

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(назва факультету)

Кафедра обладнання харчових технологій

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

на тему:

**Удосконалення конструкції тарілчастої колони
ректифікаційної установки періодичної дії**

Виконав: здобувач VI курсу, групи МОм-61,
спеціальності: 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

Пастушенчин В. О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Кравець О.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Ворошук В.Я.

Завідувач кафедри Вітенько Т.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Кухтин М.Д.
(підпис) (прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2024

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра обладнання харчових
технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ОХ

(підпис) Вітенько Т.М.
(прізвище, ініціали)

“ ____ ” _____ 2024р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва спеціальності)

здобувачу Пастушенчину Віктору Олеговичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення конструкції тарілчастої колони ректифікаційної установки періодичної дії

керівник роботи Кравець Олег Ігорович к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від “ ____ ” _____ 2024 року № _____

2. Строк подання студентом проекту : “ ____ ” грудня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: Технічний паспорт установки

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити).

Анотація. Вступ 1. Аналіз об'єкту дослідження. 1.1. Загальні відомості. 1.2. Закони перегонки

1.3. Обладнання для проведення процесів перегонки. 1.4. Огляд існуючого обладнання. 1.5. Огляд

процесу тепло-масообміну на тарілках ректифікаційної колони

1.6. Типи ректифікаційних установок. 2. Методи дослідження. 2.1. Визначення необхідної

кількості тарілок колони та її параметрів 2.2. Методика моделювання роботи ректифікаційної

колони. 3. Модернізація ректифікаційної колони тарілчастого типу 3.1. Патентний пошук.

3.2. Суть пропонованої модернізації колони. 3.3. Моделювання роботи тарілчастої колони

3.4. Висновки до розділу. 4. Розрахунок ректифікаційної колони. 4.1. Матеріальний розрахунок

колони. 4.2. Висновки до розділу. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Загальні

висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень).

1. Апаратурна схема лінії ректифікації коньяку. 1 Л. Ф-А1. 2. Ректифікаційна установка. Загальний

вид. 1 л. Ф-А1. 3. Дефлегматор. Складальне креслення. 1 Л. Ф-А1. 4. Колонна тарілчаста.

Складальне креслення. 1 Л. Ф-А1. 5. Моделювання процесу масообміну на таріках колони. схема.

2 Л. Ф-А1. 6. Ковпачкова тарілка. Складальне креслення 1 Л. Ф-А1. 7. Заходи з модернізації. 1 Л.

Ф-А1. Схема

3.1. Постановка задачі 6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кравець О.І. – к.т.н., доцент Стручок В.С. ст. викладач		
Нормоконтроль	Ворошук В.Я. – к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання _____ 2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітки
1.	Вступ	до 01.10.2024р.	
2.	1. Аналіз об'єкту дослідження	до 15.10.2024р.	
3.	2. Методи та методика дослідження	до 30.10.2024р.	
4.	3. Модернізація ректифікаційної колони тарілчастого типу	до 10.11.2024р.	
5.	4. Розрахунок ректифікаційної колони	до 15.11.2024р.	
6.	5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	до 10.11.2024р.	
10.	Висновки	до 25.11.2024р.	
	Графічний матеріал		
11.	1. Апаратурна схема лінії ректифікації коньяку. 1 Л. Ф-А1.	до 30.11.2024р.	
12.	2. Ректифікаційна установка. Загальний вигляд. 1 л. Ф-А1.	до 1.12.2024р.	
13.	3. Дефлегматор. Складальне креслення. 1 Л. Ф-А1.	до 5.12.2024р.	
14.	4. Колонна тарілчаста. Складальне креслення. 1 Л. Ф-А1.	до 10.12.2024р.	
15.	5. Моделювання процесу масообміну на таріках колони. схема. 2 Л. Ф-А1.	до 10.12.2024р.	
16.	6. Ковпачкова тарілка. Складальне креслення 1 Л. Ф-А1.	до 15.12.2024р.	
17.	7. Заходи з модернізації. 1 Л. Ф-А1. Схема	до 15.12.2024р.	

Студент

_____ (підпис)

Пастушенчин В.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Кравець О.І.

(прізвище та ініціали)

Анотація

Пастушенчин Віктор Олегович. Удосконалення конструкції тарілчастої колони ректифікаційної установки періодичної дії.

Кваліфікаційна робота присвячена вдосконаленню конструкції ректифікаційної колони та підвищенню ефективності її роботи.

Запропоновано модернізацію ректифікаційної колони, яка полягає у встановленні над ковпачками спеціальних перфорованих пластин, завданням яких є перешкоджання винесення парою крапель флегми на верхні тарілки. Визначено необхідну кількість тарілок що для ефективної роботи ректифікаційної колони. Розраховано основні параметри роботи колони.

Ключові слова: флегма, пара, ректифікація, дистилят, ковпачкова тарілка.

Abstract

Pastushenchyn V.O. Modernization of a periodically operating plate distillation column.

The work is focused on improving the design of the rectification column and increasing the efficiency of its operation.

A modernization of the rectification column is proposed, which consists in installing special perforated plates above the caps, the task of which is to prevent the removal of drops of phlegm by steam to the upper plates. The required number of plates for the effective operation of the rectification column is determined. The main parameters of the column operation are calculated.

Key words: phlegm, steam, rectification, distillate.

Зміст

Вступ.....	8
1. Аналіз об'єкту дослідження	9
1.1. Загальні відомості	9
1.2. Закони перегонки	9
1.3. Обладнання для проведення процесів перегонки.....	10
1.4. Огляд існуючого обладнання	14
1.5. Огляд процесу тепло-масообміну на тарілках ректифікаційної колони.....	22
1.6. Типи ректифікаційних установок.....	24
2. Методи дослідження	28
2.1. Визначення необхідної кількості тарілок колони та її параметрів.....	28
2.2. Методика моделювання роботи ректифікаційної колони.....	34
3. Модернізація ректифікаційної колони тарілчастого типу	39
3.1. Патентний пошук	39
3.2. Суть пропонованої модернізація колони	45
3.3. Моделювання роботи тарілчастої колони.....	46
3.4. Висновки до розділу.....	48
4. Розрахунок ректифікаційної колони	49
4.1. Матеріальний розрахунок колони	49
4.2. Висновки до розділу.....	59
5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	60
5.1. Охорона праці.....	60
5.1.1.Вимоги пожежної безпеки до будівель, споруду приміщення.гляд заходів поліпшення стану виробничого середовища.....	60

5.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях	64
5.2.1. Організація та проведення дослідження стійкості роботи підприємств харчової та переробної промисловості в умовах надзвичайних ситуацій	64
5.2.2. Радіоактивне забруднення місцевості та його вплив на виробничу діяльність підприємств харчової та переробної промисловості.....	68
Висновки.....	71
Перелік посилань	72
Додатки.....	76
Специфікації.....	80

Вступ

Актуальність теми

Ректифікаційні колони використовуються для розділення сумішей, що складаються із компонентів, що характеризуються різною леткістю. Недоліком роботи ректифікаційних колон тарілчастого типу є можливість захоплення парою, при виході із шару флегми, краплин рідини та їх винесення на верхні тарілки колони.

Мета і завдання досліджень.

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності роботи ректифікаційної колони шляхом удосконалення конструкції тарілчастої колони ректифікаційної установки.

Завдання:

- виконати огляд конструкцій ректифікаційних колон;
- виконати аналіз останні розробок в напрямку модернізації тарілчастий колон;
- запропонувати заходи із удосконалення конструкції тарілчастої колони;
- провести розрахунок модернізованої установки.

Об'єкт дослідження – процес ректифікації

Предмет дослідження – концентрація фаз а процесі ректифікації

Наукова новизна отриманих результатів:

Запропоновано вдосконалену конструкцію ковпачкової тарілки

Практичне значення отриманих результатів.

Запропонована конструкція ковпачкової тарілки унеможливило винесення парою краплин рідини із шару флегми

Апробація результатів досліджень. Результати досліджень апробувалися на XIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів “ Актуальні задачі сучасних технологій” 11-12 грудня 2024 року.

1. Аналіз об'єкту дослідження

1.1. Загальні відомості

Ректифікація та перегонка — це процеси, що використовуються для розділення сумішей (рідких) на основі різниці в їх летючості. Для їх виконання застосовується спеціальне обладнання, яке забезпечує ефективність і точність поділу. Ось основні види такого обладнання:

Ректифікаційні колони. Основне обладнання для складного розділення рідинних сумішей приведено нижче.

Тарілчасті — працюють на основі контактів пари з рідиною через ковпачкові, ситчасті або клапанні тарілки.

- Плівкові — використовують плівки (регулярні або нерегулярні) для збільшення площі контакту фаз.

Апарат для дистиляції.

1.2. Закони перегонки

Підгрунтями перегонки сумішей є закони, виведені вченими Коноваловим Д.П. та Вревським М.С..

Зокрема в першому законі Коновалова йде мова про те, що пара, що є в рівновазі з розчином, завжди має у надлишку компонент, додавання котрого до суміші знижує температуру кипіння.

Тобто, при додаванні до суміші більш леткого компонент при незмінній температурі, цей компонент буде у парі в надлишку. Тому в процесі кипіння пара буде збагачуватись парами легколеткого компоненту.

Другий закон Коновалова Д.П.: в екстремумах тисків пари сумішей склади рідини і пари співпадають.

Тобто, якщо на графіку на кривій концентрація-тиск є екстремум, то в цій точці будуть однаковими склади рідини та пари

Перший закон Вревського М.С. При зміні температури кипіння в сторону збільшення, для розчину двох рідин, у паровій фазі зростатиме концентрація того компонента, перехід якого у газоподібний стан потребує більшої затрати теплоти.

Тобто для ефективного розділення суміші шляхом простої перегонки, температура рідини повинна бути максимально наближеною до температури кипіння легколеткого компонента. При збільшенні ж температури суміші в парі буде зростати концентрація важко леткого компонента, що є небажаним і негативно впливає на якість розділення.

1.3. Обладнання для проведення процесів перегонки

Найпростіший ректифікаційний апарат складається з ректифікаційного куба (рис. 1.1) і холодильника 2. Вихідну суміш подають у ректифікаційний куб 1, який обладнаний нагрівальним змійовиком, і доводять до кипіння. Пори виводяться в конденсатор-холодильник 2, де повністю конденсуються і виходять у вигляді дистиляту. Перша частина дистиляту містить більше летючих компонентів, ніж остання частина [14]. Після завершення процесу перегонки суміш, що залишилася, вивантажується з перегінного куба, і суміш повертається в перегінний куб для розділення.

