Мета розрахунку — визначити параметри еліптичної кришки ректифікаційної колони та перевірити її на виконання умов міцності від внутрішнього тиску.

Розрахункова схема наведена на рисунку 5.10.

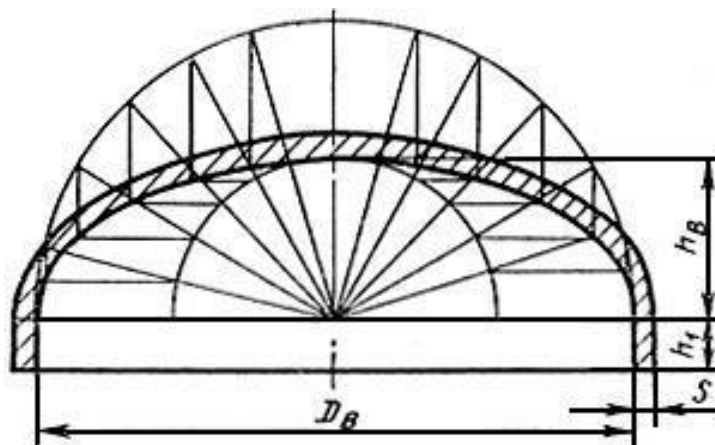


Рисунок 5.10 — Розрахункова схема еліптичної кришки

Вихідні данні:

Матеріал виготовлення корпусу апарата	Сталь 12X18H10T;
Товщина стінки корпусу апарата S , м	0,01;
Прибавка до товщини стінки C , м	0,001;
Внутрішній діаметр апарата D , м	1,4
Розрахунковий тиск P_R , МПа	0,1;
Розрахунок здійснюємо за методикою, викладеною в [12].	

У зв'язку з тим, що еліптична кришка і еліптичне днище ректифікаційної колони майже нічим не відрізняються, виготовлені з одного матеріалу і контактують з одними і тими ж середовищами, що і весь апарат в цілому, то розрахунок проводимо лише для еліптичної кришки.

Висоту еліптичної частини визначимо з залежності:

$$h_b = 0,25 \cdot D = 0,25 \cdot 1400 = 350 \text{ мм.}$$

Знаходимо розрахункову товщину кришки:

$$S_{R_{\text{дн}}} = \frac{P_R \cdot R}{2[\sigma]\varphi - 0,5P_R} = \frac{1 \cdot 10^5 \cdot 1.4}{2 \cdot 174,37 \cdot 10^6 \cdot 1 - 0,5 \cdot 1 \cdot 10^5} = 0.0004 \text{ м.}$$

де $R = D^2/(4 \cdot H) = 1,4^2/(4 \cdot 0,35) = 1,4 \text{ м;}$

$[\sigma] = 174,37 \text{ МПа}$ — допустиме напруження матеріалу 12X18H10T при

температурі 97°C ;

φ — коефіцієнт міцності зварного шва.

Значення коефіцієнта φ приймаємо рівним одиниці, як і при розрахунку циліндричної обичайцки.

Товщину кришки і днища приймаємо не менше товщини обичайки:
 $S_{\text{дн}} = 10 \text{ мм.}$

Перевіряємо кришку на міцність:

$$[P] = \frac{2[\sigma]\varphi_p(S_{\text{дн}} - c)}{D + (S_{\text{дн}} - c) \cdot 0,5} = \frac{2 \cdot 174,37 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot (0,01 - 0,001)}{1,4 + (0,01 - 0,001) \cdot 0,5} = 2234716 \text{ Па.}$$

					ЛН91.066212.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

$$P \leq [P]: 0,1 \cdot 10^6 \text{ Па} \leq [2,234716 \cdot 10^6 \text{ Па}].$$

Висновок: за вихідними даними обираємо стандартизовані днище і кришу з наступними геометричними параметрами:

внутрішній діаметр апарата D , м	1,4;
товщина стінки $S_{\text{дн}}$, м	0,01;
висота еліптичної частини $h_{\text{в}}$, м	0,35;
висота циліндричної частини (відбортровка) h_1 , м	0,0;
площа внутрішньої поверхні F , м ²	3,74
об'єм днища $V_{\text{дн}}$, м ³	0,8617;
маса днища $m_{\text{дн}}$, кг	297,4

5.4 Розрахунок висоти та маси ректифікаційної клони

Мета розрахунку — розрахувати висоту колонного апарата, визначити масу ректифікаційної колони з урахуванням складових елементів його конструкції та внутрішніх пристроїв — масообмінних тарілок.

В якості розрахункової схеми використаємо рисунок 3.1.

Вихідні данні:

Матеріал виготовлення корпусу апарата	Сталь 12X18H10T;
Товщина стінки корпусу апарата S , м	0,01;
Розрахункова температура t_R , °C	97;
Розрахунковий тиск P_R , МПа	0,1;
Внутрішній діаметр апарата D , м	1,4;
Прибавка на компенсацію корозії s , м	0,001;
Висота тарілчастої частини колони $H_{\text{т}}$, м	8,7;
Висота еліптичної кришки $H_{\text{кр}}$, м	0,49;

Для подальших розрахунків визначення висоти апарата, приймаємо, що верхній штуцер виступає над еліптичною кришкою на $h_{\text{штуц}}$ 0,22 м.

Також прийнемо, що відстань від верхньої масообмінної тарілки до еліптичної кришки $h_{\text{верхнє}}$ становить 0,6 м, а від нижньої тарілки до конічного днища $h_{\text{нижнє}}$ 1,5 м.

Визначаємо загальну висоту циліндричної обичайки з урахуванням тарілчастої частини та відстані над та під тарілками:

$$H_{\text{об}} = h_{\text{верхнє}} + H_{\text{т}} + h_{\text{нижнє}} = 0,6 + 8,7 + 1,6 = 10,8 \text{ м.}$$

Висота колонного апарата без урахування опори складає:

$$H_{\text{а}} = h_{\text{штуц}} + 2 \cdot H_{\text{т}} + H_{\text{об}} = 0,22 + 2 \cdot 0,49 + 10,8 = 12 \text{ м.}$$

Тепер розрахуємо масу ректифікаційної колони.

Визначення маси циліндричної обичайки:

Для початку знайдемо об'єм матеріалу, необхідний для виготовлення обичайки:

$$V_{\text{м.об}} = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot H_{\text{а}} \cdot S = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,91 \cdot 12 \cdot 0,01 = 0,686 \text{ м}^3.$$

Знайдемо масу циліндричної обичайки:

$$m_{\text{об}} = V_{\text{м.об}} \cdot \rho = 0,686 \cdot 7920 = 5433 \text{ кг.}$$

де $\rho = 7920 \text{ кг/м}^3$ — густина сталі 12Х18Н10Т.

Тепер знайдемо масу сітчатих тарілок. За джерелом [13] визначаємо, що маса тарілки $m_{\text{т}}$ діаметром 1,4 м важить 90 кг. Тоді маса всіх тарілок становить:

$$m_{\text{т.сум}} = m_{\text{т}} \cdot n_{\text{т}} = 90 \cdot 25 = 2250 \text{ кг.}$$

Визначення маси рідини на одній тарілці:

$$m_{\text{р}} = V_{\text{р}} \cdot \rho_{\text{р}} = h_{\text{р}} \frac{\pi \cdot D}{4} \cdot \rho_{\text{р}} = 0,04 \cdot \frac{3,14 \cdot 1,4}{4} \cdot 840 = 36,92 \text{ кг.}$$

Сумарна маса рідини на всіх тарілках:

$$m_{\text{р.сум}} = m_{\text{р}} \cdot n_{\text{т}} = 36,92 \cdot 25 = 923 \text{ кг.}$$

Знайдемо загальну масу ректифікаційної колони:

$$\begin{aligned} m_{\text{кол}} &= m_{\text{об}} + 2 \cdot m_{\text{дн}} + m_{\text{т.сум}} + m_{\text{р.сум}} + m_{\text{дод}} = \\ &= 5433 + 2 \cdot 297,4 + 2250 + 923 = 9200,8 \text{ кг.} \end{aligned}$$

Заокруглимо отримане значення до 10000 кг. Адже в розрахунку не враховувалася маса штуцерів, кріпильних елементів.

Висновок: в ході розрахунків було розраховано висоту ректифікаційної колони, яка становить 12 м без урахування опори, та визначено що апарат має масу 10000 кг.

5.5 Розрахунок апарата на вітрові навантаження

Мета розрахунку — визначити вітрові навантаження на ректифікаційну колону та перевірити виконання умов міцності і стійкості апарата при дії на нього вітрових навантажень.

Вихідні дані:

Матеріал виготовлення корпусу апарата	Сталь 12X18H10T;
Товщина стінки корпусу апарата S , м	0,01;
Прибавка до товщини стінки s , м	0,001;
Внутрішній діаметр апарата D , м	1,4;
Висота тарілчастої частини колони H_T , м	8,7;
Висота еліптичної кришки $H_{кр}$, м	0,49;
Висота апарата H , м	13,65;
Маса апарата m , кг	10750;
Розрахункова температура t_R , °C	97;
Розрахунковий тиск P_R , МПа	0,1.

Розрахунок здійснюємо за методикою, викладеною в [14].

Розрахункова схема наведена на рисунку 5.11.

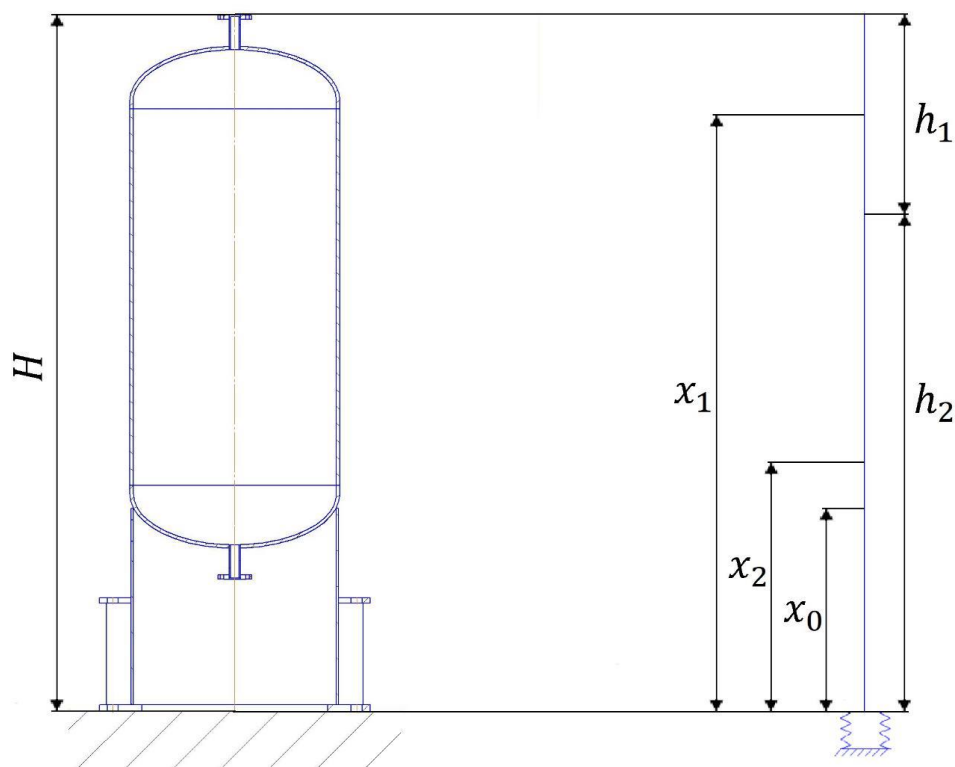


Рисунок 5.11 — Розрахункова схема для визначення вітрових навантажень

Оскільки розрахована ректифікаційна колона є апаратом колонного типу висотою не менше 10 м зі співвідношенням H/D_{min} не менше 1,5, закріплена в нижньому перетині, при визначенні зусиль від вітрових навантажень, в якості розрахункової динамічної моделі приймаємо консольний прямолінійний стрижень з пружним зацмленням.