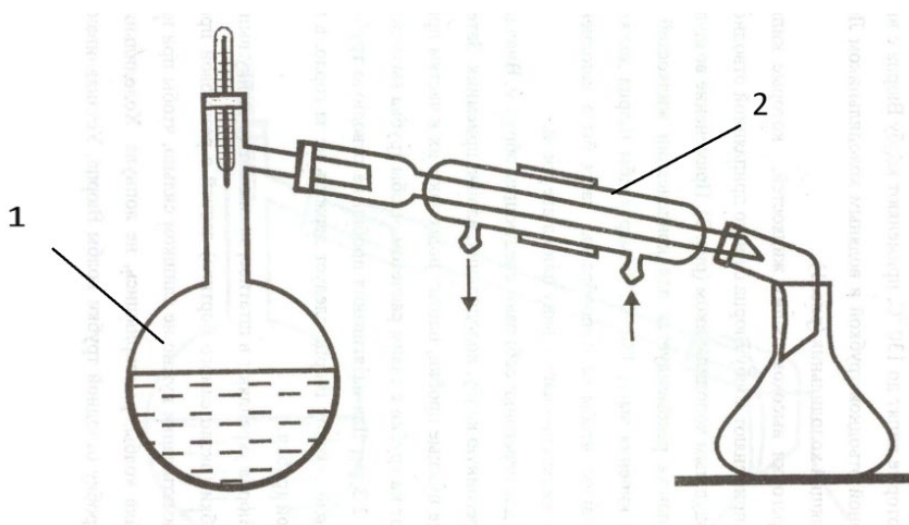


Рисунок 1.1. Схема простої перегонки

1-перегінний куб; 2 -холодильник

Перегонка із дефлегмацією — це метод перегонки, при якому частина парів, що піднімаються, конденсується і повертається назад у перегінний апарат. Такий процес дозволяє поліпшити розділення компонентів суміші завдяки багаторазовому контакту пари та рідини.

Суть процесу: пара, що утворюється під час кипіння суміші, піднімається по колоні або трубці.

На шляху пара охолоджуються у спеціальному пристрої — дефлегматорі (конденсаторі часткового охолодження). Внаслідок цього більш важколеткі компоненти конденсуються і повертаються у вигляді рідини назад до куба, збагачуючи його. У той час легколеткі компоненти продовжують підніматися далі й потрапляють у холодильник, там вони конденсуються повністю та утворюють дистилят.

Переваги перегонки із дефлегмацією:

- Забезпечення більш чистого поділу компонентів у порівнянні із простою перегонкою.
- зменшення частки важколетких домішок у дистиляті.

Даний вид перегонки використовується при виробництві спиртів, у нафтопереробці для поділу вуглеводнів та у хімічній промисловості для поділу складних сумішей.

Метод перегонки з дефлегмацією стоїть в основі багатьох сучасних процесів ректифікації.

На рисунку 1.2. показано варіант процесу простої перегонки із дефлегмацією.

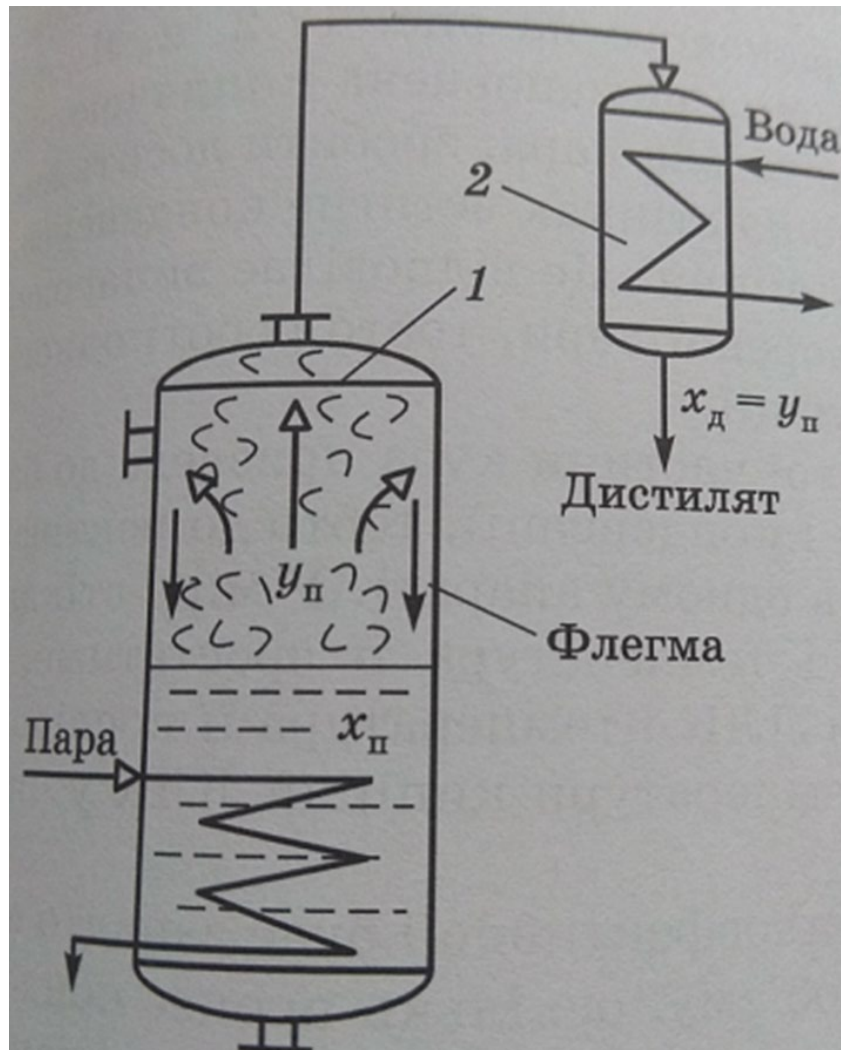


Рисунок 1.2. Схема апарату для простої перегонки
із дефлегмацією на стінках перегінного куба
1- перегінний куб; 2 - холодильник

В даному випадку роль дифлегматора відіграє верхня частина перегінного куба: при відсутності теплоізоляції верхньої частини куба, на стінках останнього буде конденсовуватися частина пари, і конденсат буде стікати по внутрішніх стінках перегінного куба та потраплятиме у вихідну суміш. Цей конденсат називається флегмою.

При конденсації флегми молекули більш важколеткого компонента будуть конденсуватися у більшій кількості ніж легколеткого компонента. За рахунок цього частина пари, що залишається, буде збагачуватися більш легколетким компонентом.

Це призводить до підвищення концентрації дистиляту (кінцевого продукту).

Температура кипіння більшості шкідливих домішок зазвичай вища, ніж у корисного продукту. У процесі підйому пари по трубці відбувається її часткове охолодження і конденсація, що супроводжується зниженням температури. При цьому утворений конденсат (флегма) має інший склад, ніж пара: у флегмі вища концентрація легколеткого компонента. Це пояснюється тим, що зі зниженням температури в парі зростає вміст низькокиплячого компонента, наприклад, спирту. Проміжний конденсат (флегма) стікає назад у перегінний куб, а решта пари конденсується остаточно в холодильнику.

В апараті для простої перегонки з дефлегматором (рис. 1.3) над перегінним кубом 1 розташований дефлегматор 6. У дефлегматорі холодна вода циркулює по трубці, охолоджуючи пару, що піднімається з перегінного куба.

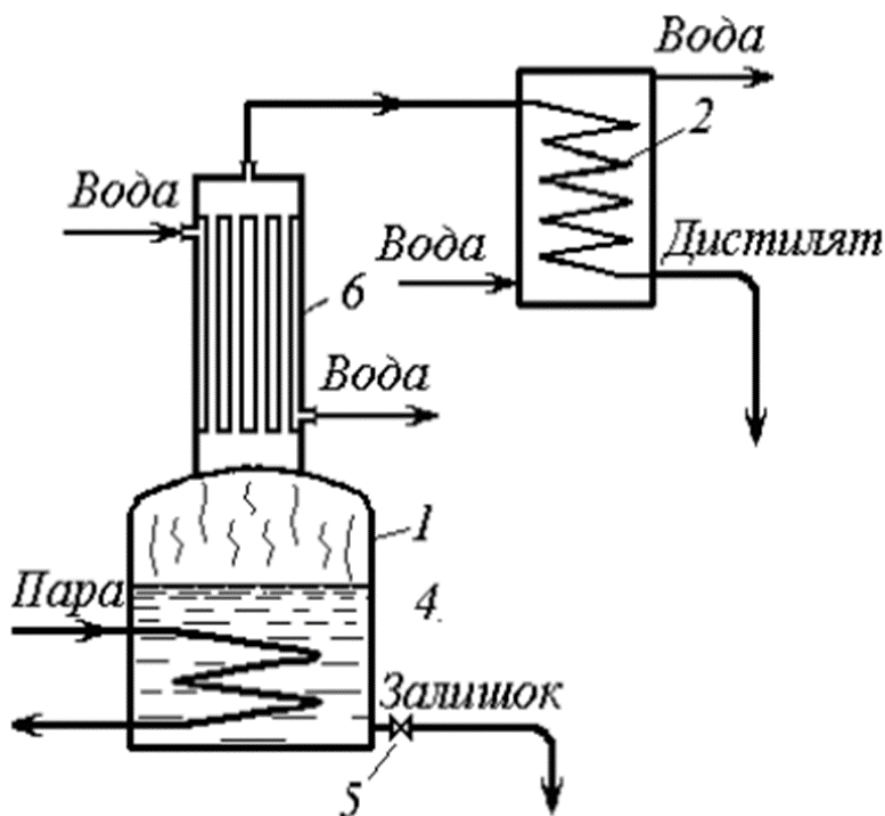


Рисунок 1.3. Апарат для перегонки з дефлегматором

1 – куб, 2 – холодильник-конденсатор, 4 – нагрівач, 5 – кран для зливу кубового залишку, 6 – дефлегматор

У зворотному холодильнику частина пари конденсується і повертається в перегінний куб. Решта парів направляється в холодильник 2, де повністю конденсується. Відношення зворотного холодильника до дистиляту називається числом зворотного холодильника. Зворотні конденсатори відрізняються від холодильників тим, що в зворотному конденсаторі пара частково конденсується, тоді як в холодильнику пара, що надходить, повністю конденсується. У холодильнику, як правило, охолоджуюча вода рухається в просторі між трубками, а пара рухається по трубках, тоді як у зворотному конденсаторі все навпаки: вода тече по трубках, а пара рухається в просторі між трубками. . У зворотному конденсаторі конденсація пари відбувається частково, оскільки пара рухається через простір між трубками, тобто швидкість потоку пари набагато нижча за швидкість потоку води.

1.4. Огляд існуючого обладнання

Розділення відбувається в колонковому апараті (рис. 1.4.) під час багаторазового або безперервного контакту рефлюксу з парою. При цьому відносно леткий компонент значною мірою випаровується при кожному контакті з флегмою. Пара насичується цим компонентом. У той же час, переважно легкі компоненти конденсуються з пари і перетворюються на флегму. В результаті обміну компонентами між флегмою і парою утворюється пара і, зрештою, дистилят, який є майже чистим від летких компонентів.

У ректифікаційній колоні є три основні потоки: пара, зворотний потік, дистилят.

Дистилят - це сконденсована пара, яка виводиться з колони (кінцева мета процесу).

Флегма - це пара, яка конденсується в зворотному холодильнику і стікає вниз по колоні.