Ділимо стрижень на дві ділянки. Верхня ділянка має висоту 3,65 м, а нижня— 10 м. Координата центра мас верхньої ділянки знаходиться на висоті 11,825 м від поверхні землі, а нижньої — на відстані 5 м.

Визначаємо момент інерції суцільного перетину з діаметром, рівним діаметру D_K фундаментного кільця опори:

$$I_F = 1,3 \cdot I_K = 1,3 \cdot \frac{\pi}{64} \cdot D_K^4 = 1,3 \cdot \frac{3,14}{64} \cdot 2,1^4 = 1,24 \text{ м}^4,$$

де $D_K=2,1$ м — діаметр фундаментного кільця колони обраний за [15];

Момент інерції осевого верхнього металевго перетину колони:

$$I_1 = \frac{\pi}{64} \cdot ((D_1 + 2 \cdot S_1 - 2 \cdot c)^4 - D^4) =$$

$$= \frac{3,14}{64} ((1,4 + 2 \cdot 0,01 - 2 \cdot 0,001)^4 - 1,4^4) = 0,0098.$$

Так, як колона має постійний перетин по всій висоті, то:

$$I_1 = I_2 = 0,0098 \text{ м}^4.$$

$$D_1 = D_2 = 1,4 \text{ м.}$$

$$S_1 = S_2 = 0,01 \text{ м.}$$

Визначимо силу, з якою апарат діє в осьовому напрямку:

$$G = m \cdot g = 10750 \cdot 9,81 = 105457,5 \text{ Н.}$$

Знаходимо період основного тону коливань стрижня постійного перетину з жорстким защемленням:

$$T_0 = 1,8 \cdot H \sqrt{\frac{G}{g} \cdot \frac{H}{EI_1}} = 1,8 \cdot 14 \sqrt{\frac{105457,5 \cdot 13,65}{9,81 \cdot 1,94 \cdot 10^{11} \cdot 0,0098}} = 0,221.$$

де $E = 1,94 \cdot 10^{11}$ Па — модуль поздовжньої пружності матеріалу колони.

Розраховуємо період власних коливань по формі апарата постійного перетину з приблизно рівномірно розподіленою по висоті апарата масою:

$$T = T_0 \sqrt{1 + \frac{4EI_1}{HC_F I_F}} = 0,221 \sqrt{1 + \frac{4 \cdot 1,94 \cdot 10^{11} \cdot 0,0098}{13,65 \cdot 6 \cdot 10^7 \cdot 1,24}} = 0,64 \text{ с.}$$

де C_F — коефіцієнт нерівномірності стискання ґрунту, визначається за даними інженерної геології. При відсутності таких даних $C_F = 6 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^3$.

Розраховуємо допоміжний коефіцієнт γ :

$$\gamma = \frac{2}{H^3} \left[H^3 (\Delta + \lambda) + H_2^3 \mu + 2 \frac{I_1}{I_3} H_1 H_2 \right] = \frac{2}{14^3} \left[14^3 \cdot \frac{1}{3} \right] = 0,667.$$

Оскільки $I_1 = I_2$, то μ , Δ , λ рівні нулю, а $\Delta = 1/3$.

Визначаємо коефіцієнт β_i для кожної ділянки, який визначається за формулою:

$$\beta_i = \frac{1}{2} \left[3 \cdot \left(\frac{x_i}{H} \right)^2 - \left(\frac{x_i}{H} \right)^3 \right];$$

Для першої ділянки:

$$\beta_1 = \frac{1}{2} \left[3 \cdot \left(\frac{x_1}{H} \right)^2 - \left(\frac{x_1}{H} \right)^3 \right] = \frac{1}{2} \left[3 \cdot \left(\frac{11,825}{14} \right)^2 - \left(\frac{11,825}{14} \right)^3 \right] = 0,787.$$

Для другої ділянки:

$$\beta_2 = \frac{1}{2} \left[3 \cdot \left(\frac{x_2}{H} \right)^2 - \left(\frac{x_2}{H} \right)^3 \right] = \frac{1}{2} \left[3 \cdot \left(\frac{5}{14} \right)^2 - \left(\frac{5}{14} \right)^3 \right] = 0,168.$$

Для кожної ділянки апарата відносно переміщення центра ваги α_i заходимо за наступною формулою:

$$\begin{aligned} \alpha_i &= \gamma \frac{H}{2EI_1} \beta_i + \frac{x_i}{HC_F I_F}; \\ \alpha_1 &= \gamma \frac{H}{2EI_1} \beta_1 + \frac{x_1}{HC_F I_F} = \\ &= 0,667 \cdot \frac{13,65}{2 \cdot 1,94 \cdot 10^{11} \cdot 0,0098} \cdot 0,787 + \frac{11,825}{13,65 \cdot 6 \cdot 10^7 \cdot 1,24} = \\ &= 1,35 \cdot 10^{-8} \frac{1}{\text{Нм}}; \\ \alpha_2 &= \gamma \frac{H}{2EI_1} \beta_2 + \frac{x_2}{HC_F I_F} = \\ &= 0,667 \cdot \frac{13,65}{2 \cdot 1,94 \cdot 10^{11} \cdot 0,0098} \cdot 0,168 + \frac{5}{13,65 \cdot 6 \cdot 10^7 \cdot 1,24} = \\ &= 5,32 \cdot 10^{-9} \frac{1}{\text{Нм}}. \end{aligned}$$

Розрахункове вітрове навантаження, яке діє на i -у ділянку апарата при власних коливаннях його у напрямку горизонтальної дії вітру, визначають як суму середньої P_{sti} і пульсаційної P_{dyni} складових вітрового навантаження:

$$P_i = P_{sti} + P_{dyni} \quad (5.9)$$

Середню складову вітрового навантаження на i -ї ділянки апарата розраховують за формулою:

$$P_{sti} = K \cdot q_0 \cdot \theta_i \cdot D_i \cdot h_i, \quad (5.10)$$

де K — аеродинамічний коефіцієнт, рівний 0,7;

q_0 — нормативне значення вітрового тиску, за джерелом [14]

обираємо рівним 380;

D_i — зовнішній діаметр i -ї ділянки апарата, м;

h_i — висота i -ї ділянки апарата;

θ_i — коефіцієнт, який враховує зміну вітрового тиску по висоті апарата.

Оскільки для першої ділянки виконується умова $(x_i + x_{\text{осн}}) > 5$, то розрахунок коефіцієнта θ_i проводимо за формулою:

$$\theta_1 = \left(\frac{x_1 + x_{\text{осн}}}{10} \right)^{0,3} = \left(\frac{11,825 + 0}{10} \right)^{0,3} = 1,06.$$

де $x_{\text{осн}}$ — відстань від поверхні землі до рівня кріплення, вважаємо, що апарат не встановлений на спеціальний постамент чи етажерку, тому приймаємо значення $x_{\text{осн}}$ рівним нулю.

Для другої ділянки виконується умова $(x_i + x_{\text{осн}}) \leq 5$. В такому випадку приймаємо, що $\theta_i = 0,75$.

Підставляємо отримані значення у формулу (5.8) та проводимо розрахунки для двох ділянок:

$$P_{st1} = K \cdot q_0 \cdot \theta_1 \cdot D_1 \cdot h_1 = 0,7 \cdot 380 \cdot 1,06 \cdot 1,82 \cdot 3,65 = 2053 \text{ Н};$$

$$P_{st2} = K \cdot q_0 \cdot \theta_2 \cdot D_2 \cdot h_2 = 0,7 \cdot 380 \cdot 0,75 \cdot 1,82 \cdot 10 = 3631 \text{ Н};$$

Для знаходження другого доданку формули (5.9), розрахуємо складові цієї величини.

Знаходимо коефіцієнт просторової кореляції пульсацій тиску вітру на висоті $H + x_{\text{осн}}$:

$$v = 0,968 - 0,025\sqrt{(H + x_{\text{осн}})} = 0,87.$$

Прийmemo, що вагове навантаження ділянок становить:

$$G_1 = \frac{G}{H} \cdot h_1 = \frac{105457,5}{13,65} \cdot 3,65 = 28199,2 \text{ Н};$$

$$G_2 = \frac{G}{H} \cdot h_2 = \frac{105457,5}{14} \cdot 10 = 75326,7 \text{ Н};$$

Розраховуємо безрозмірний параметр, який залежить від періоду власних коливань апарата T , с, і нормального значення вітрового тиску,

$q_0, \text{Н/м}^2$.

$$\varepsilon = \frac{T\sqrt{q_0}}{840} = \frac{0,66\sqrt{380}}{790} = 0,0163.$$

Визначаємо коефіцієнт динамічності для періоду власних коливань апарата:

$$\xi = 1,1 + \sqrt{15,5 \cdot \varepsilon} = 1,1 + \sqrt{15,5 \cdot 0,0163} = 1,6.$$

Вираховуємо коефіцієнт пульсації тиску вітру для середини i -ї ділянки на висоті $H + x_{\text{осн}}$:

$$m_1 = 0,76 \cdot \left(\frac{x_1 + x_{\text{осн}}}{10} \right)^{0,15} = 0,76 \left(\frac{11,825 + 0}{10} \right)^{0,15} = 0,78;$$

$$m_2 = 0,76 \cdot \left(\frac{x_2 + x_{\text{осн}}}{10} \right)^{0,15} = 0,76 \left(\frac{5 + 0}{10} \right)^{0,15} = 0,68;$$

Знаходимо приведенне відносне прискорення центра ваги i -ї ділянки:

$$\eta_1 = \alpha_i \sum_{i=1}^z \alpha_i m_i P_{ist1} / \sum_{i=2}^z \alpha_i^2 G_i.$$

Для першої ділянки:

$$\eta_1 = \alpha_1 \sum_{i=1}^2 \alpha_i m_i P_{ist1} / \sum_{i=2}^2 \alpha_i^2 G_i =$$

$$= 1,35 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{1,35 \cdot 10^{-8} \cdot 0,78 \cdot 2053 + 5,32 \cdot 10^{-9} \cdot 0,68 \cdot 3631}{(1,35 \cdot 10^{-8})^2 \cdot 28199,2 + (5,32 \cdot 10^{-9})^2 \cdot 75326,7} = 0,064.$$

$$\eta_2 = \alpha_2 \sum_{i=1}^2 \alpha_i m_i P_{ist1} / \sum_{i=2}^2 \alpha_i^2 G_i =$$

$$= 5,32 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{1,35 \cdot 10^{-8} \cdot 0,78 \cdot 2053 + 5,32 \cdot 10^{-9} \cdot 0,68 \cdot 3631}{(1,35 \cdot 10^{-8})^2 \cdot 28199,2 + (5,32 \cdot 10^{-9})^2 \cdot 75326,7} = 0,025.$$