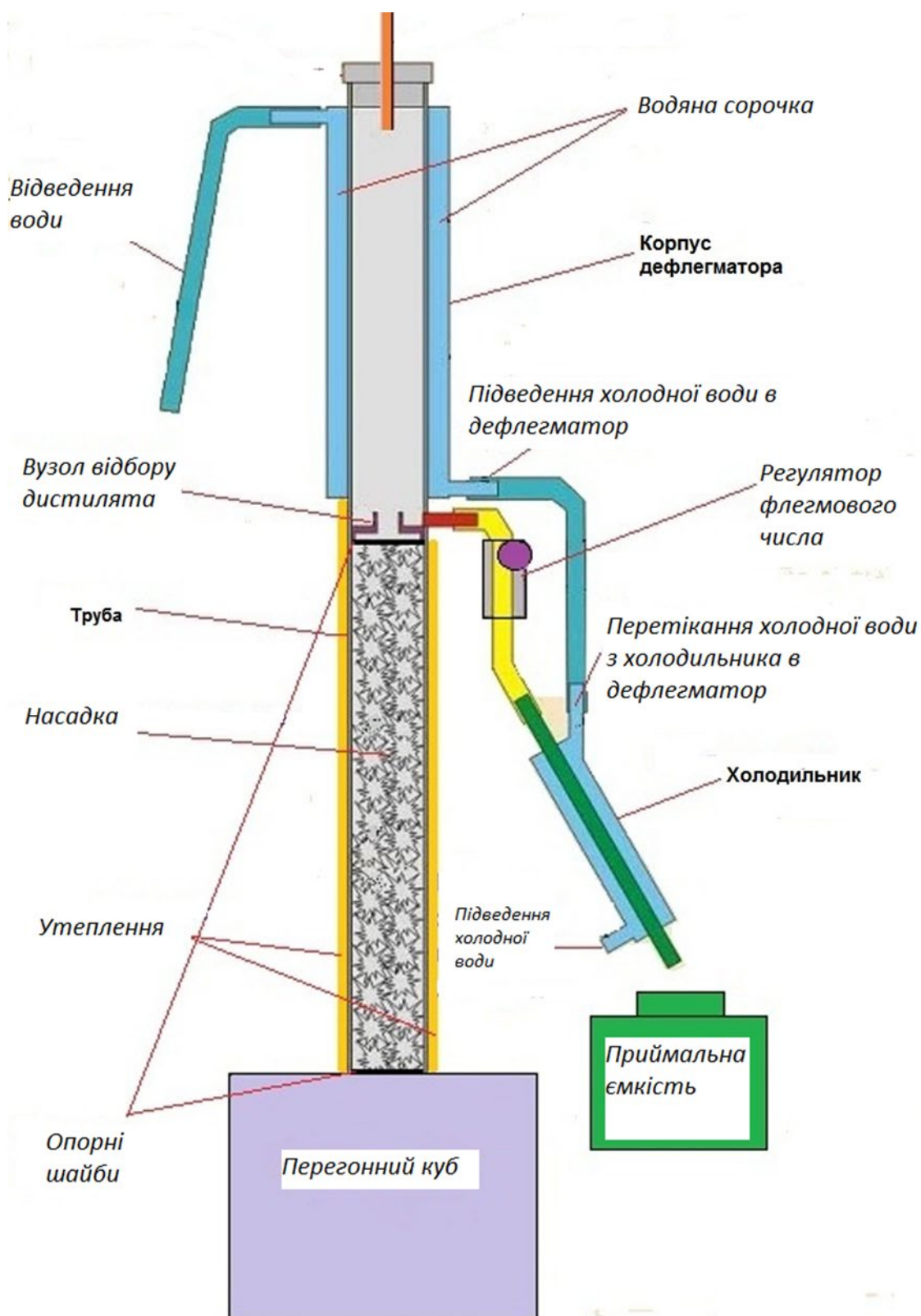


Рисунок 1.4. Ректифікаційна колона

Флегмовое число – це відношення об'єму флегми до об'єму отриманого дистилату.

Контактування флегми та пари відбувається на контактних пристроях. Ними можуть бути тарілки або насадка.

Використовується два основних способи регулювання флегмового числа у процесі роботи ректифікаційної колони.

Перший спосіб полягає у наступному: уся пара, що потрапляє у дефлегматор конденсується в останньому (рис. 1.5.a).

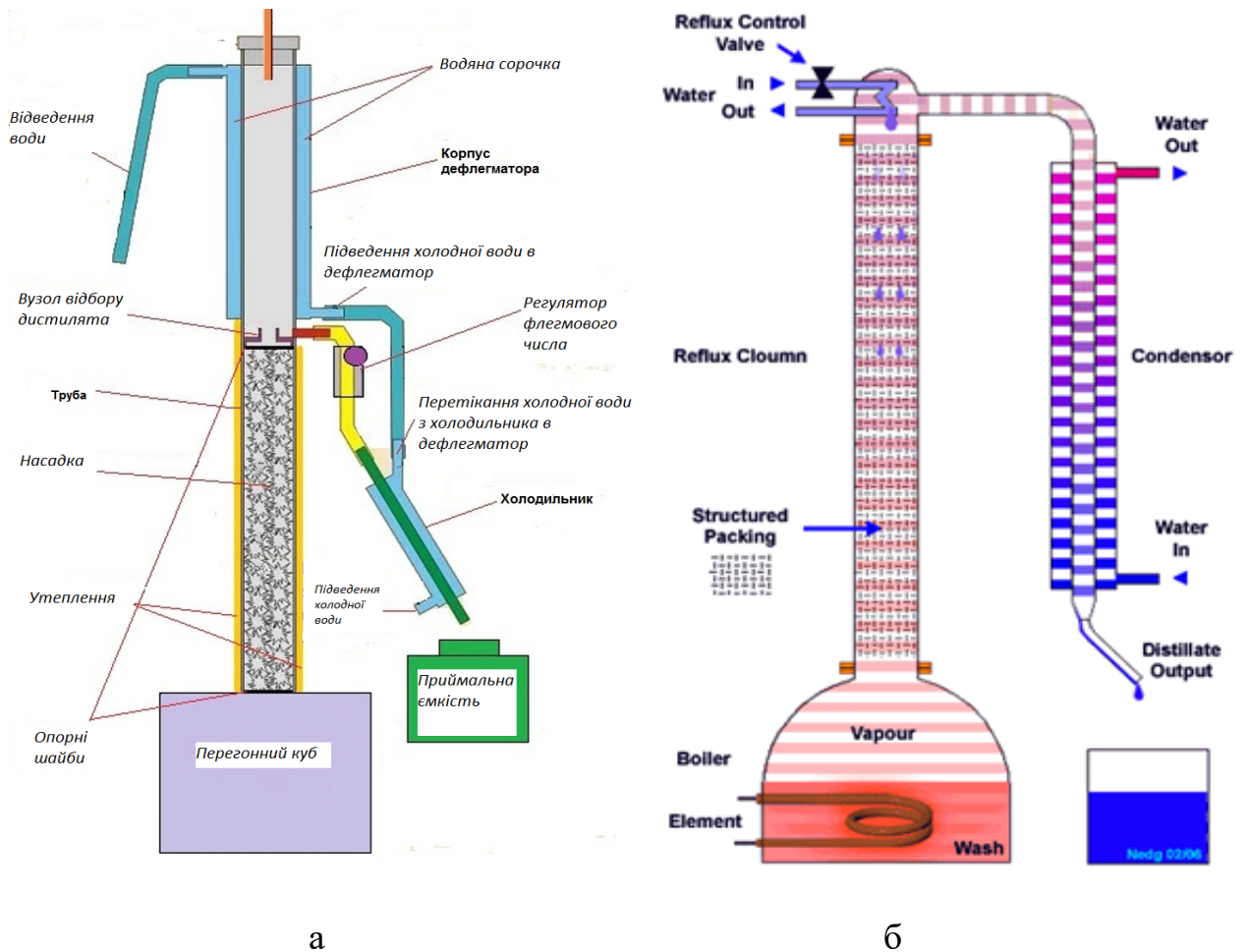
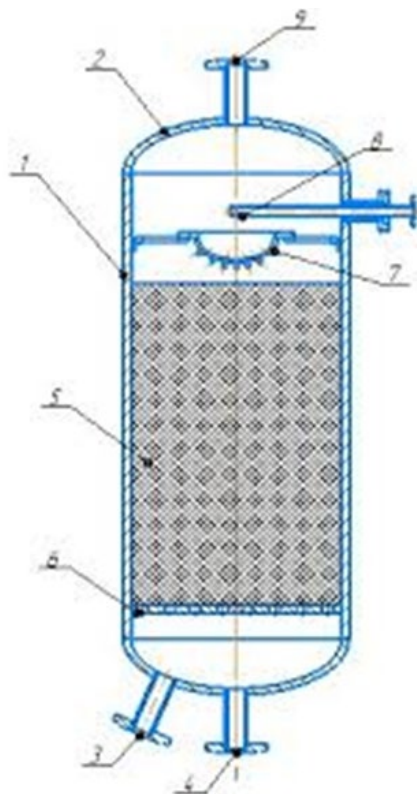


Рисунок 1.5 Порівняння способів зміни флегмового числа:

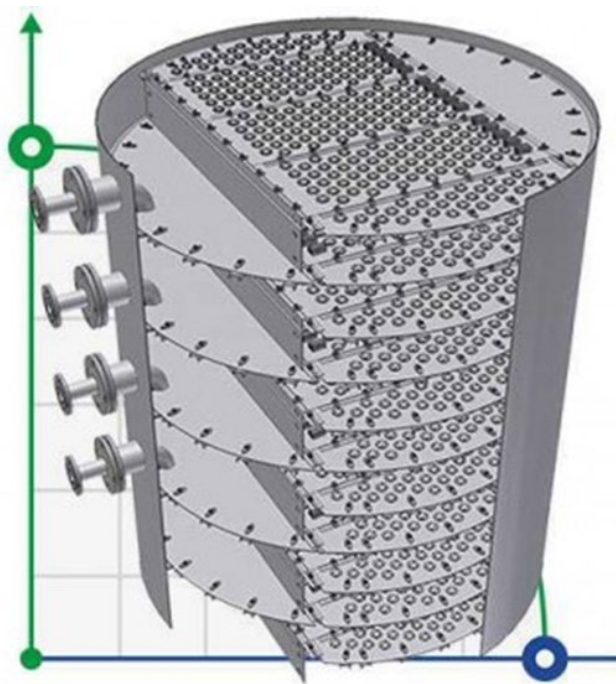
- а) колона із дефлегматором повної конденсації;
- б) колона із регулюванням флегмового числа шляхом зміни витрати води у дефлегматорі

При цьому при виході із такого дефлегматора розміщено спеціальний трьохходовий вентиль, який розділяє конденсат на дві частини: одна частина направляється в дистиллятор і є дистилатом, у той час як інша його частина

(флегма) повертається у колону. Згаданим вентлем регулюється співвідношення лбемів флегми та дистилату, таким чином має місце регулювання флегмового числа.



а



б

Рисунок 1.6. Типи колон: а) насадкова; б) тарілчаста

Ще один поширений спосіб зміни флегмового числа відбувається в колонах, конструкція котрих передбачає наявність так званого дефлегматора часткової конденсації (рис. 1.5. б). У цьому дефлегматорі процес охолодження пари, проходить за допомогою охолоджуючої води, що подається у трубку 3 дефлегматора. В результаті охолодження пари має місце часткова конденсація останньої. Отримана в результаті флегма повертається у рек.колону. Пара, що не зконденсувалася у дефлегматорі подається у холодильник де повністю конденсується.