Знаходимо пульсуючу складову вітрового навантаження для кожної з ділянок:

$$P_{dyn1} = v \cdot G_1 \xi \eta_1 = 0,87 \cdot 28199,2 \cdot 1,6 \cdot 0,064 = 2512 \text{ Н};$$

$$P_{dyn2} = v \cdot G_2 \xi \eta_2 = 0,87 \cdot 75326,7 \cdot 1,6 \cdot 0,025 = 2621 \text{ Н};$$

					ЛН91.066212.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Підставляємо отримані значення в формулу (5.8) та розраховуємо шукану величину для кожної з ділянок:

$$P_1 = P_{st1} + P_{dyn1} = 2053 + 2512 = 4565 \text{ Н};$$

$$P_2 = P_{st2} + P_{dyn2} = 3631 + 2621 = 6252 \text{ Н};$$

Розрахунковий вигинаючий момент від дії вітрових навантажень в розрахунковому перетині апарата на висоті x_0 без урахування діючих навантажень на площадку обслуговування розраховуємо по формулі:

$$M_v = \sum_{i=1}^n P_i(x_i - x_0) = P_1(x_1 - x_0) + P_2(x_2 - x_0) =$$

$$= 4565 \cdot (11.825 - 2) + 6252 \cdot (5 - 2) = 63607 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де x_0 — висота розрахункового перетину апарата до середини i -ї ділянки апарата від рівня кріплення апарата, м.

Висновок: в ході розрахунку було визначено розрахункове вітрове навантаження, яке діє на i -у ділянку апарата при власних коливаннях його у напрямку горизонтальної дії вітру, яке для першої для верхньої ділянки становить 4565 Н, а для нижньої — 6252 Н. Знайдений вигинаючий момент від дії вітрових навантажень в розрахунковому перетині апарата на висоті x_0 без урахування діючих навантажень на площадку обслуговування, значення якого становить 63607 Н · м.

5.6 Розрахунок ректифікаційної колони на міцність та стійкість

Мета розрахунку — розрахувати ректифікаційну колону на виконання умови міцності та стійкості при дії на неї осьової сили, внутрішнього тиску та вигинаючого моменту від дії вітрових навантажень.

Розрахункова схема наведена на рисунку 5.11.

Розрахунок проводимо за [14].

Вихідні дані:

Матеріал виготовлення корпусу апарата

сталь 12X18H10T;

					ЛН91.066212.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Товщина стінки корпусу апарата S , м	0,01;
Прибавка до товщини стінки c , м	0,001;
Внутрішній діаметр апарата D , м	1,4;
Висота тарілчастої частини колони H_T , м	8,7;
Вигинаючий момент від дії вітрових навантажень M_v , Н · м	63607;
Маса апарата m , кг	10750;
Розрахункова температура t_R , °C	97;
Розрахунковий тиск P_R , МПа	0,1.

Знаходимо меридіальне напруження на навітрений стороні:

$$\begin{aligned}\sigma_{N1} &= \frac{P_R(D + S)}{4(S - C)} - \frac{F}{\pi D(S - C)} + \frac{4M}{\pi D^2(S - C)} = \\ &= \frac{0,1 \cdot 10^5 \cdot (1,4 + 0,01)}{4 \cdot (0,01 - 0,001)} - \frac{105457,5}{3,14 \cdot 1,4 \cdot (0,01 - 0,001)} + \\ &+ \frac{4 \cdot 63607}{3,14 \cdot 1,4^2 \cdot (0,01 - 0,001)} = 2,319 \cdot 10^6 \text{ Па},\end{aligned}$$

де F — осьова стискаюча сила, значення якої приймаємо рівним G .

Обраховуємо напруження на підвітряній стороні:

$$\begin{aligned}\sigma_{N2} &= \frac{P_R(D + S)}{4(S - C)} - \frac{F}{\pi D(S - C)} - \frac{4M}{\pi D^2(S - C)} = \\ &= \frac{0,1 \cdot 10^5 \cdot (1,4 + 0,01)}{4 \cdot (0,01 - 0,001)} - \frac{105457,5}{3,14 \cdot 1,4 \cdot (0,01 - 0,001)} - \\ &- \frac{4 \cdot 63607}{3,14 \cdot 1,4^2 \cdot (0,01 - 0,001)} = -6,867 \cdot 10^6 \text{ Па},\end{aligned}$$

Кільцеве зусилля:

$$\sigma_t = \frac{P_R(D + S)}{2(S - C)} = \frac{0,1 \cdot 10^5 \cdot (1,4 + 0,01)}{2 \cdot (0,01 - 0,001)} = 0,783333 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Визначаємо еквівалентне напруження на навітрений стороні:

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{екв1}} &= \sqrt{\sigma_{N1}^2 + \sigma_t^2 - \sigma_{N1}\sigma_t} = \\ &= \sqrt{(2,319 \cdot 10^6)^2 + (0,783333 \cdot 10^6)^2 - (2,319 \cdot 10^6) \cdot (0,783333 \cdot 10^6)} = \\ &= 2,04324 \cdot 10^6 \text{ Па}.\end{aligned}$$

Визначаємо еквівалентне напруження на підвітрений стороні:

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{екв2}} &= \sqrt{\sigma_{N2}^2 + \sigma_t^2 - \sigma_{N2}\sigma_t} = \\ &= \sqrt{(-6,867 \cdot 10^6)^2 + (0,783333 \cdot 10^6)^2 - (-6,867 \cdot 10^6) \cdot (0,783333 \cdot 10^6)} \\ &= 7,83367 \cdot 10^8 \text{ Па.}\end{aligned}$$

Перевірка умов міцності.

На навітрений стороні:

$$\begin{aligned}\max\{|\sigma_{N1}|, \sigma_{\text{екв1}}\} &\leq [\sigma] \cdot \varphi \\ [\sigma] \cdot \varphi &= [174,37] \text{ МПа} \cdot 1 = 174,37 \cdot 10^6 \text{ Па}; \\ |\sigma_{N1}| &> \sigma_{\text{екв1}} = 2,319 \cdot 10^6 \text{ Па}; \\ |\sigma_{N1}| &\leq [\sigma] \cdot \varphi; \\ 2,319 \cdot 10^6 \text{ Па} &< [174,37 \cdot 10^6] \text{ Па.}\end{aligned}$$

Умова міцності виконується.

На підвітрений стороні

$$\begin{aligned}\max\{|\sigma_{N2}|, \sigma_{\text{екв2}}\} &\leq [\sigma] \cdot \varphi \\ [\sigma] \cdot \varphi &= [174,37] \text{ МПа} \cdot 1 = 174,37 \cdot 10^6 \text{ Па}; \\ \sigma_{\text{екв2}} &> |\sigma_{N2}| = 7,83367 \cdot 10^8 \text{ Па}; \\ \sigma_{\text{екв2}} &\leq [\sigma] \cdot \varphi; \\ 7,83367 \cdot 10^8 \text{ Па} &< [174,37 \cdot 10^6] \text{ Па.}\end{aligned}$$

Умова міцності виконується.

Розраховуємо осьове стискаюче зусилля з умов місцевої стійкості в границях пружності:

$$\begin{aligned}[F]_{E1} &= \frac{310 \cdot 10^{-6} E}{n_y} D^2 \left[\frac{100(S - c)}{D} \right]^{2,5} \sqrt{\frac{100(S - c)}{D}} = \\ &= \frac{310 \cdot 10^{-6} \cdot 1,94 \cdot 10^{11}}{2,4} \cdot 1,4^2 \left[\frac{100(0,01 - 0,001)}{1,4} \right]^{2,5} \sqrt{\frac{100(0,01 - 0,001)}{1,4}} = \\ &= 1,36851 \cdot 10^7 \text{ Н.}\end{aligned}$$

де $E = 1,94 \cdot 10^{11}$ Па — модуль поздовжньої пружності матеріалу

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН91.066212.001 ПЗ

Арк.

63

колони, n_y — коефіцієнт запасу стійкості в робочих умовах.

Визначаємо гнучкість:

$$\lambda = \frac{2,83 \cdot L_{\text{пр}}}{D + (S - c)} = \frac{2,83 \cdot 14}{1,4 + (0,01 - 0,001)} = 28,1.$$

де $L_{\text{пр}} = H$ — приведена довжина колони.

Розраховуємо осьове стискаюче зусилля з умов загальної стійкості в границях пружності:

$$\begin{aligned} [F]_{E2} &= \frac{\pi \cdot (D + S - c) \cdot (S - c) \cdot E}{n_y} \left(\frac{\pi}{\lambda} \right)^2 = \\ &= \frac{3,14 \cdot (1,4 + 0,01 - 0,001) \cdot (0,01 - 0,001) \cdot 1,94 \cdot 10^{11}}{2,4} \left(\frac{3,14}{28,1} \right)^2 = \\ &= 4,01902 \cdot 10^7 \text{ Н.} \end{aligned}$$

Обираємо осьове стискаюче зусилля з умов загальної стійкості в границях пружності:

$$\begin{aligned} [F]_E &= \min\{[F]_{E1}, [F]_{E2}\} = \min\{1,36851 \cdot 10^7 \text{ Н}; 4,01902 \cdot 10^7 \text{ Н}\} = \\ &= 1,30482 \text{ Н.} \end{aligned}$$

Допустиме осьове стискаюче зусилля з умов міцності:

$$\begin{aligned} [F]_p &= \pi \cdot (D + S - c) \cdot (S - c) [\sigma] = \\ &= 3,14 \cdot (1,4 + 0,01 - 0,001) \cdot (0,01 - 0,001) \cdot 174,37 \cdot 10^6 = \\ &= 6,9431239458 \cdot 10^6 \text{ Н.} \end{aligned}$$

Знаходимо допустиме осьове стискаюче зусилля:

$$[F] = \frac{[F]_p}{\sqrt{1 + \left(\frac{[F]_p}{[F]_E} \right)^2}} = \frac{6,9431239458 \cdot 10^6}{\sqrt{1 + \left(\frac{6,9431239458 \cdot 10^6}{1,36851 \cdot 10^7} \right)^2}} = 6,19181 \cdot 10^6 \text{ Н.}$$

Перевірка:

$$\frac{F}{[F]} = \frac{105457,5}{619181} = 0,17 < [1]$$

Отже, умова стійкості апарата при робочих умовах виконується.

Висновок: умова міцності та стійкості виконується для ректифікаційної колони під дією на неї осьової сили та вітрових навантажень.

6 Рекомендації щодо монтажу та експлуатації апарата

Замовник відправляє обладнання на місце монтажу. Розконсервація обладнання проводиться безпосередньо на виробництві де проводиться експлуатація ректифікаційної колони. Монтаж виконується спеціальним монтажним агентством.