Використовуються ректифікаційні колони двох типів. Тип колони залежить від виду контактних пристроїв, що використовуються. Це можуть бути насадкові колони (рис. 1.6.а) або тарілчасті колони (рис. 1.6.б).

В насадкових колонах мають місце контактні пристрої – насадка. Насадки бувають плоско-паралельні (рис. 1.7. а), фасонно-керамічні (рис. 1.7. б) тощо. Насадка буває укладена насипом (рис. 1.7. в) або може бути укладено організовано (рис. 1.7. г).

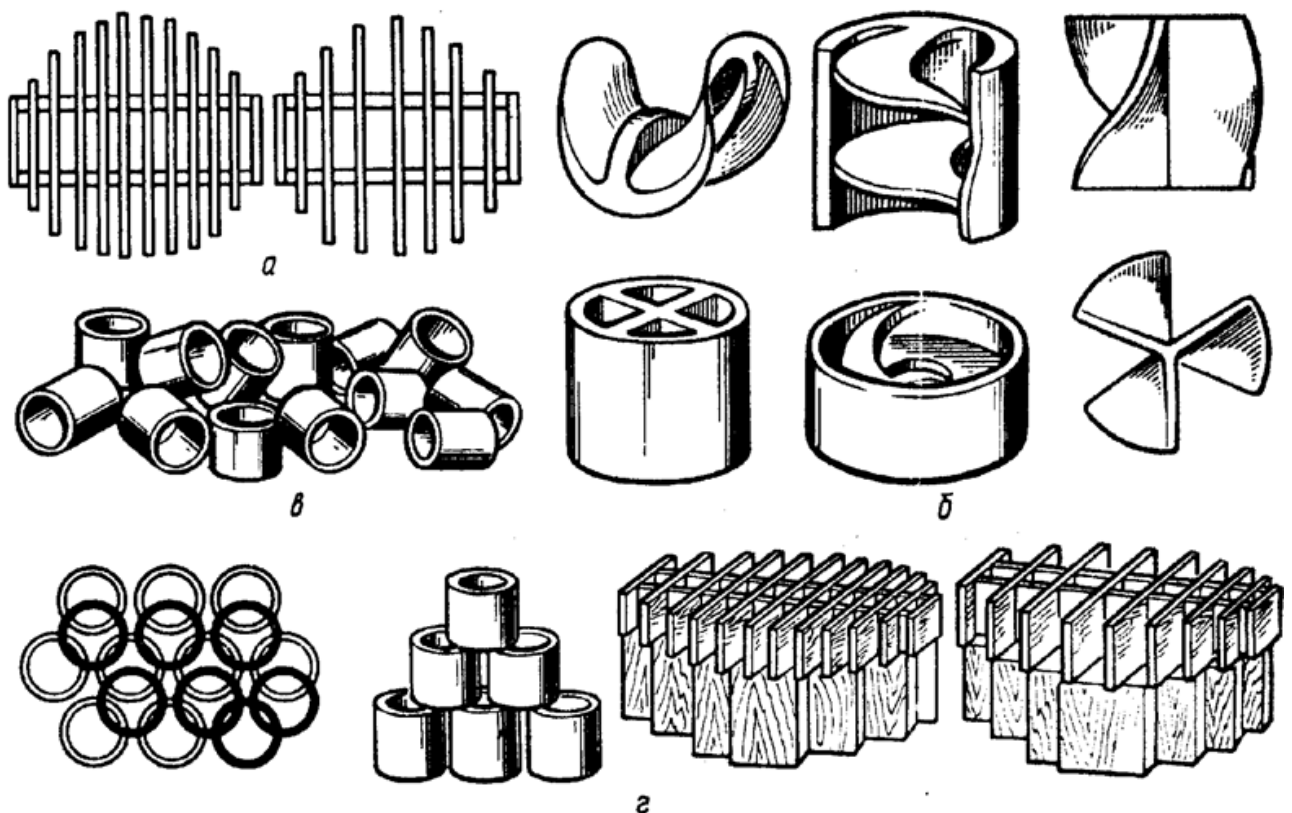


Рисунок 1.7. Типи насадок

а) плоско-паралельна; б) фасонно-керамічна; в) насипна; г) рганізована

Насадочні колони характеризуються наявністю низької щільності набитого матеріалу поблизу стінки колони. В результаті флегма поширюється від центру колони до периферії в процесі стікання по насадці. Це може призвести до ситуації, коли газ тече по периферії колони, а пара піднімається в центрі. Це значно погіршує процес масообміну в системах зі зворотним холодильником.

Щоб запобігти цьому, насадки в колоні розташовують секціями (шарами), висота яких в чотири-п'ять разів перевищує їх діаметр, а між ними встановлюють спеціальні конуси перерозподілу рідини (рис. 1.8). Це дозволяє відвести зворотний потік від внутрішніх стінок колони. Колонна переміщується вздовж вертикальної осі.

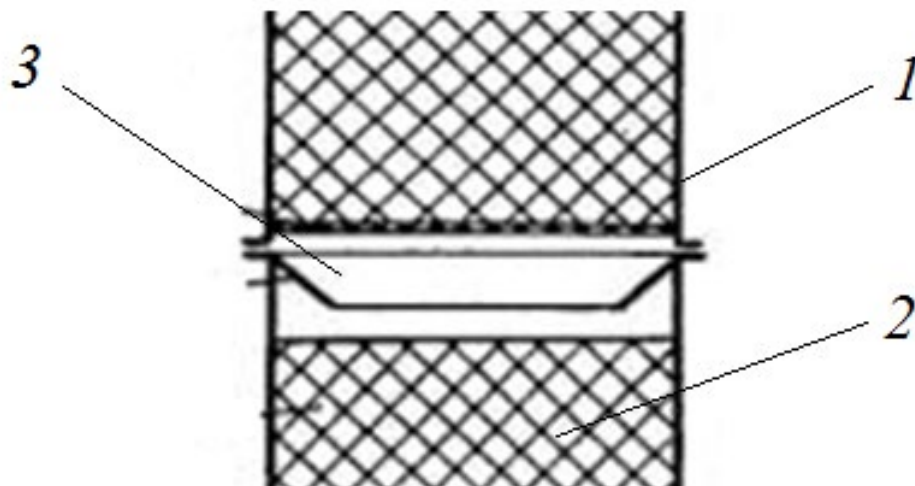


Рисунок 1.8. Перерозподільник флегми в насадковій колоні:

1-колонна;2-насадка;3-конус-перерозподільник флегми

Тарілчасті колони можуть мати різні типи тарілок.

Найбільш поширеними є тарілки із ковпачковими тарілками (рис. 2.4) .



Рисунок 1.9. Кавпачкова тарілка

Ковпачки ковпачкових тарілок мають спеціальні прорізи. Пара проходить прорізи прорізи в ковпачках і барботує через шар рідкої фази (флегми) (рис. 1.10). Нормальна робота ковпачкових тарілок можлива лише за умови, що тиск пари буде вищим ніж тиск рідини, в протилежному випадку у щілини потраплятиме флегма.

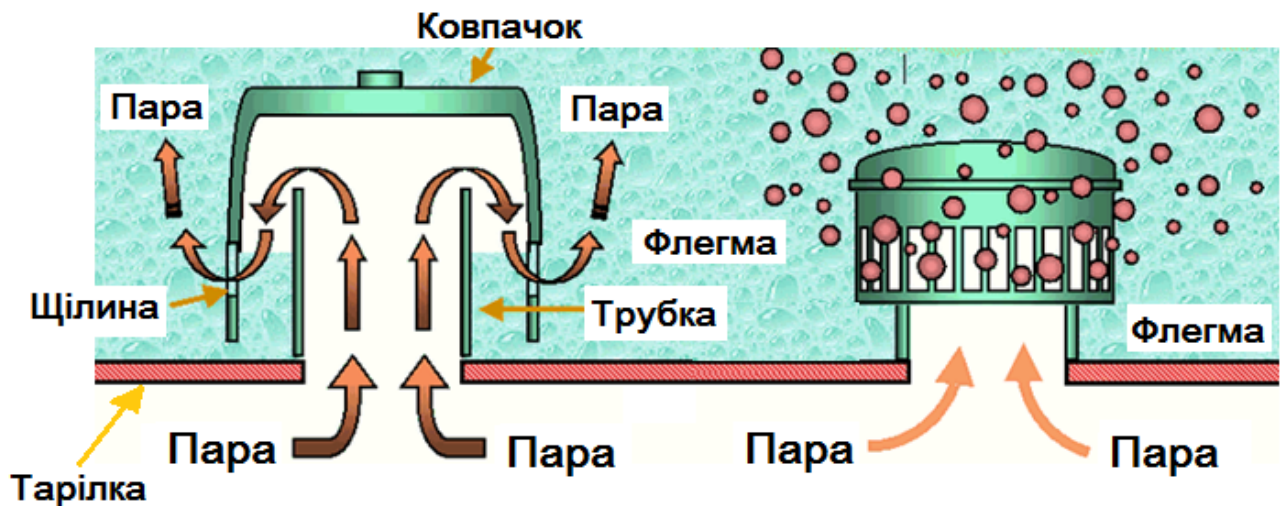
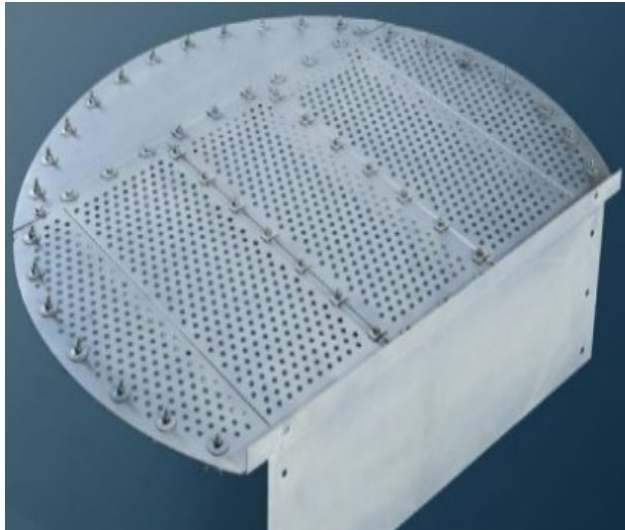
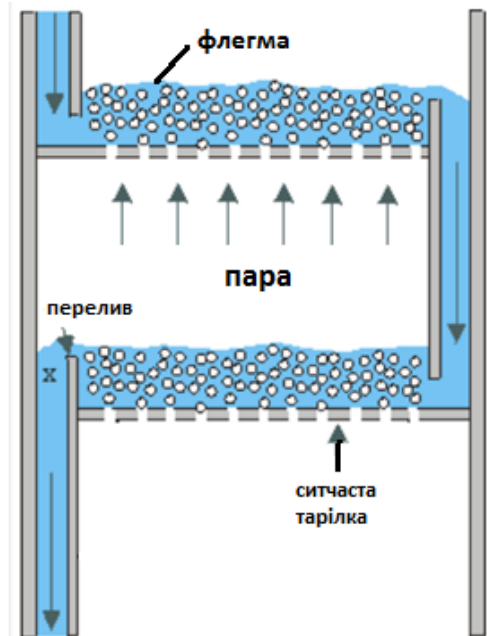


Рисунок 1.10. Схема процесу барботування пари через шар флегми на звичайній ковпачковій тарілці.

Також у колонах застосовуються ситчасті тарілки (рис. 1.11.). Вони є конструктивно значно простішими, оскільки являють собою звичайну перфоровану поверхню. Проте ситчасті колони не такі надійні в роботі. Ще одним недоліком ситчастих колон є гірші умови для масообміну у порівнянні із ковпачковими тарілками.



а



б

Рисунок 1.11. Ситчасті тарілки.

а) фото ситчастої тарілки; б) схема роботи

Значно надійнішими, у порівнянні із ситчастими та ковпачковими, є клапанні тарілки (рис. 1.12)

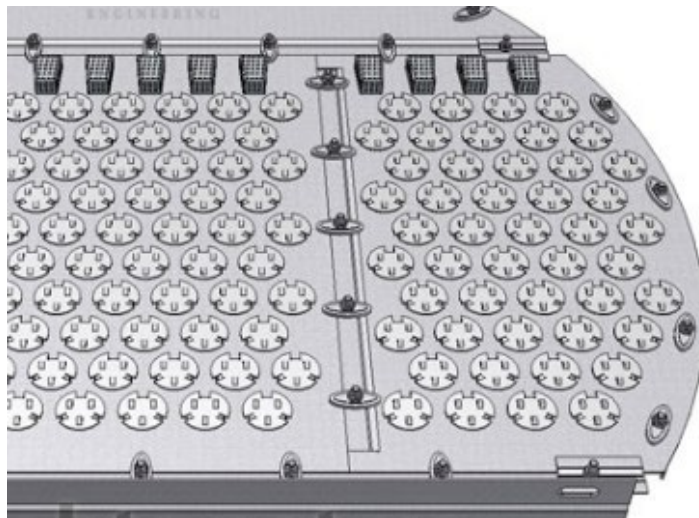


Рисунок 1.12. Клапанна тарілка

Для них характерною є висока ефективність при широкому діапазоні навантажень, що забезпечується здатністю клапанних тарілок саморегулюватися: у залежності від тиску клапани тарілки можуть переміщатися вертикально вгору або вниз, і таким чином, дані тарілки можуть змінювати значення такого параметру як площа живого перерізу для проходження пари.

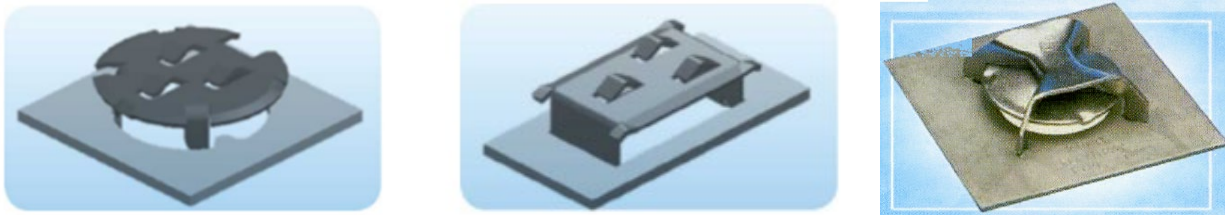


Рисунок 1.13. Типи клапанів

1.5. Огляд процесу тепло-масообміну на тарілках ректифікаційної колони

У процесі роботи ректифікаційної колони відбувається взаємодія рідкої фази (флегми) із парою. При цьому контакті пара, яка має більшу температуру, віддає частину тепла холоднішій флегмі. В результаті цього охолодження пари, деяка її частина конденсується і переходить у флегму. При цьому з пари буде конденсуватися швидше важколеткий компонент, оскільки йому важче залишатися у газоподібному стані. Очевидно, що в результаті цього флегма буде збагачуватися важколетким елементом а пара, хоча її к-ть і буде поступово зменшуватися, збагачуватиметься легколетким компонентом.

Іншою стороною цього процесу є випаровування частини флегми, які відбувається внаслідок того, що при контакті із парою температура пари підвищується. При цьому із флегми інтенсивніше буде випаровуватися саме

лактолетки компонент. Тому пара при проходженні шару флегми буде збагачуватися легколетким елементом.

Тому на кожній тарілці при проходженні пари крізь шар флегми в останні буде переходити більш важколеткий елемент а у пару – більш легколеткий компонент (рис. 1.14).

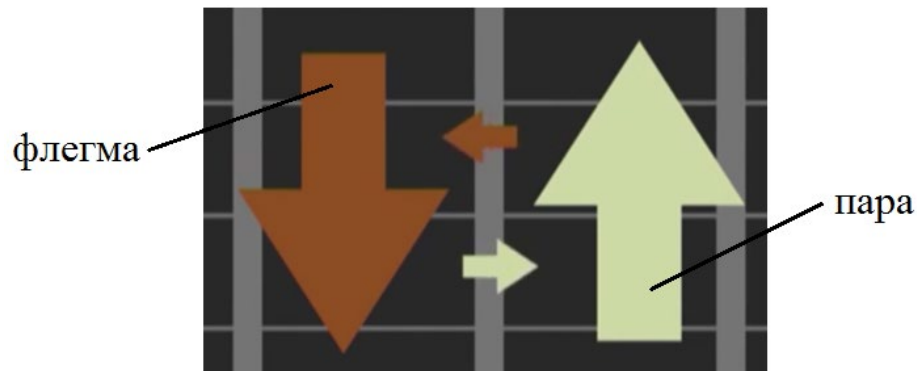


Рисунок 1.14. Масообмін між флегмою та парою на тарілці колони

Якщо тиск пари, що піднімається вгору по колоні, недостатньо високий, може статися колапс рефлюксу (рис. 1.15).

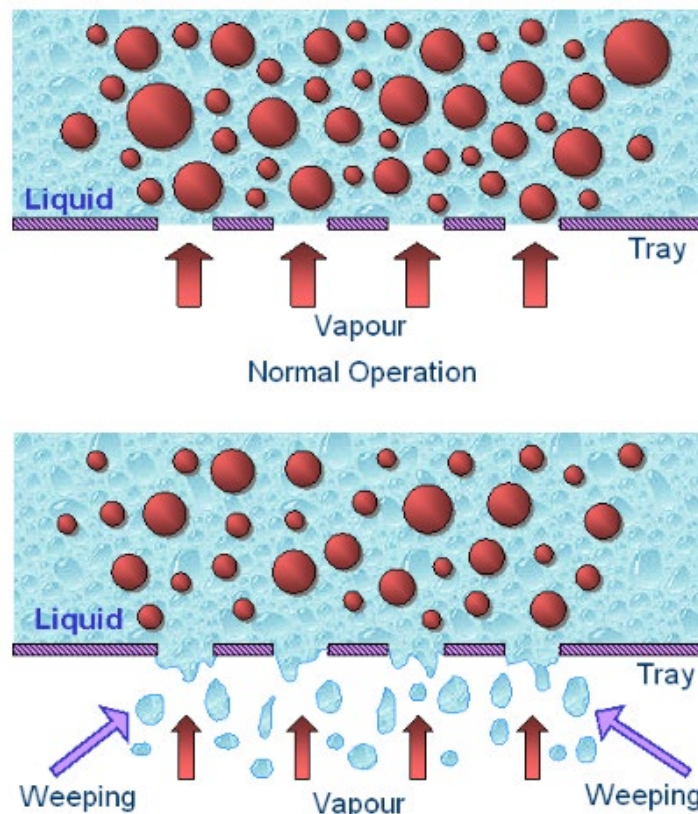


Рисунок 1.15. Порушення в роботі тарілкової колони

Причиною цього явища є недостатньо висока температура в перегінному кубі. У цій ситуації температура зворотного потоку, що проходить через колону, може бути недостатньо високою і не встигнути випаруватися до того, як він потрапить в нижню частину колони і потрапить в перегінний куб. Це призводить до зниження ступеня розділення і нестабільної роботи ректифікаційної колони.

1.6. Типи ректифікаційних установок

Залежно від принципу роботи всі ректифікаційні установки можна розділити на два типи: циклічні та безперервної дії.

В установках періодичної дії перед початком процесу ректифікації вихідна суміш закачується в куб (рис. 1.16). Потім перегріта пара подається в змішувик 2, де вихідна суміш нагрівається до заданої температури. Пара піднімається через колону 3 і надходить у зворотний холодильник 4, де вона в основному конденсується і повертається у вигляді рефлюксу через колону 3 в куб 1. [15] Пара, яка не конденсується у зворотному конденсаторі, направляється в холодильну установку 5, де повністю конденсується. Отриманий дистилят відводиться з холодильника 5. При цьому концентрація суміші в кубі постійно змінюється. Це означає, що концентрація менш летких компонентів зменшується, а концентрація більш летких відповідно збільшується. При цьому зрозуміло, що склад парів безперервно змінюється. Якщо коефіцієнт рефлюксу (відношення об'єму рефлюксу до об'єму дистиляту) є постійною величиною, то склад дистиляту також буде поступово змінюватися в напрямку деградації (зменшення концентрації летких компонентів). В даній установці стабільність складу дистиляту можна забезпечити шляхом поступового підвищення температури рефлюксу. У цьому випадку к-ть кінцевого продукту (дистиляту) зменшується, але якість (концентрація) залишається стабільною. Однак рано чи пізно концентрація летких компонентів суміші в кубі 1 значно падає, що унеможливорює

подальше проведення процесу (об'єм дистилляту стає недостатнім для продовження процесу через високе рефлюксне число).

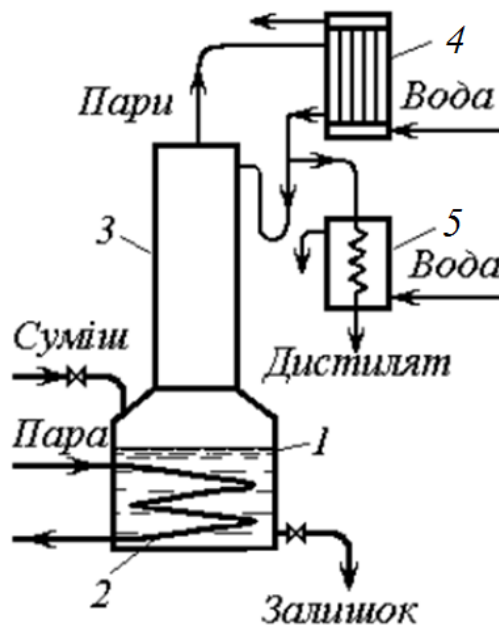


Рисунок 1.16. Ректифікаційна колона періодичної дії
1—куб; 2—змійовик; 3—ректифікаційна колона; 4—дефлегматор; 5—
ХОЛОДИЛЬНИК

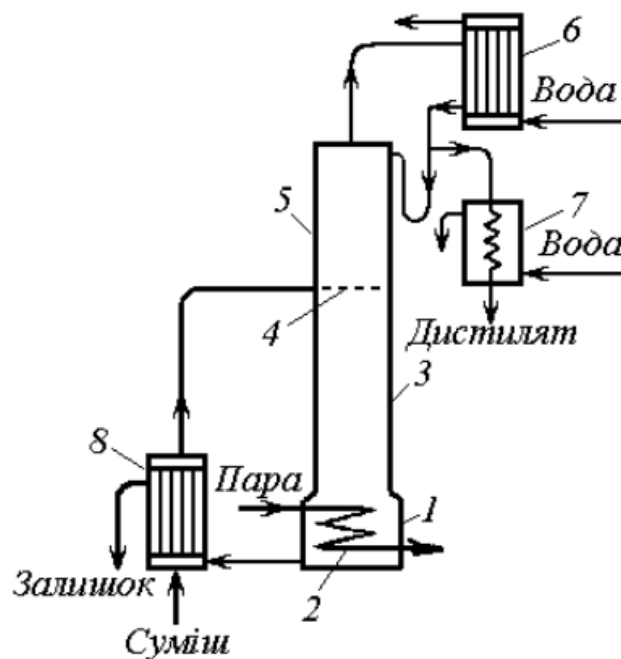


Рисунок 1.17. Ректифікаційна колона періодичної дії
1—куб; 2—змійовик; 3—колона; 4—живильна тарілка; 5—колона;
6—дефлегматор; 7—холодильник; 8—підігрівник

Установки безперервної ректифікації позбавлені цього недоліку. Однак в цій системі вихідна суміш безперервно подається безпосередньо в ректифікаційну колону, а не в перегінний куб.