Перед встановленням пристрою необхідно виконати роботу нульового циклу. Вони включають організацію тимчасових під'їзних шляхів до місця установки устаткування, будівництво фундаментів, підведення до робочого місця водопостачання, каналізації, електрики, перекриття розбірними залізобетонними плитами різного призначення, планування цеху, зберігання обладнання, впровадження організаційні заходи щодо охорони праці, техніки безпеки, пожежної безпеки, промислової гігієни.

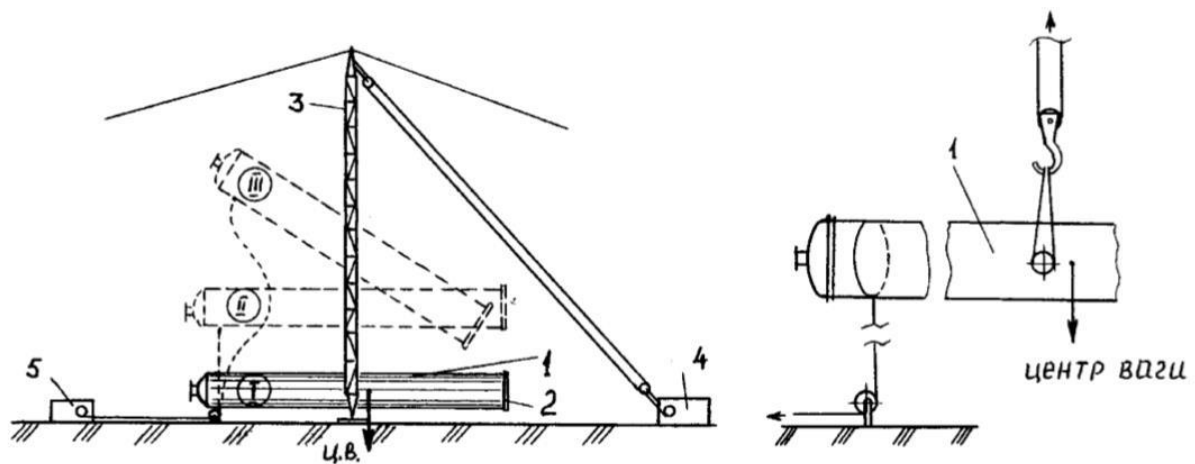
Монтаж ректифікаційної колони здійснюється потоковим способом. Його суть у послідовному встановленні обладнання згідно технічних вимог його впровадження. На колону встановлюється нижня колія крана, а на колону — мостовий кран. Ці крани використовуються для встановлення колон у запроектовані місця.

Замовник приймає ректифікаційну колону на виробничому підприємстві. Тобто основна частина виготовлення, складання та випробування пристрою виконується на фірмі, яка виготовила пристрій масообміну. У цьому випадку для монтажних робіт рекомендується використовувати індустріальний метод, який заснований на тому, що обладнання доставляється до місця монтажу планово, минаючи склад.

Монтаж ректифікаційної колони здійснюється шляхом нахилу обладнання, а потім його повороту вгору. Для цього підвішуємо пристрій вище центру ваги, встановивши аксесуари, а потім піднімаємо. При цьому ми використовуємо гальмівні троси та лебідки, щоб утримувати стійки в похилому або горизонтальному положенні. Коли пристрій буде піднято на потрібну висоту, послабте гальмівну лінію, доки агрегат не займе

					ЛН91.066212.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

вертикальне положення, а потім опустить його на фундамент. Цей спосіб призначений для використання при складанні вже зібраних пристроїв без використання додаткового спецобладнання [16].



1 – апарат; 2 – опорна частина; 3 – нерухома щогла; 4 – вантажна лебідка;
5 – гальмівна лебідка; I-III – послідовність установалення апарата

Рисунок 6.1 — Спосіб монтажу колонного апарата підніманням у горизонтальному положенні з наступним його поворотом навису
Випрямна колона кріпиться на фундаменті анкерними болтами, що відноситься до розрахункової категорії. Сам процес складається з наступних етапів:

- 1) підготовка фундаменту;
- 2) установалення болтів та опорних елементів;
- 3) вирівнювання встановлюваного пристрою.

Вісь анкерних болтів не повинна відхилятися від проекту більш ніж на 5 мм. Перед монтажем прибрати будівельне сміття на фундаменті і зняти опалубку.

Перед встановленням ректифікаційної колони на проектне місце необхідно провести попереднє та остаточне калібрування. Остаточне калібрування передбачає установку колони у визначене проектом положення відносно осі фундаменту та перевірку положення відносно встановленого раніше обладнання.

Діаметр отвору на кронштейні болта в 1,5-2 рази більший діаметр, аніж самі болти. Пізніше шайба поміщається між гайкою та отвором,

приварена до кронштейна. Діаметр отвору під шайбу на 1...2 мм більше діаметра шпильки болта. Затягування болтів виконується за 2-3 цикли для забезпечення рівномірного затягування.

Оскільки пристрій проходить гідравлічні та пневматичні випробування на підприємство-виробник і доставляється замовником на місце експлуатації у збірній формі, то її монтаж проводиться без зварювання додаткових деталей, а після монтажу не потрібно проводити випробування. Також необхідні налагоджувальні роботи, які включають наступні етапи:

- 1) опрацювати конструкторську документацію;
- 2) будівельно-монтажні роботи та підготовка до пуску обладнання;
- 3) період запуску;
- 4) період розвитку спроможності проекту.

Під час експлуатації приладу необхідно контролювати вплив корозії та зношеність технічного стану обладнання. Контроль зносу здійснюється шляхом прямих і непрямих вимірювань. Вимірювання для визначення зносу проводяться за допомогою таких засобів:

- 1) лінійка;
- 2) щупальця;
- 3) штангенінструментами;
- 4) мікрометр;
- 5) індикаторами годинникового типу;
- 6) рамними та брусковими рівнями;
- 7) перевірними плитами;
- 8) перевірними косинцями.

Технічна діагностика для підтримки необхідного рівня надійності для забезпечення вимог безпеки та ефективності обладнання, що використовується. Завдяки цьому можна:

- 1) контролювати технічну ситуацію;
- 2) визначати місце та причину несправностей;
- 3) прогнозувати технічну ситуацію.

7. Рівень стандартизації та уніфікації

Стандартизація – діяльність відповідати вимогам безпеки та покращувати якість продукції та послуг. У техніці та архітектурі уніфікація — це раціональне зменшення типових розмірів (марки, форми і т. д.) механічно виготовлених і архітектурних об'єктів, що служать одному функціональному призначенню.

Уніфікація сприяє розумному зниженню витрат матеріалів і підвищенню одиниці виробничої площі і обладнання. Ступінь однорідності визначається питомою вагою запозичених деталей і стандартних деталей до загальної кількості деталей. Проектом передбачено використання максимальної кількості уніфікованих комплектуючих з метою здешевлення виготовлення та обслуговування обладнання. Загальна кількість деталей $N=4843$, із них стандартних, $N_{\text{ст}}=2621$, уніфікованих $N_y=90$. Звідси коефіцієнт стандартизації:

$$K_{\text{ст}} = \frac{N_{\text{ст}}}{N} = \frac{2621}{4843} = 0,54 = 54\%$$

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_y = \frac{N_{\text{ст}} + N_y}{N} = \frac{2621 + 90}{4843} = 0,56 = 56\%$$

Висновок: під час розрахунку визначено стандартизований коефіцієнт, який дорівнює $K_{\text{ст}} = 54\%$, також коефіцієнт уніфікації $K_y = 56\%$.

8 Техніко-економічне обґрунтування модернізації

8.1 Техніко-економічне обґрунтування доцільності вдосконалення

Продукція хімічного підприємства, яка зараз використовується користується великим попитом, оскільки є сировиною в харчовій, легкій

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

промисловості, машинобудуванні та інших галузях. Тому обладнання хімічних підприємств є дуже важливим. Для отримання метанолу і води з вихідної суміші використовують ректифікаційну колону.

Метою модернізації ректифікаційної колони є підвищення зміцнення процесу масообміну всередині пристрою, покращуючи рух рідини по поверхні тарілки масообміну.

Завданням модернізації було вдосконалення контактного пристрою ректифікаційної колони з метою покращення руху рідкої фази по поверхні масообмінних тарілок. Поверхня тарілки покращує масообмін між рідкою та газовою фазами. Ця проблема вирішується виготовленням сітчастих масообмінних тарілок з лусками у шахматному порядку. Завдяки цьому вдосконаленню можна досягти наступних цілей: збільшити площу контакту фаз; отримати пульсуючий відтік газової фази в газовій фазі для сприяння направленому руху шару рідини на поверхні пластини; барботування рідкої фази покращується парою. Порівняння техніко-економічних показників обладнання наведено в таблиці 8.1.

№	Найменування показників	Одиниця виміру	Устаткування, яке підлягає модернізації	Нове аналогічне устаткування
1	Продуктивність	кг/с	2,1	2,4
2	Висота апарата	м	16	14
3	Діаметр апарата	м	1,8	1,4
4	Маса апарата	кг	13800	10750
5	Термін служби	рік	12	15
6	Клас вибухонебезпечності	—	A	A
7	Ринкова ціна нового аналогічного устаткування	тис. грн.	130	150
8	Балансова (первісна) вартість устаткування	тис. грн.	100	—

8.2 Техніко-економічне обґрунтування модернізації

Під модернізацією діючого обладнання розуміється його

					ЛН91.066212.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

вдосконалення з метою запобігання або усунення фізичного зносу техніко-економічного старіння, підвищення його технічних параметрів до рівня сучасних вимог.

Розрахунки ефективності на проведення модернізації устаткування полягають у визначенні коефіцієнта ефективності витрат, який розраховується за формулою:

$$n_{pi} = 1 - \frac{M_i + S_{ei}}{K_{Hi} + \alpha\beta + S_{\alpha i}},$$

де M_i – сукупні витрати на проведення модернізації устаткування, грн.; (поточних);

S_{ei} – перевищення експлуатаційних витрат модернізованого устаткування порівняно з новим аналогічним устаткуванням, грн;

K_{Hi} – оптова ціна придбання нового аналогічного устаткування, грн.

α – коефіцієнт співвідношення продуктивності модернізованого устаткування та аналогічного нового устаткування;

β – коефіцієнт співвідношення тривалості ремонтного циклу модернізованого устаткування та аналогічного нового устаткування;

$S_{\alpha i}$ – втрати від недоамортизації устаткування, яке підлягає модернізації.

Величина сукупних витрат на модернізацію устаткування може бути розрахована по формулі:

$$M_i = \Phi_{i\text{перв}}^{\text{мод}} \cdot K_i = 100000 \cdot 0,04 = 4000 \text{ грн},$$

де $\Phi_{i\text{перв}}^{\text{мод}}$ – первісна (відновлена) вартість устаткування, яке підлягає модернізації, згідно даних підприємств, де експлуатується аналогічне обладнання, первісна вартість ректифікаційної колони $\Phi_{i\text{перв}}^{\text{мод}} = 100$ тис. грн.;

K_i – коефіцієнт витрат, величина якого залежить від виду і типу устаткування, яке підлягає модернізації, в даному випадку $K_i = 0,04$ для ректифікаційних колон.

Модернізоване устаткування у процесі подальшої експлуатації, як

правило, вимагає більш високих експлуатаційних (поточних) витрат у порівнянні з аналогічним новим устаткуванням.

Експлуатаційні (поточні) витрати при роботі устаткування складаються з таких витрат:

- витрати паливно-мастильних матеріалів;
- витрати на придбання та виготовлення необхідних запасних частин;
- витрат на оплату праці ремонтного персоналу;
- інші поточні експлуатаційні витрати.

З достатнім для розрахунків ступенем точності, який базується на практичних даних підприємств хімічного машинобудування, величина перевищення експлуатаційних (поточних) витрат по модернізованому устаткуванню порівняно з новим аналогічним устаткуванням S_{e_i} може бути розрахована по формулі:

$$S_{e_i} = q_{b_i} \cdot \Phi_{\text{перв}}^{\text{мод}} - q_{b_n} \cdot \Phi_{\text{перв}}^{\text{нов}} = 0,16 \cdot 150000 - 0,14 \cdot 150000 = 3000 \text{ грн},$$

де q_{b_i} – коефіцієнт експлуатаційних (поточних) витрат устаткування, яке підлягає модернізації, в даному випадку $q_{b_i} = 0,16$ – для ректифікаційних колон;

q_{b_n} – коефіцієнт експлуатаційних (поточних) витрат аналогічного нового устаткування, в даному випадку $q_{b_n} = 0,14$ для ректифікаційних колон;

$\Phi_{\text{перв}}^{\text{нов}} = 150000$ грн – первісна вартість нового (аналогічного) устаткування.

Коефіцієнт співвідношення тривалості ремонтного циклу модернізованого устаткування та аналогічного нового:

$$\beta = \frac{T_{\text{мод}}}{T_{\text{нов}}} = \frac{8000}{10000} = 0,80 ,$$

де $T_{\text{мод}}$ – тривалість ремонтного циклу устаткування, яке підлягає модернізації;

$T_{\text{нов}}$ – тривалість ремонтного циклу аналогічного нового устаткування.

					ЛН91.066212.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

Коефіцієнт співвідношення продуктивності вдосконаленого устаткування та аналогічного нового устаткування α розраховується по формулі:

$$\alpha = \frac{\Pi_i}{\Pi_{\text{нов}}} = \frac{2,1}{2,4} = 0,875$$

де $\Pi_i = 2,1$ кг/с – продуктивність або інший один з найбільш важливих показників, який характеризує роботу устаткування, яке підлягає модернізації;

$\Pi_{\text{нов}} = 2,4$ кг/с – продуктивність або інший один з найбільш важливих показників, який характеризує роботу аналогічного нового устаткування.

Коефіцієнт ефективності витрат:

$$n_{pi} = 1 - \frac{M_i + S_{ei}}{K_{Hi} + \alpha\beta + S_{\alpha i}} = 1 - \frac{4000 + 3000}{150000 + 0,875 \cdot 0,8 + 3000} = 0,61$$

де $S_{\alpha i}$ – втрати від не до амортизації устаткування, яке підлягає модернізації;

K_{Hi} – оптова ціна придбання нового аналогічного устаткування, грн.

Величина коефіцієнта n_{pi}	Висновок щодо доцільності модернізації устаткування
$n_{pi} > 0$	Модернізація устаткування з економічної точки зору доцільна
$n_{pi} < 0$	Модернізація устаткування з економічної точки зору недоцільна. Доцільним є придбання нового устаткування.
$n_{pi} = 0$	Рішення про модернізацію устаткування приймається, виходячи з конкретних виробничих обставин.

Висновок: оскільки $n_{pi} > 0$, то модернізація устаткування з економічної точки зору доцільна.

Висновки

В дипломному проекті бакалавра на тему: «Модернізація установки виробництва метилового спирту з розробкою тарілчастої ректифікаційної колони» проведена модернізація тарілчастої ректифікаційної колони для отримання метанолу та води.

В результаті дипломного проекту бакалавра було Обґрунтування призначення та області використання апарата здійснено за допомогою опису технологічного процесу та вибору типів апарата і його місця в технологічній схемі. Надана технічна характеристика апарата. Здійснений опис конструкцій, основних складальних одиниць та деталей ректифікаційної колони. Виконано порівняння основних показників обраних конструкцій з аналогами шляхом проведення патентного пошуку для встановлення патентоспроможності апаратів. Виконані розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій: параметричний, конструктивний, та розрахунки на міцність і дію вітрових навантажень.

Проведено модернізацію ректифікаційної колони, яка заключається в збільшенні інтенсифікації процесу масообміну та збільшенні поверхні контакту фаз на тарілці. Це дозволило підвищити коефіцієнт корисної дії кожної тарілки, покращити якість отриманого продукту та зменшити затрати на його виготовлення.

Conclusions

The bachelor's diploma project on "Modernisation of a methyl alcohol production unit with the development of a plate distillation column" involved the modernisation of a plate distillation column for the production of methanol and water.

As a result of the bachelor's diploma project, the purpose and scope of the apparatus was justified by describing the technological process and selecting the types of apparatus and its place in the technological scheme. The technical characteristics of the device were provided. A description of the structures, main assembly units and parts of the distillation column was made. A comparison of the main indicators of the selected designs with analogues is made by conducting a patent search to establish the patentability of the devices. Calculations were performed to confirm the performance and reliability of the structures: parametric, structural, strength and wind load calculations.

The distillation column was upgraded to increase the intensity of the mass transfer process and increase the contact surface of the phases on the plate. This made it possible to increase the efficiency of each plate, improve the quality of the product and reduce the cost of its manufacture.

Перелік посилань

1. "Справочная книга для проектирования электрического освещения". Под ред. Кнорринга Г.М. Л.: "Энергия", 1976, - 384 с.
2. Выбор конструкционного материала аппарата и опор [Электронный ресурс]. – Назва з екрану. – Дата доступу 05.05.2023. – Режим доступу: <http://www.chemiemaniamania.ru/chemie-6536.html>.
3. Фланцевые соединения [Электронный ресурс]. – Назва з екрану. – Дата доступу 05.05.2023. – Режим доступу: <https://predklapan.ru/blog/flantsevyesoedineniya>
4. Patent № WO 2022/144743 A1 Process providing improved base oil yield, Application No. PCT/IB2021/062290, Filed December 24, 2021.
5. Patent № WO/2022/045960 A1 Method and device for purification of p-dichlorobenzene, Application No. PCT/SG2020/050503, Filed August, 28, 2020.
6. Patent № CN114392577 A Liquid distributor, rectifying tower and rectifying process of vitamin E or intermediate thereof, Application No. CN/2022/10057276, Filed January 18, 2022.
7. Patent № JP 7034163 B2 A method for obtaining pure tert-butyl (meth) acrylate from crude tert-butyl (meth) acrylate by distillation, Application No. JP2022 /533417, Filed March 11, 2022
8. Основи охорони праці/ [Ткачук К.Н., Халімовський М.О., Зацарний В.В. та ін.]; під ред. К.Н. Ткачука і М.О. Халімовського. —[2 – е вид.]. — Київ: Основа, 2006. – 448 с.
9. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи): Учеб. пособие для вузов./ П. Г. Романков, В. Ф. Фролов, О. М. Флисюк, М. И. Курочкина — СПб: Химия, 1993. — 496 с.
10. Плановский А. К, Рамм В. М., Каган С. З. "Процессы и аппараты химической технологии". М.: Химия, 1972, - 848 с.
11. ГОСТ 34233.1-2017 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчёта на прочность. Общие требования».

12. ГОСТ 34233.2-2017 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчёта на прочность. Расчёт цилиндрических и конических обечаек, выпуклых днищ и крышек».

13. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры.
Лещинский

А. А., Толчинский А. Р., Л., «Машиностроение», 1970 г., – 752 с.

14. ГОСТ 4283-2017 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчёта на прочность при ветровых, сейсмических и других внешних нагрузках».

15. <https://studfile.net/preview/6658339/page:13/>.

16. Виготовлення, монтаж та експлуатація обладнання хімічних виробництв [Текст]: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] Мікульонок І. О. – К. : НТУУ «КПІ», 2012. – 419 с.

Додаток А
Документація до патентного дослідження

					ЛН91.066212.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

РЕГЛАМЕНТ ПОШУКУ № ЛН91.066212РП

Найменування теми Ректифікаційна колона

шифр теми ЛН91.066212.001

Етап Проектування апарата та його основних частин

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень

ЛН91.066212.001

17.04.2023

Обґрунтування регламенту пошуку

Предмет пошуку: - Ректифікаційна колона (Об'єктом пошуку є винаходи та корисні моделі) .

Визначення держав пошуку. Встановлюємо такі держави пошуку: Україна, США, Німеччина, Франція, Японія, Канада, Швейцарія, КНР, Фінляндія.

Ретроспективність. Термін дії патенту на винахід в Україні – 20 років, на корисну модель - 6 років, тому регламент пошуку встановлюємо такий: 2022-2023

Класифікаційні індекси. Міжнародна патентна класифікація: МПК, B01D 3/20, B01D3/22, B01D

Уніфікована десяткова класифікація УДК 663.5

Джерела інформації. 1) Патентна інформація: описи до винаходів, офіційні бюлетені Укрпатенту, 2) Науково-технічна інформація: монографії з тепломасообмінних процесів, підручники й навчальні посібники з курсу процесів та апаратів хімічних технологій 3) інтернет ресурси: <http://ep.espacenet.com/>, <http://www.uipv.org>, <http://uapatents.com>, www.freepatent.ru/, <http://www1.fips.ru/>..

Початок пошуку 26.04.2023

Закінчення пошуку 28.04.2023

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН91.066212.001 ПЗ

Арк.

79

РЕГЛАМЕНТ ПОШУКУ № ЛН91.066212РП

Завдання на проведення патентних досліджень ЛН91.066212.001Етап Проектування апарата та його основних частинНомер, дата регламентного пошуку ЛН91.066212.001 17.04.2023Початок пошуку 26.04.2023 Закінчення пошуку 28.04.2023

Таблиця А.1 – Регламент пошуку (форма Б.1 згідно ДСТУ 3575-97)

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Мета пошуку інформації	Держава пошуку	Класифікаційні індекси МПК, УДК	Ретро-спективність пошуку	Джерела інформації
Ректифікаційна клона	Визначення патентно-здатності та патентної чистоти проектового апарата й тенденції розвитку цього напрямку в техніці.	Україна, США, Німеччина, Франція, Японія, Канада, Швейцарія, КНР, Фінляндія.	<u>МПК</u> B01D3/20, B01D3/22 УДК 663.5	2022 – 2023.	Національні і зарубіжні офіційні бюлетені. Описи винаходів і корисних моделей.