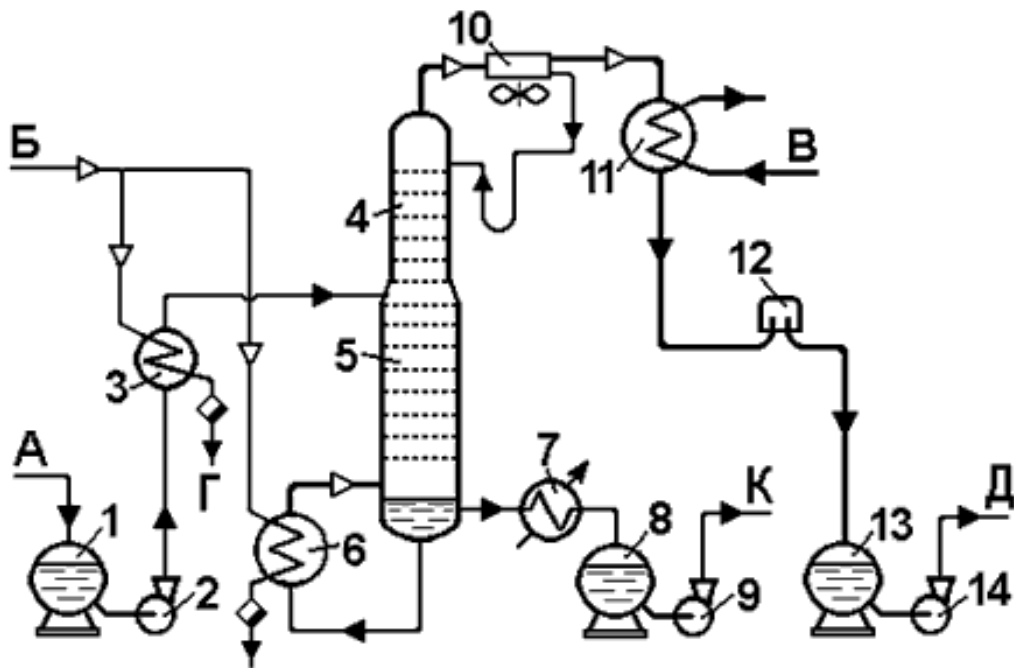


Рисунок 1.18. Ректифікаційна установка безперервної дії

А -вихідна суміш; Б -гріюча пара; В -вода; Г -конденсат гріючої пари;

Д-дистилат; К-кубовий залишок

1, 8, 13 -ємності; 2, 9, 14-насоси; 3-підігрівач; 4, 5-верхня та нижня частини колони; 6-кип'ятильник; 7-холодильник; 10-конденсатор; 11-конденсатор-холодильник; 12 – прилад для вимірювання концентрації

1.8. Мета та задачі роботи

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності роботи ректифікаційної колони шляхом удосконалення конструкції тарілчастої колони ректифікаційної установки.

Завдання:

- виконати огляд конструкцій ректифікаційних колон;

- виконати аналіз останніх розробок в напрямку модернізації тарілчастий колон;
- запропонувати заходи із удосконалення конструкції тарілчастої колони;
- провести розрахунок модернізованої установки.

2. Методи дослідження

2.1. Визначення необхідної кількості тарілок колони та її параметрів

Спочатку визначають флегмове число. Для цього використовують наступну формулу:

$$v = \frac{f}{D},$$

де D – к-ть дистиляту, кг/год.

f – к-ть флегми, кг/год;

В свою чергу к-ть флегми у конкретний момент визначають із формули:

$$f = \frac{Q}{r};$$

де Q – к-сть теплоти, що поглинає вода, за допомогою якої відбувається процес охолодження дефлегматора колони, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$.

Для ректифікаційної колони безперервного типу к-ть холодної води, яка використовується для охолодження дефлегматора поступово зменшуватиметься для забезпечення підвищення флегмового числа;

r – питома теплотаконденсації пари, яка утворює флегму, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$;

К-ть теплоти, що поглинає вода, яка використовується для охолодження дефлегматора:

$$Q = Gc(t_k - t_n);$$

де G – розхід води, кг/год;

c – питома теплоємність, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$;

K -ть дистиляту, яка зконденсується у холодильнику установки:

$$D = \frac{D' \cdot 60 \cdot \rho_d}{\tau \cdot 10^6}$$

де ρ_d – густина дистиляту, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Наступним етапом розрахунку колони є визначення числа теоретичних тарілок. Для цього потрібно побудувати графік ступенів концентрації рідини та пари, під час ректифікації (рис. 2.1.)

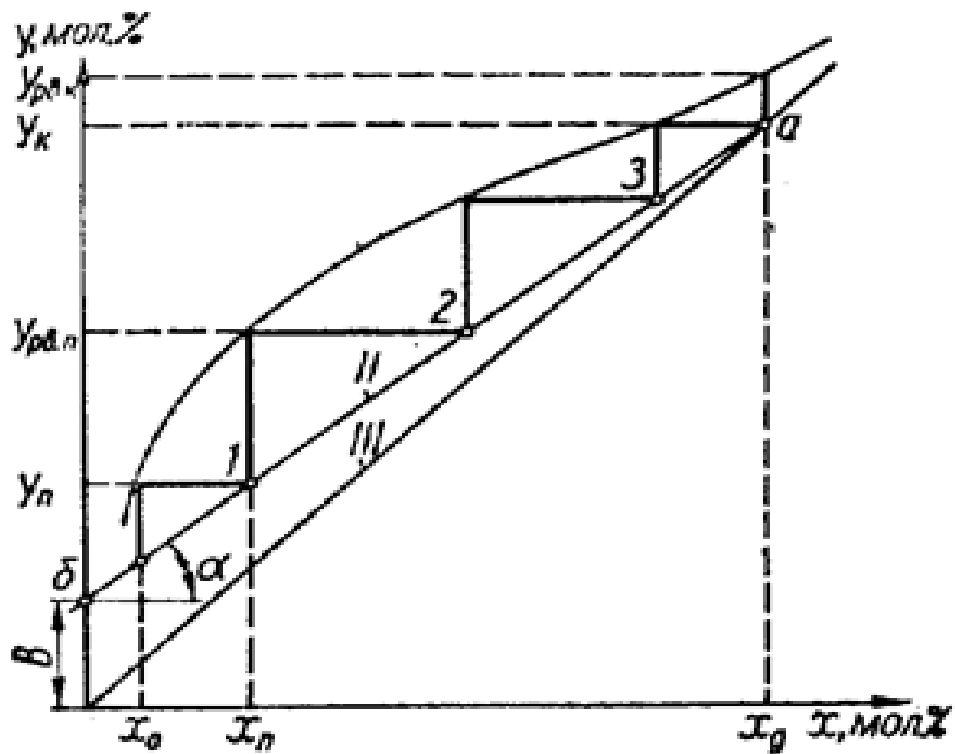


Рисунок 2.1. Приклад графіка зміни концентрації рідини і пари під час ректифікації:

x – концентрація л.л.к. у рідині; y – концентрація л.л.к. у парі;

I- крива рівноваги, II -лінія робочих концентрацій; III -діагональ;

1,2,3 –теоретичні тарілки

Через точки «а» та «б» на графіку потрібно нанести Лінію робочих концентрацій» [16]. Місце точки «б» визначається так: точка «б» буде на вертикальній осі на віддалі Б по вертикалі відносно початку координат; значення висоти Б слід визначати із формули:

$$B = \frac{x_0}{v + 1},$$

де v —флегмове число.

x_0 —концентрація дистиляту, мол. %;

Цей метод дозволяє визначити к-ть теоретичних тарілок колони для середніх значень x_d та x_0 , які були визначені за період τ хв.

Повторюючи експеримент і задаючи середні значення концентрації, можна простежити процес зміни положення робочої концентраційної лінії в разі циклічної ректифікації. При безперервній ректифікації коефіцієнт зворотного холодильника зменшується. Він зменшується для стабілізації концентрації дистиляту на виході з ректифікаційної колони.

Наступний етап це визначення числа одиниць переносу m .

Фізична суть це відношення зміни концентрації л.л.к. в одній із фаз до середнього значення рушійної сили процесу:

$$m_y = \int_{y_k}^{y_n} \frac{dy}{y^* - y},$$

де y_n —концентрація л.л.к. в парі, що знаходиться в нижньому перерізі колони, мол. %;

y_k —концентрація л.л.к. у парі, що перебуває в верхньому перерізі колони;

y^* -концентрація л.л.к. в парі, що перебуває у рівновазі із рідкою фазою у будь-якому перерізі колони, мол. %.

Це рівняння слід інтегрувати графічним способом.

Таблиця 2.1

y	y^*	$y^* - y$	$\frac{1}{y^* - y}$
y_n	y_n^*	$y_n^* - y_n$	$\frac{1}{y_n^* - y_n}$
y_1	y_1^*	$y_1^* - y_1$	$\frac{1}{y_1^* - y_1}$
y_2	y_2^*	$y_2^* - y_2$	$\frac{1}{y_2^* - y_2}$
...	...	...	...
y_K	y_K^*	$y_K^* - y_K$	$\frac{1}{y_K^* - y_K}$

Цей же графік, що показує ступінь зміни концентрації рідини і пари в процесі очищення, може бути використаний для визначення кількості колонних перевантажувальних одиниць (рис. 2.1). З графіка необхідно визначити значення концентрацій рідини і пари. Для цього необхідно визначити у Між y_p і y_K (дорівнює x_d) потрібно вибрати кілька значень y . Далі для кожного вибраного значення y потрібно знайти рівноважне значення u .

Потім потрібно побудувати таблицю для графічного інтегрування (табл. 2.1). Після цього за даними двох останніх стовбців таблиці 2.1 потрібно

у зручному масштабі побудувати графік залежності $\frac{1}{y^* - y}$ від y . Приклад

такого графіка зображено на рисунку 2.2.

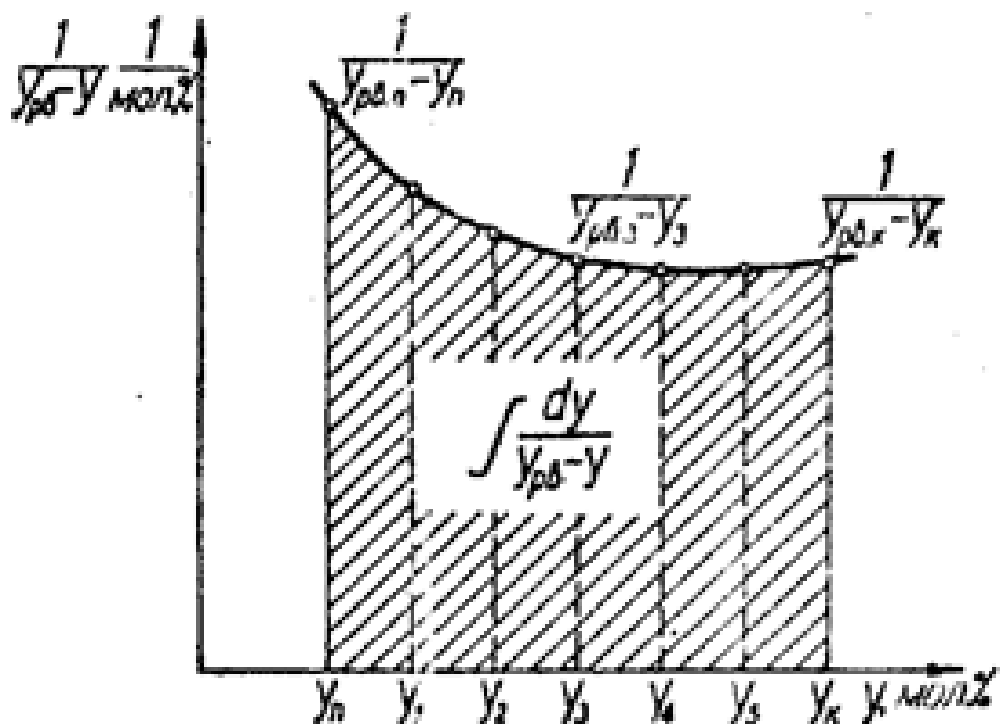


Рисунок 2.2. Графічне інтегрування

Наступним кроком є визначення області, представлені кривою на графіку.

Ця область відповідає значенню інтеграла. При цьому отримане значення площі необхідно помножити на масштаб. Масштаб дорівнює

добутку масштабів по осях. $\frac{1}{y^* - y}$ та y

Інтегральне значення, отримане з площі, відповідає кількості одиниць передачі m .

Середнє логарифмічне значення необхідно використовувати для визначення першої теоретичної тарілки ректифікаційної колони:

$$m'_y = \frac{\Delta y}{\Delta y'_c} = \frac{y_n - y_n^*}{\Delta y'_c};$$

$$\Delta y'_c = \frac{(y_n^* - y_n) - (y_1^* - y_n^*)}{2,31 \lg \frac{y_n^* - y_n}{y_1^* - y_n^*}}$$

Коефіцієнта масопередачі слід визначати з математичного рівняння:

$$G = K_y \cdot F \cdot \tau \cdot \Delta y_c,$$

де:

$$K_y = \frac{G}{F \cdot \tau \cdot \Delta y_c}.$$

Так як $f + D$ – к-сть пари у верхній частині колони, тоді к-ть у перерізі буде:

$$\frac{f + D}{M_\partial}$$

де M_∂ – молекулярна маса дистилату.

Оскільки к-ть молів парів, які проходять через будь-який переріз колони однакове, то кількість л.л.к. у нижній частини колони буде відповідати $\frac{f + D}{M_\partial} y_n$.

А у верхній частині колони: $\frac{f + D}{M_\partial} y_k$.

Тому: .

$$G = \frac{f + D}{M_\partial} (y_k - y_n);$$

$$F = V_n \cdot \sigma, \text{ м}^2;$$

$$V_n = \frac{\pi \cdot d^2}{4} H, \text{ м}^3$$

де σ – питома площа тарілки, $\text{м}^2/\text{м}^3$;

H – висота колони, м;

V_n – об'єм колони, м^3 ;

d – внутрішній діаметр колони, м.

2.2. Методика моделювання роботи ректифікаційної колони

Під час ректифікації під дією зовнішніх збурень сам процес виходить з динамічної рівноваги. При цьому змінюються такі параметри, як швидкість потоку, концентрація, тиск, ентальпія, температура рідини і пари на тарілці, в кубі колони і в зворотному конденсаторі.

Ректифікаційні колони є багатовимірними через взаємозв'язки, які існують між різними параметрами. Тому моделювання процесу ректифікації і його розрахунок необхідно проводити з урахуванням всіх параметрів ректифікації.

В той же час, однак, неможливо врахувати всі параметри процесу в повному обсязі. Тому для спрощення моделювання і розрахунків можна зробити наступні припущення [5] не враховується гідравлічне запізнювання флегми і пари:

- миттєве перемішування фаз на пластині.
- відсутність теплообміну з навколишнім середовищем (немає тепла втрати)
- флегма на тарілці знаходиться при температурі кипіння і, відповідно, пара при температурі конденсації.
- інерційні характеристики ректифікаційної колони визначаються утримуючою здатністю колони при рефлюксі.
- час, необхідний для процесу встановлення гідродинамічного стану і фазової рівноваги в апараті, є незначним у порівнянні з часом, необхідним для встановлення відповідної концентрації.
- при моделюванні колону можна вважати такою, що складається з однієї тарілки, зворотного холодильника, куба і базового блоку, що відповідає холодильнику.

Схема ілюструє основні речовини і теплові потоки, які надходять на тарілку (рис. 2.1.) ректифікаційної колони та виводяться із тарілки.

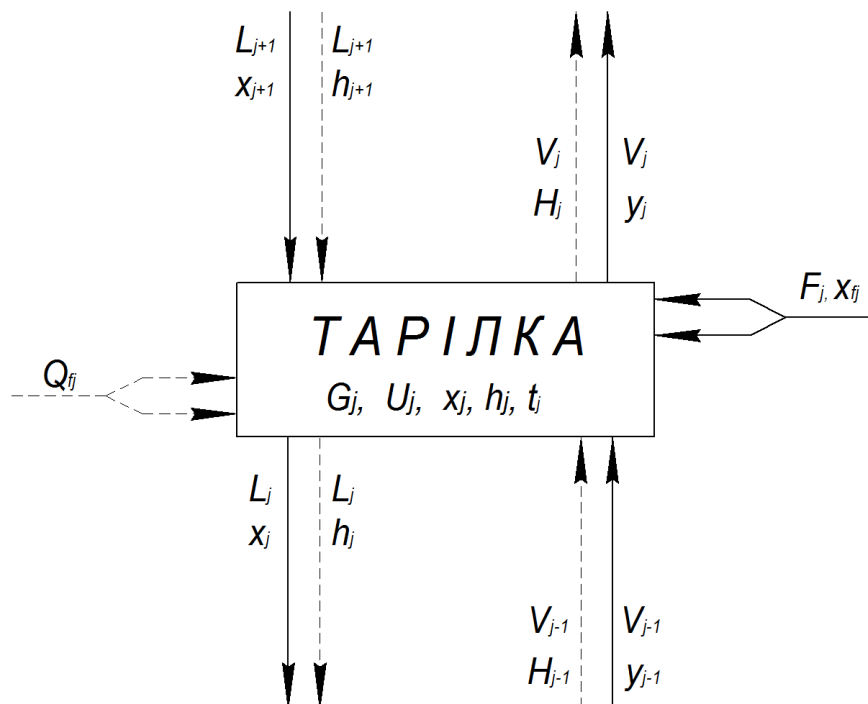


Рисунок 2.1. Модель потоків, які проходять на тарілці [5].

Умовні позначення:

G – к-ть флегми, кмоль;

U – рівень, м;

x – мольна концентрація у рідкій фазі, кмоль/кмоль;

h – ентальпія рідкої фази, кДж/кмоль;

t – температура, °C;

L – мольний розхід флегми, кмоль/год;

Q – затрати тепла, кДж/год;

F – мольна витрата, кмоль/год;

F_1 – мольна затрата зрошування, кмоль/год;

V – мольна витрата пари, кмоль/год; об'єм, м.куб.

j – номер тарілки;

Розрахунок слід проводити послідовно в певні моменти часу, які перебувають на величину часу $\Delta\tau$ [5]:

$$\tau(k+1) = \tau(k) + \Delta\tau = (k+1) \cdot \Delta\tau;$$

де $\tau[0] = 0$;

k – ціле число, $k = 0, 1, \dots, m$.

Розрахунки виконуються в одному напрямку, від низу колони до верху. Таким чином, на момент розрахунку для j -ї тарілки відомі параметри пари, що піднімається з тарілки під нею. часу $\tau(k+1)$:

$$V_{j-1}(k+1), H_{j-1}(k+1), y_{j-1}(k+1),$$

Кожну тарілку колони слід розглядати як живильну [5]:

$$\begin{cases} F_j = q \cdot F, & j = N_{f,1}, \\ F_j = (1-q) \cdot F, & j = N_{f,2}, \\ F_j = 0, & j \neq N_{f,1}, \neq N_{f,2}. \end{cases}$$

де F – мольна витрата живлення, кмоль/год;

F_1 – мольна витрата зрошування, кмоль/год;

N – номер тарілки;

q – коефіцієнт перерозподілу живлення тарілки, кмоль/кмоль.

На контактний пристрій флегма поступає із верхньої тарілки а пара відповідно із нижньої.

Склад рефлюксу і пари, що виходить з конкретної тарілки, залежить від інтенсивності процесів тепло- і масообміну на цій тарілці.

Рівняння загального балансу маси однієї ступені ректифікаційної колони має наступний вигляд:

$$\frac{dG_j}{d\tau} = L_{j+1} + V_{j-1} + F_j - L_j - V_j.$$

де G – к-ть флегми, кмоль;

L – мольний розхід флегми, кмоль/год.

Потрібно розуміти, що ефективність цього теплообміну та масообміну сильно залежить від конструктивних особливостей тарілок. Об'єм флегми, що накопичується на тарілці, також залежить від конструкції тарілки. Цей об'єм можна розрахувати за допомогою наступного рівняння

$$G = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot U \cdot \rho}{4 \cdot \mu}$$

де G – к-ть флегми на тарілці, кг;

d – діаметр тарілки, м;

μ – динамічна в'язкість флегми, Пас;

ρ – густина флегми, кг/м³.