Таблиця А.2 – Джерела інформації, використані під час проведення

пошуку

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Держава пошуку	Класифікаційні індекси	Інформаційна база, яка використана під час пошуку	Бібліографічні дані першого та останнього за хронологією джерела інформації	
				патентна інформація	інша науково-технічна інформація
1	2	3	4	5	6
Ректифікаційна колона	Україна, США, Німеччина, Франція, Японія, Канада, Швейцарія, КНР, Фінляндія.	<u>МПК</u> B01D 3/20, B01D 3/22	Фонд НТУУ “КПІ” Державний патентний фонд бази даних об’єктів промислової власності, до яких надається безкоштовний доступ в Інтернеті http://www.patents.google.com/ https://worldwide.espacenet.com http://uapatents.com/	Описи винаходів патентів України №№ 1-60000. Описи корисних моделей патентів України №№ 1-2000. Офіційний бюлетень "Промислова власність" Офіційні бюлетені "Открытия. Изобретения",	Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1971.– 785 с. "Хімічна промисловість України" Процеси та обладнання хімічної технології / Я. М. Корнієнко, І. О. Мікульонюк, та інші. / НТУУ «КПІ», 2011. Ч. 1 – 300 с. ; Ч. 2 – 416 с.

Таблиця А.3 – Винаходи, що відібрані для аналізу

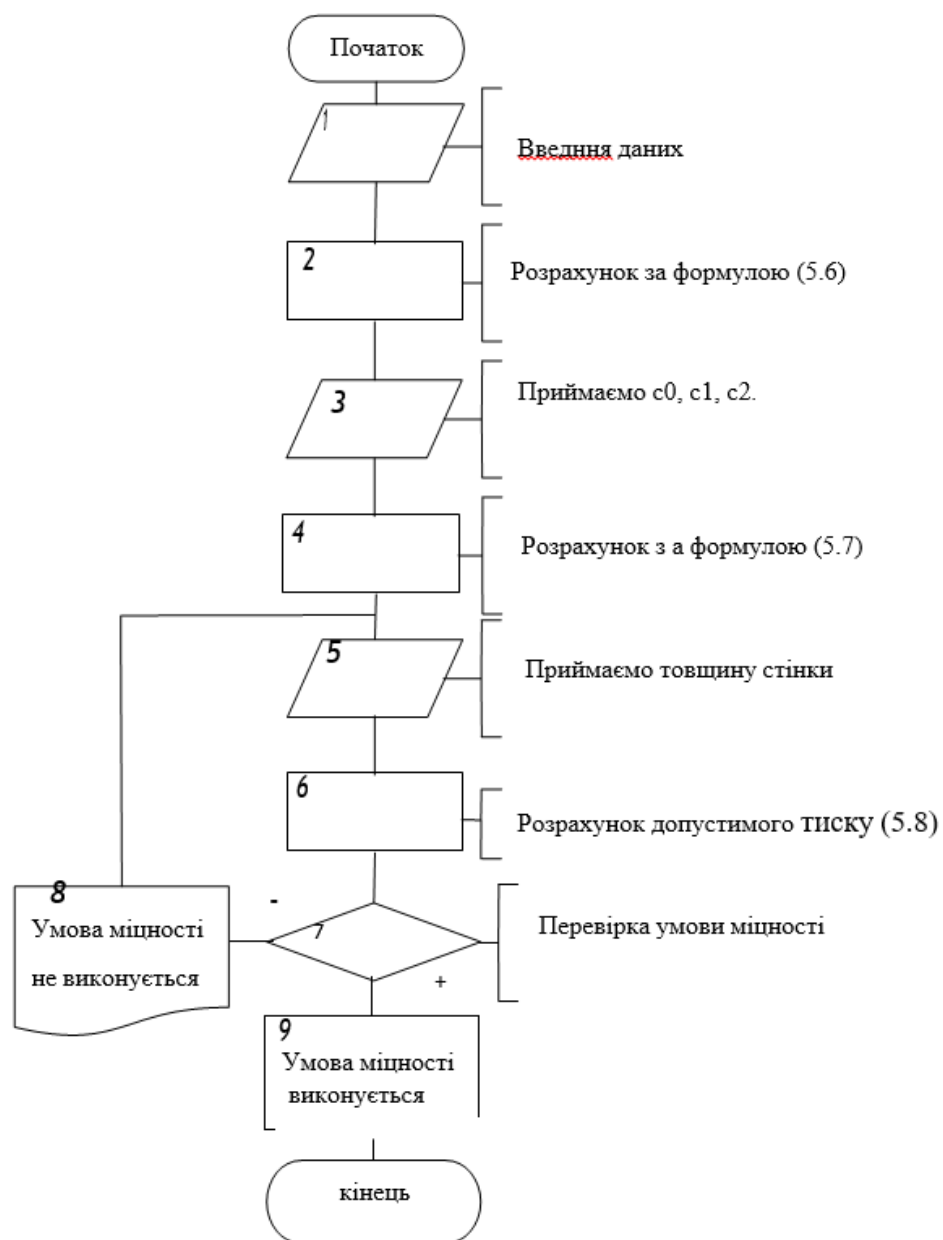
Назва апарата	Документи на об'єкти промислової власності	
	Бібліографічні дані	Відомості щодо їхньої дії
1	2	3
Ректифікаційна колона	Patent №WO202214472A1 (CN), IPC C10G 65/04(2006.01), C10G 45/58(2006.01), Process having improved base oil yield (CN). Filing №2021144743, 30.12.2021; Publication 07.07.2022.	Діє
Ректифікаційна колона	Patent № WO2022045960A1 (CN), IPC C07G 17/383(2006.01), C07G 25/08(2006.01), C07G 17/392(2006.01), Method and device for purification of p-dichlorobenzene (CN). Filing №2022045960, 28.08.2020; Publication 03.03.2022.	Діє
Ректифікаційна колона	Patent № CN114392577A (CN), B01D 3/14(2006.01), B01D 3/32(2006.01). Liquid distributor, rectifying tower and rectifying process of vitamin E or intermediate thereof (CN). Filing №202210057276, 18.01.2022; Publication 26.04.2022.	Діє
Ректифікаційна колона	Patent № JP0734163B2 (CN), C07C 67/54(2006.01), C07C 69/54(2006.01). A method for obtaining pure tert-butyl (meth) acrylate from crude tert-butyl (meth) acrylate by distillation (CN). Filing № 2022533417, 03.03.2022; Publication 11.03.2022.	Діє

Додаток Б

Програмний розрахунок товщини еліптичного днища під дією внутрішнього тиску

					ЛН91.066212.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

На рисунку Б.1 зображено блок-схему до розрахунку циліндричної обичайки



Програма розрахунку товщини стінки циліндричної обичайки

$$D := 1.4 \quad \underline{Pr} := 0.1 \cdot 10^6 \quad \underline{\sigma_{dop}} := 174.37 \cdot 10^6$$

$$\underline{Sr} := \frac{\underline{Pr} \cdot D}{2 \cdot \underline{\sigma_{dop}} \cdot \phi - \underline{Pr}} = 4.01 \times 10^{-10}$$

$$c1 := 0.001 \quad c2 := 0 \quad c3 := 0$$

$$\underline{S_s} := \underline{Sr} + c1 + c2 + c3 = 1 \times 10^{-3}$$

$$\underline{Pdop} := \frac{2 \cdot \underline{\sigma_{dop}} \cdot \phi \cdot (\underline{Sp} - c1)}{D + \underline{Sp} - c1} = 0.249 \times 10^6$$

					ЛН91.066212.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

Ідентифікатори роз'яснені в таблиці Б.1

Таблиця Б.1 – Перелік ідентифікаторів

Найменування величини	Позначення	Ідентифікатор	Розмірність
1	2	3	4
Діаметр апарата	D	D	М
Внутрішній тиск	P_R	P	МПа
Допустиме напруження	$[\sigma]$	σ_{dop}	МПа
Коефіцієнт зварного шва	φ	φ	
Розрахункова товщина стінки	S_R	S_r	м
Сумарна прибавка на компенсацію корозії, допуску	C	C	м
Виконавча товщина стінки	$S_{об}$	S	м
Прийнята товщина стінки	S	S_p	м
Допустимий тиск з умов міцності	$[P]$	P_{dop}	МПа

Результати розрахунку за програмою циліндричної обичайки наведені в таблиці Б.2.

Таблиця Б.2 – Результати розрахунку

Найменування величини	Позначення	Числове значення	Розмірність
Розрахункова товщина стінки	S_R	0,00040	м
Сумарна прибавка на компенсацію корозії, допуску	C	0,00148	м
Виконавча товщина стінки	S	0,002	м
Допустимий тискз умов міцності	[P]	0,24900	МПа

Додаток В

Патенти, які використовувались в патентному дослідженні

					ЛН91.066212.001 ПЗ	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property
Organization

International Bureau

(43) International Publication Date
07 July 2022 (07.07.2022)



(10) International Publication Number
WO 2022/144742 A1

(51) International Patent Classification:

C10G 45/58 (2006.01) C10G 65/04 (2006.01)

(21) International Application Number:

PCT/IB2021/062289

(22) International Filing Date:

24 December 2021 (24.12.2021)

(25) Filing Language:

English

(26) Publication Language:

English

(30) Priority Data:

17/138,038 30 December 2020 (30.12.2020) US

(71) Applicant: **CHEVRON U.S.A. INC.** [US/US]; 6001
Bollinger Canyon Road, San Ramon, California 94583
(US).

(72) Inventors: **PEINADO, Kenny**; 6001 Bollinger Canyon
Road, San Ramon, California 94583 (US). **JIA, Jifei**; 6001
Bollinger Canyon Road, San Ramon, California 94583
(US). **LEI, Guan-Dao**; 6001 Bollinger Canyon Road, San

Ramon, California 94583 (US). **PAREKH, Jay**; 6001
Bollinger Canyon Road, San Ramon, California 94583
(US). **ZHANG, Yihua**; 6001 Bollinger Canyon Road, San
Ramon, California 94583 (US).

(74) Agent: **WARZEL, Mark L.** et al.; P.O. Box 6006, San Ra-
mon, California 94583-0806 (US).

(81) Designated States (unless otherwise indicated, for every
kind of national protection available): AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ,
CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,
SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Designated States (unless otherwise indicated, for every
kind of regional protection available): ARIPO (BW, GH,

(54) Title: PROCESS HAVING IMPROVED BASE OIL YIELD

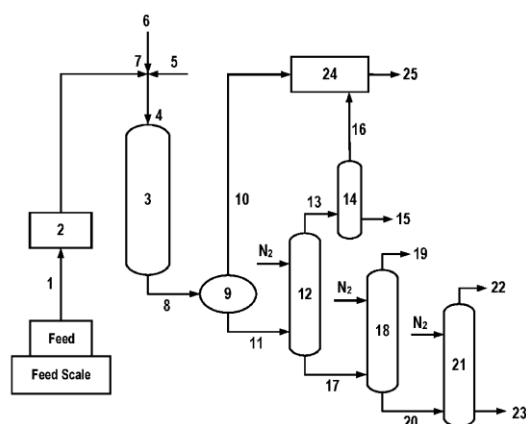


FIG. 1

(57) Abstract: Provided is a process for preparing base oil from a waxy hydrocarbon feedstock by contacting the hydrocarbon feedstock in a hydroisomerization zone under hydroisomerization conditions. The reaction is in the presence of hydrogen and an inert gas, with the total pressure in the hydroisomerization zone being at least 400 psig. A product from the hydroisomerization zone is collected and separated into base oil products and fuel products. The inert gas can comprise any suitable inert gas, but is generally nitrogen, methane or argon. Nitrogen is used in one embodiment.

[Continued on next page]

WO 2022/144742 A1

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН91.066212.001 ПЗ

Арк.

89

GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), European (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Declarations under Rule 4.17:

- *as to applicant's entitlement to apply for and be granted a patent (Rule 4.17(ii))*
- *as to the applicant's entitlement to claim the priority of the earlier application (Rule 4.17(iii))*

Published:

- *with international search report (Art. 21(3))*
- *in black and white; the international application as filed contained color or greyscale and is available for download from PATENTSCOPE*

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property
Organization

International Bureau

(43) International Publication Date
03 March 2022 (03.03.2022)



(10) International Publication Number
WO 2022/045960 A1

(51) International Patent Classification:

C07C 17/383 (2006.01) C07C 25/08 (2006.01)
C07C 17/392 (2006.01)

(21) International Application Number:

PCT/SG2020/050503

(22) International Filing Date:

28 August 2020 (28.08.2020)

(25) Filing Language:

English

(26) Publication Language:

English

(72) Inventor; and

(71) Applicant: SUI, Jianjun [SG/SG]; 1 Coleman Street,
#10-06, The Adelphi, Singapore 179803 (SG).

(81) Designated States (unless otherwise indicated, for every
kind of national protection available): AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ,
CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,
SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Designated States (unless otherwise indicated, for every
kind of regional protection available): ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,
TM), European (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM,
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,
KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published:

— with international search report (Art. 21(3))



WO 2022/045960 A1

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR PURIFICATION OF P-DICHLOROBENZENE

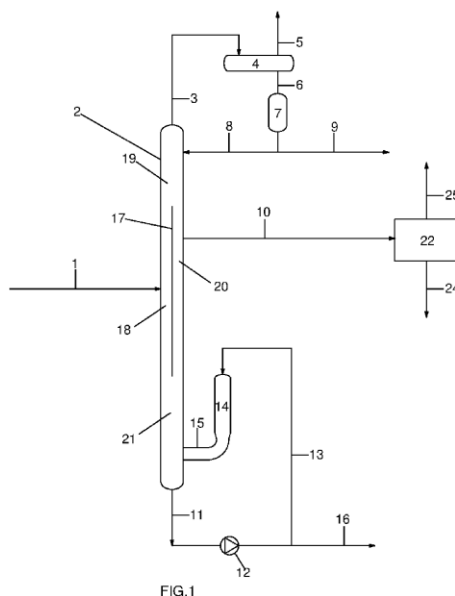


FIG.1

(57) Abstract: The present invention relates to a method for separating p-dichlorobenzene from a mixture composed of at least chlorobenzene and dichlorobenzene isomers by a combination of distillation and crystallization, wherein the distillation is performed in one stage using a divided wall column. The p-dichlorobenzene enriched stream with a purity of over 90% by weight is drawn off as the side-draw product from the divided wall column. Virtually pure p-dichlorobenzene of over 99.98% by weight can be prepared from the p-dichlorobenzene enriched stream by at least one melt crystallization.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН91.066212.001 ПЗ

Арк.

91



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114392577 A

(43) 申请公布日 2022.04.26

(21) 申请号 202210057276.8

(22) 申请日 2022.01.18

(71) 申请人 山东新和成维生素有限公司

地址 262737 山东省潍坊市滨海经济技术
开发区临港西路00887号

申请人 浙江新和成股份有限公司

(72) 发明人 刘宏亮 邱贵生 魏小桥 董晓宁
殷亮龙 刘士温 常儒群

(74) 专利代理机构 苏州创元专利商标事务所有
限公司 32103

代理人 李萍

(51) Int. Cl.

B01D 3/14 (2006.01)

B01D 3/32 (2006.01)

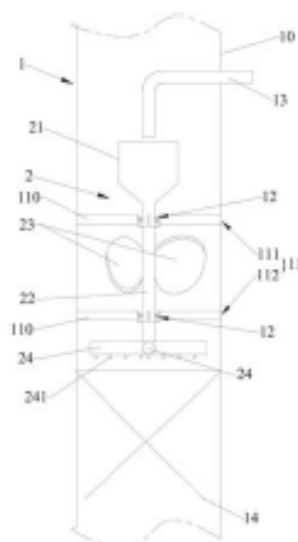
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

一种液体分布器、精馏塔及维生素E或其中
间体的精馏工艺

(57) 摘要

本发明公开了一种液体分布器、精馏塔及维生素E或其中间体的精馏工艺。一种精馏塔，包括塔体及设置于所述塔体内的液体分布器，所述液体分布器包括：转动轴；风叶，其设置于所述转动轴上，能够被所述塔体内的上升气流推动而转动；及布液管，其连接于所述转动轴并位于所述风叶的下方，所述布液管内具有用于供喷淋液流入的内腔，所述布液管上设有多个和所述内腔连通的喷淋口；所述精馏塔还包括支撑组件，所述支撑组件连接于所述塔体，所述转动轴设置于所述支撑组件上并能够绕自身转动轴线转动。本发明利用精馏塔产生的蒸汽为动力驱动液体分布器旋转，能较为均匀的布液，不影响精馏塔的密封效果。



CN 114392577 A

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН91.066212.001 ПЗ

Арк.

92

1. 一种精馏塔, 包括塔体及设置于所述塔体内的液体分布器, 其特征在于, 所述液体分布器包括:

转动轴;

风叶, 其设置于所述转动轴上, 能够被所述塔体内的上升气流推动而转动; 及

布液管, 其连接于所述转动轴并位于所述风叶的下方, 所述布液管内具有用于供喷淋液流入的内腔, 所述布液管上设有多个和所述内腔连通的喷淋口;

所述精馏塔还包括支撑组件, 所述支撑组件连接于所述塔体, 所述转动轴设置于所述支撑组件上并能够绕自身转动轴线转动。

2. 根据权利要求1所述的精馏塔, 其特征在于, 所述风叶倾斜设置。

3. 根据权利要求2所述的精馏塔, 其特征在于, 所述风叶具有上边缘和下边缘, 所述上边缘与所述转动轴的外圆周面具有第一连接点, 所述下边缘与所述转动轴的外圆周面具有第二连接点, 所述第一连接点和所述第二连接点的连线与所述转动轴的转动轴线之间构成夹角, 所述夹角的角度为30~70度。

4. 根据权利要求3所述的精馏塔, 其特征在于, 所述夹角的角度为45度。

5. 根据权利要求3所述的精馏塔, 其特征在于, 所述风叶自其下边缘至上边缘螺旋上升; 和/或, 所述风叶为曲面状。

6. 根据权利要求1至5任一项所述的精馏塔, 其特征在于, 所述风叶的数量为多个且为奇数。

7. 根据权利要求1所述的精馏塔, 其特征在于, 所述液体分布器还包括连接于所述转动轴的上端部的接液斗, 所述转动轴中空设置而具有用于将所述接液斗和所述布液管的所述内腔连通的液流通道, 所述精馏塔还包括液体进料管, 所述接液斗设置于所述液体进料管的出口的下方。

8. 根据权利要求1所述的精馏塔, 其特征在于, 所述布液管的数量为多个且水平设置; 和/或, 所述喷淋口开设于所述布液管的管壁上并沿所述布液管的长度方向间隔分布; 和/或, 所述布液管上设有多个喷嘴, 所述喷淋口设于所述喷嘴, 多个所述喷嘴沿所述布液管的长度方向间隔分布。

9. 根据权利要求1所述的精馏塔, 其特征在于, 所述转动轴通过轴承可转动地连接于所述支撑组件; 和/或, 所述支撑组件包括上支撑件和下支撑件, 所述转动轴穿过所述上支撑件和所述下支撑件并通过轴承连接, 所述风叶位于所述上支撑件和所述下支撑件之间, 所述布液管位于所述下支撑件的下方。

10. 一种精馏塔的液体分布器, 其特征在于, 所述液体分布器如权利要求1至9中任一项所述。

11. 一种维生素E或其中间体的精馏工艺, 其特征在于, 采用如权利要求1至9任一项所述的精馏塔进行精馏。

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7034163号
(P7034163)

(45)発行日 令和4年3月11日(2022.3.11)

(24)登録日 令和4年3月3日(2022.3.3)

(51)国際特許分類

F I

C 0 7 C 67/54 (2006.01)

C 0 7 C 67/54

C 0 7 C 69/54 (2006.01)

C 0 7 C 69/54

Z

請求項の数 22 (全16頁)

(21)出願番号	特願2019-533427(P2019-533427)	(73)特許権者	508020155
(86)(22)出願日	平成29年12月11日(2017.12.11)		ビーエーエスエフ ソシエタス・ヨーロ ピア
(65)公表番号	特表2020-503309(P2020-503309 A)		B A S F S E
(43)公表日	令和2年1月30日(2020.1.30)		ドイツ連邦共和国 6 7 0 5 6 ルードウ イッヒスハーフェン カール-ボッシュ -ストラッセ 3 8
(86)国際出願番号	PCT/EP2017/082193	(74)代理人	100114890
(87)国際公開番号	WO2018/114425		弁理士 アインゼル・フェリックス＝ラ インハルト
(87)国際公開日	平成30年6月28日(2018.6.28)	(74)代理人	100098501
審査請求日	令和2年12月11日(2020.12.11)		弁理士 森田 拓
(31)優先権主張番号	16205961.2	(74)代理人	100116403
(32)優先日	平成28年12月21日(2016.12.21)		弁理士 前川 純一
(33)優先権主張国・地域又は機関	欧州特許庁(EPO)	(74)代理人	100135633
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 蒸留により粗製tert-ブチル(メタ)アクリレートから純粋なtert-ブチル(メ
タ)アクリレートを取得する方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

蒸留により粗製tert-ブチル(メタ)アクリレートから純粋なtert-ブチル(メ
タ)アクリレートを取得する方法において、前記方法は、分離作用のある内部構造物およ
び蒸発器(7)を有する隔壁塔(1)内で実施し、前記隔壁塔(1)内には、隔壁(8)
が塔の長手方向に沿って配置されて上部の塔共有領域(9)、下部の塔共有領域(14)
、側部供給口(2)を有する供給部(10、12)および側部取出し口(3)を有する取
出し部(11、13)を形成し、前記塔は20～80の範囲の理論段数を有し、ここで、
前記隔壁塔(1)の理論段数は、前記上部の塔共有領域(9)、前記下部の塔共有領域(14)
および前記供給部(10、12)における理論段の合計を基準とし、前記粗製tert-
ブチル(メタ)アクリレートの前記側部供給口(2)は、最も下の理論段よりも少
なくとも2段上の理論段から始まって最も上の理論段よりも少なくとも2段下の理論段で
終わる領域の理論段に配置されており、前記純粋なtert-ブチル(メタ)アクリレ
ートの前記側部取出し口(3)は、最も下の理論段よりも少なくとも2段上の理論段から始
まって最も上の理論段よりも少なくとも2段下の理論段で終わる領域の理論段に配置され
ており、そして前記塔内の前記隔壁(8)は、最も下の理論段よりも少なくとも1段上の
理論段から始まって最も上の理論段よりも少なくとも1段下の理論段で終わる領域内に配
置されており、ここで、前記隔壁(8)の上端部における前記塔の濃縮部(10)および
回収部(11)に向かう液体の量比を1:0、2～1:5の範囲に設定し、かつ前記隔壁
(8)の下端部における前記塔の前記回収部(12)および前記濃縮部(13)に向かう

蒸気流の量比を1:0.5~1:2.0の範囲に設定し、

分離作用のある内部構造物として、デュアルフロートレイが設けられ、前記デュアルフロートレイは、供給側と取出し側とで異なる開口比を、前記隔壁(8)の両側で最適なガス分配を設定するために有することを特徴とする、方法。

【請求項2】

前記粗製tert-ブチル(メタ)アクリレートの前記側部供給口(2)は、最も下の理論段よりも少なくとも5段上の理論段から始まって最も上の理論段よりも少なくとも5段下の理論段で終わる領域の理論段に配置されており、前記純粋なtert-ブチル(メタ)アクリレートの前記側部取出し口(3)は、最も下の理論段よりも少なくとも5段上の理論段から始まって最も上の理論段よりも少なくとも5段下の理論段で終わる領域の理論段に配置されており、そして前記塔内の前記隔壁(8)は、最も下の理論段よりも少なくとも4段上の理論段から始まって最も上の理論段よりも少なくとも4段下の理論段で終わる領域内に配置されていることを特徴とする、請求項1記載の方法。

【請求項3】

前記塔(1)は、30~40の範囲の理論段数を有し、前記粗製tert-ブチル(メタ)アクリレートの前記側部供給口(2)は、最も下の理論段よりも少なくとも12段上の理論段から始まって最も上の理論段よりも少なくとも6段下の理論段で終わる領域の理論段に配置されており、前記純粋なtert-ブチル(メタ)アクリレートの前記側部取出し口(3)は、最も下の理論段よりも少なくとも10段上の理論段から始まって最も上の理論段よりも少なくとも10段下の理論段で終わる領域の理論段に配置されており、そして前記塔内の前記隔壁(8)は、最も下の理論段よりも少なくとも5段上の理論段から始まって最も上の理論段よりも少なくとも5段下の理論段で終わる領域内に配置されていることを特徴とする、請求項1記載の方法。

【請求項4】

対向する前記側部取出し口(3)は、前記側部供給口(2)よりも少なくとも1段下の理論段に位置しており、ここで、前記取出し部(11、13)と前記供給部(10、12)とにおける理論段数が異なる場合、供給口と取出し口との相対的な高さ位置の確定にあたって理論段数を数えるために、前記隔壁(8)の領域内でより多くの理論段総数を有する側部を用いることを特徴とする、請求項1から3までのいずれか1項記載の方法。

【請求項5】

前記蒸発器(7)および関連するパイプライン系内の滞留時間を1~60分に制限することを特徴とする、請求項1から4までのいずれか1項記載の方法。

【請求項6】

前記隔壁(8)の上端部における前記塔の前記濃縮部(10)および前記回収部(11)に向かう液体の量比を1:0.5~1:2.0の範囲に設定することを特徴とする、請求項1から5までのいずれか1項記載の方法。

【請求項7】

前記隔壁(8)の下端部における前記塔の前記回収部(12)および前記濃縮部(13)に向かう蒸気流の量比を1:0.9~1:1.5の範囲に設定することを特徴とする、請求項1から6までのいずれか1項記載の方法。

【請求項8】

塔頂部の圧力が20mbar~5barの範囲にあることを特徴とする、請求項1から7までのいずれか1項記載の方法。

【請求項9】

前記上部の塔共有領域(9)内に、最も上の理論段よりも下の温度信号による、操作変数として留出物流、還流比または還流量を利用する温度調節器が設けられていることを特徴とする、請求項1から8までのいずれか1項記載の方法。

【請求項10】

前記下部の塔共有領域(14)内に、最も下の理論段よりも上の温度信号による、操作変数として底部で取り出された量を利用する温度調節器が設けられていることを特徴とする

Додаток Г
Публікації автора

					<i>ЛН91.066212.001 ПЗ</i>	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Dovhopol A.V. Modern directions of improvement of contact plates of column apparatus / Dovhopol A.V., Andreiev I. A./ Збірник тез доповідей XXXI всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництві підприємств будівельних матеріалів" 5-7 грудня 2022 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2022. – с. 82-85

2. Dovhopol A.V. Improvement of the contact plate of the mass transfer / Dovhopol A.V., Andreiev I. A./ Збірник тез доповідей XXXII всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництві підприємств будівельних матеріалів" 3 травня 2023 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2023. – с. 23-26

УДК 66.048.3.069.82(048.83)

**MODERN DIRECTIONS OF IMPROVEMENT
OF CONTACT PLATES OF COLUMN APPARATUS**

Anastasiia Dovhopol, Igor Andreiev

**National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

Annotation: The main modern directions of improvement of tray mass-exchange column apparatuses are given, which allow to increase the efficiency of the process, the coefficient of efficiency and reliability of contact plates, to provide with improve the conditions of mass transfer between phases.

Key words: mass-transfer apparatus, contact plate, bubbling.

**СУЧАСНІ НАПРЯМКИ УДОСКОНАЛЕННЯ ТАРІЛЧАСТИХ
КОЛОННИХ АПАРАТІВ**

студентка Анастасія Довгопол, к.т.н., доц. Ігор Андреев

**Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"**

Анотація. Наведені основні сучасні напрямки удосконалення тарілчастих масообмінних колонних апаратів, які дозволяють збільшити ефективність процесу, коефіцієнт корисної дії і надійність контактних тарілок, забезпечити поліпшення умов масообміну між фазами.

Ключові слова: масообмінний апарат, контактна тарілка, барботаж.

Most distillation and absorption columns, according to the method of organizing phase contact, belong to tray column apparatus. In this case, various designs of poppet contact devices are used, both with drain (overflow) devices and without them, which are adapted to specific media and loads.

Despite the large number of existing designs of plates of mass transfer devices, their improvement continues all the time. A significant contribution on this path was also made by specialists of KPI named after Igor Sikorskyi, the results of which research are given below.

Improvement of bubble cap

Bubble cap are currently widely widespread and provide high performance in a wide range of loads in heavy and light phases. To simplify the adjustment of the distance of each bubble cap from the plate web, the thrust element can be made in the form of a cylindrical compression spring, and then for the necessary location of the cap, it is enough just to screw the nut onto the rod or turn it off (pat. of Ukraine № 147974, B01D 3/20).

To exclude the use of lubricant for the rotation of the bubble caps, each cap and the corresponding rod are equipped with permanent magnets, which are made in the form of bodies of revolution and form a magnetic bearing. This design simplifies the operation of the mass transfer apparatus due to the absence of lubricant entering the processed phases (pat. of Ukraine № 146614, B01D 3/20, H01F 7/00).

To increase the strength and rigidity of the horizontal web of the plate, each of the gas nozzles is proposed to be made in the form of a truncated cone, the diameter of the larger base of which is equal to the diameter of the corresponding cylindrical ring protrusion (pat. of Ukraine № 146174, B01D 3/20).

УДК 66.048.3.069.82(048.83)

IMPROVEMENT OF THE CONTACT PLATE OF THE MASS TRANSFER APPARATUS

Anastasiia Dovhopol, Igor Andreiev

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Annotation. The design of the plate of the mass transfer apparatus with the arrangement of holes with bent scales in a checkerboard pattern on the entire contact area of the web is proposed, which further intensifies the process of mass transfer between phases. To create a pulsation movement of the light phase at the outlet from under the flakes into the heavy phase layer, the flakes can be made wavy or with transverse corrugations.

The proposed design significantly improves the conditions of mass transfer on the plate of the mass transfer apparatus in a wide range of plate loads for the processed phases.

Key words: MASS-TRANSFER APPARATUS, CONTACT PLATE, BUBBLING.

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНТАКТНОЇ ТАРІЛКИ МАСООБМІННОГО АППАРАТА

студентка Анастасія Довгопол, к.т.н., доц. Ігор Андреев

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

Анотація. Запропоновано конструкцію тарілки масообмінного апарата з розташуванням отворів з відігнутими лусочками у шаховому

23

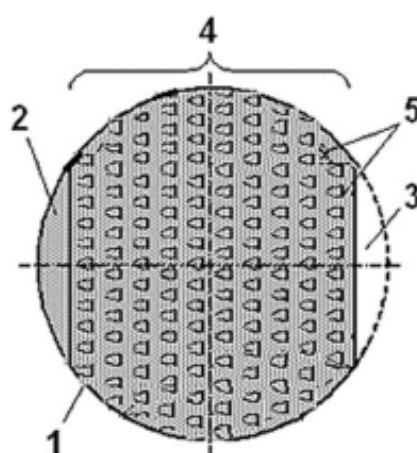
порядку на всій контактній ділянці полотна, що додатково інтенсифікує процес масообміну між фазами. Для створення пульсаційного руху легкої фази на виході з-під лусочок у шар важкої фази лусочки можуть бути виконані хвиленісними або з поперечними гофрами.

Пропонована конструкція істотно поліпшує умови масопередачі на тарілці масообмінного апарата в широкому діапазоні навантажень тарілки по оброблюваних фазах.

Ключові слова: МАСООБМІННИЙ АПАРАТ, КОНТАКТНА ТАРИЛКА, БАРБОТАЖ.

In the mesh plates of mass transfer devices, due to the large number of small holes, steam (gas) enters the liquid in the form of many bubbles, which ensures good interaction with the liquid. In addition, during periodic rectification, the liquid on the mesh plates does not remain on the plates after the operation, but completely flows down through the holes.

The main direction of improving the contact plates of mass transfer apparatus nowadays is to increase the efficiency of technological processes [1]. The authors propose an improvement of the contact plate [2] with round holes and scales bent upward above them and directed towards the drainage area, which consists in arranging holes with scales in a staggered pattern on the entire contact area of the web. This increases the number of holes with scales, which leads to intensification of mass transfer between the phases (see Fig.).



1 – round horizontal web, 2 – receiving area, 3 – drainage area,
4 – contact area, 5 – flake

Figure 1 - Contact plate of the mass transfer apparatus (a) and a separate scale (b)

The proposed contact plate of a mass transfer apparatus contains a circular horizontal web 1 with a receiving section 2 in the form of a continuous segment, a drain section 3 formed by a removed segment of the circular horizontal web 1, and a contact section 4 located between the said sections 2 and 3 with scales 5 bent upward and directed towards the drain section 3. The flakes 5 can be made with transverse corrugations or wavy to create a pulsation movement of the light phase at the outlet from under the flakes into the heavy phase layer moving along the round horizontal plate, which further intensifies the process of mass transfer between the phases.

During the operation of the mass transfer apparatus, the heavy phase from the upstream contact plate enters the receiving section 2 of the round horizontal web 1 of this contact plate. Then the heavy phase begins to move along the contact area 4 in the direction of the drain area 3, from which it flows to the downstream contact plate. At the same time, the light phase from under the scales 5 enters the