2.3. Стандартизовані методи

Стандартизовані методи, які використовувалися при виконанні роботі подані у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3. Стандартизовані методи

№ з/п	Назва аналізу	Назва методу і прилади	Межі і похибка <u>вим.</u>	Посилання
1	2	3	4	5
1.	Визначення концентрації легколеткого компоненту в бінарній суміші	Визначення концентрації. Спиртомір Ареометр АСП-30-40	Від 0 до 40°; ± 0,5°	ГОСТ 3639-79 Розчини водно-спиртові

1	2	3	4	5
2.	Вимірювання температури	Контактний метод вимірювання з допомогою електронного термометра	-20 + 100°C; ± 0,1°C	ГОСТ 26754-85 Методи вимірювання температури
3.	Визначення об'єму відібраних проб	Визначення об'єму рідини Мірний циліндр 500 мл	0 – 500 мл; ± 1,0 мл	ГОСТ 1770-74 Посуд мірний лабораторний. Циліндри, мензурки, колби
4.	Визначення маси відібраних проб	Зважування. Ваги марки ВК-300	0,0002-0,3 кг ± 0,01 г	ГОСТ 24104-88 «Ваги лабораторні»

3. Модернізація ректифікаційної колони тарілчастого типу

3.1. Патентний пошук

З метою встановлення шляху модернізації конструкції ректифікаційної колони, а саме її тарілок ковпачкового типу, було проведено патентний пошук.

У патенті [2] в ректифікаційній колоні передбачено наявність тарілок із подвійними ковпачками (рис 3.1.).

Новизна запропонованої конструкції полягає у тому, що зовнішній ковпачок масообмінної тарілки закріплено нерухомо, у той час як внутрішній - виконаний із можливістю вертикального переміщення уздовж осі кріплення ковпачків.

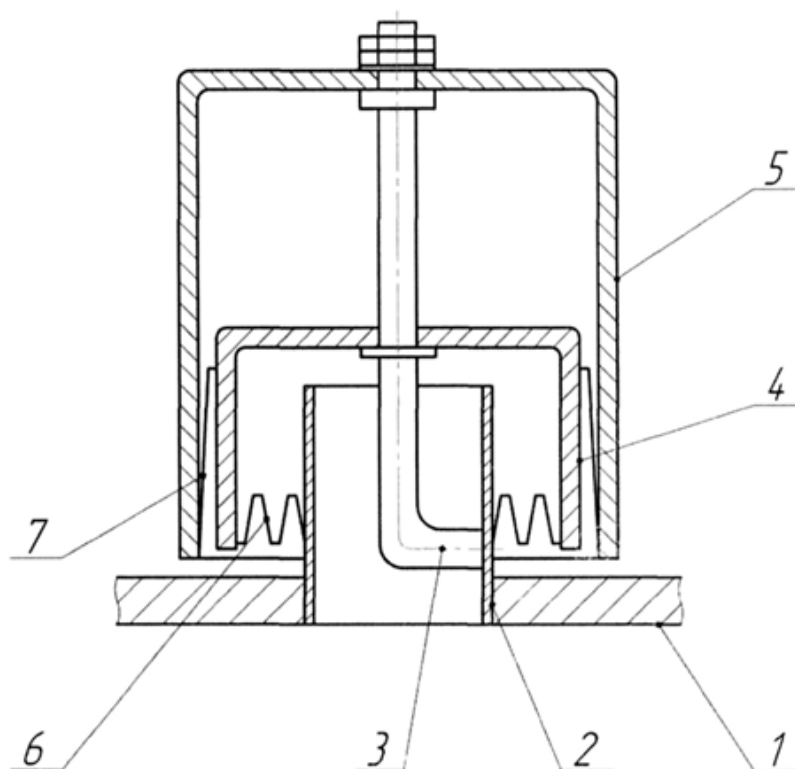


Рисунок 3.1. Подвійний ковпачок ректифікаційної колони

1 –поверхня тарілки; 2 –патрубки; 3 –вертикальна вісь ковпачків;

4 -внутрішній ковпачок тарілки; 5 –зовнішній ковпачок тарілки;

6,7 – щілини для виходу пари

До переваг даних тарілок можна віднести можливість регулювання площі поверхні контакту флегми та пари та нівелювання пристінного ефекту в процесі роботи.

Проте серйозним недоліком запропонованого винаходу є складність конструкції.

Автори [3] відмічають, що недоліком звичайної ковпачкової тарілки є її відносна складність конструкції, а також, монтаж та демонтаж ковпачків пов'язані з труднощами, передусім у зв'язку із можливим пошкодженням під час експлуатації обладнання. Крім цього автори стверджують, що звичайна тарілка не усуває захоплення бризок газоподібною фазою при проходженні останнього крізь шар флегми, а це негативно впливає на процес тепло-масопередачі у колонному апараті. Із метою збільшення ефективності роботи тарілки автори пропонують над ковпачками розміщати перфоровану горизонтальну пластину (рис. 3.2.).

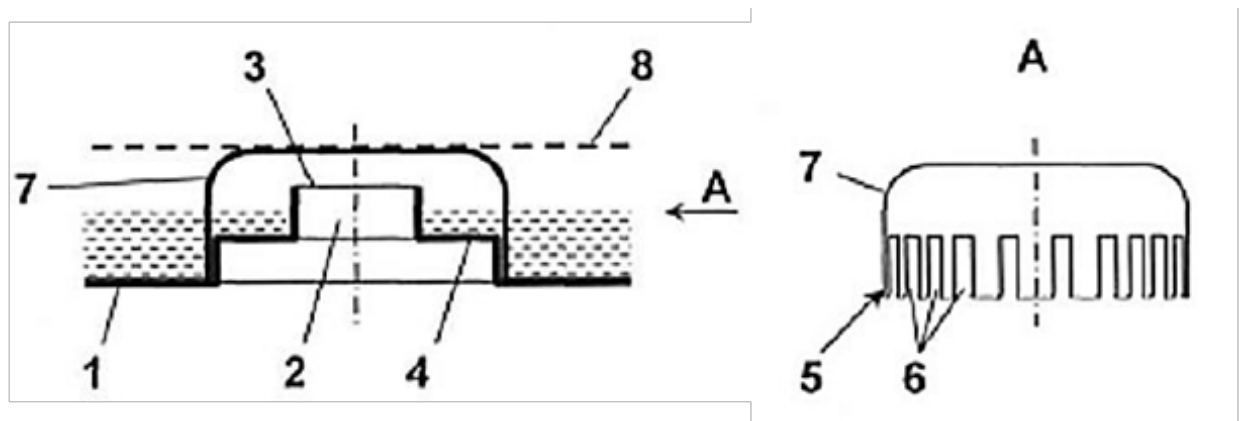


Рисунок 3.2. –Ковпачкова тарілка із перфорованою пластиною, для затримання крапель флегми

1 – тарілка, 2 - отвір, 3 – патрубок для газоаої фази, 4 - виступ, 5 -основа ковпачка, 6 -прорізи, 7 - ковпачок, 8 - перфорована пластина

В процесі роботи ректифікаційної колони перфорована пластина буде затримувати краплі рідкої фази, що захоплюються газовою фазою та спрямовуються вгору у напрямку верхньої тарілки колони. Завдяки наявності перфорованої пластини краплини рідини будуть поступово укрупнююватися

та повертатися у потік рідини (флегми), що тече по горизонтальній поверхні тарілки. Це істотно поліпшує умови масопередачі в апараті. Також перфороване горизонтальне полотно під час роботи апарата унеможливорює вертикальне переміщення ковпачків відносно горизонтального полотна, що підвищує надійність тарілки та апарата в цілому [3].

У патенті [4] подано конструкцію ректифікаційної колони, що складається з циліндричного корпусу, тарілки та переливних пристроїв колони (рис. 3.3.)

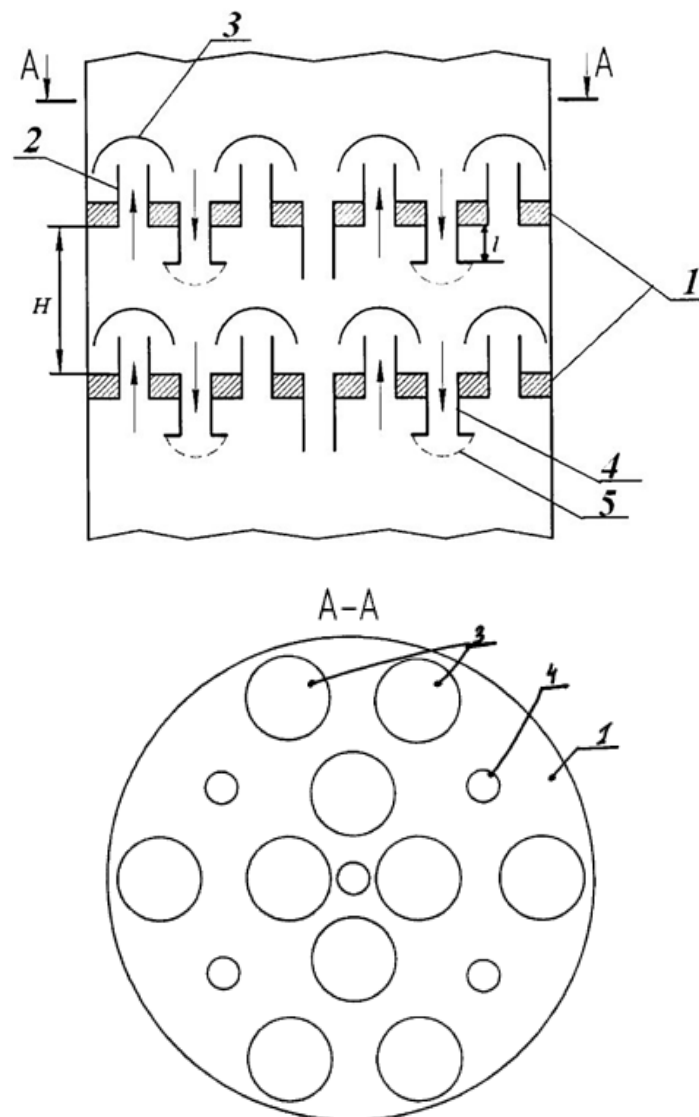


Рисунок 3.3. Масообмінні тарілки ректифікаційної колони із модифікованими ковпачками

- 1 – тарілки; 2 –патрубки для пари; 3 – ковпачки;
4 – переливні трубки; 5 – розпилювачі флегми.

Особливістю колони є рівномірний розподіл пари в результаті використання модифікованих ковпачків колони.

Переваги даної конструкції:

- збільшення продуктивності колони ;

Недоліки:

- наявність повздовжнього перемішування.

Автори наступного винаходу звертають увагу на те, що звичайні ковпачкові тарілки складаються із власне тарілки та патрубків для проходу пари, та розміщеним на патрубках ковпачків із спеціальними прорізами в нижній частині. Недоліком такої тарілки є відносно не висока ефективність процесу масообміну у зв'язку із низькою диспергувальною здатністю прорізів ковпачків.

Для забезпечення збільшення ефективності процесу масообміну на тарілці автори пропонують ковпачки тарілки розташовувати у отворах додаткової перфорованої пластини, що розташована паралельно по відношенні до площини тарілки (рис. 3.4). Ця перфорована пластина розміщена над прорізами ковпачків.

За таких умов полегшується виготовлення перфорованої горизонтальної поверхні.

Проте головна перевага даної конструкції полягає у підвищенні диспергування пари, що виходить із прорізів ковпачків, оскільки бульбашки пари, які пройшли через прорізи ковпачків, додатково подрібнюються в результаті проходження крізь отвори перфорованої пластини. Таким чином досягається збільшення питомої площі поверхні контакту флегми та пари на тарілці, і таким чином, збільшується ефективність роботи ректифікаційної колони у цілому.

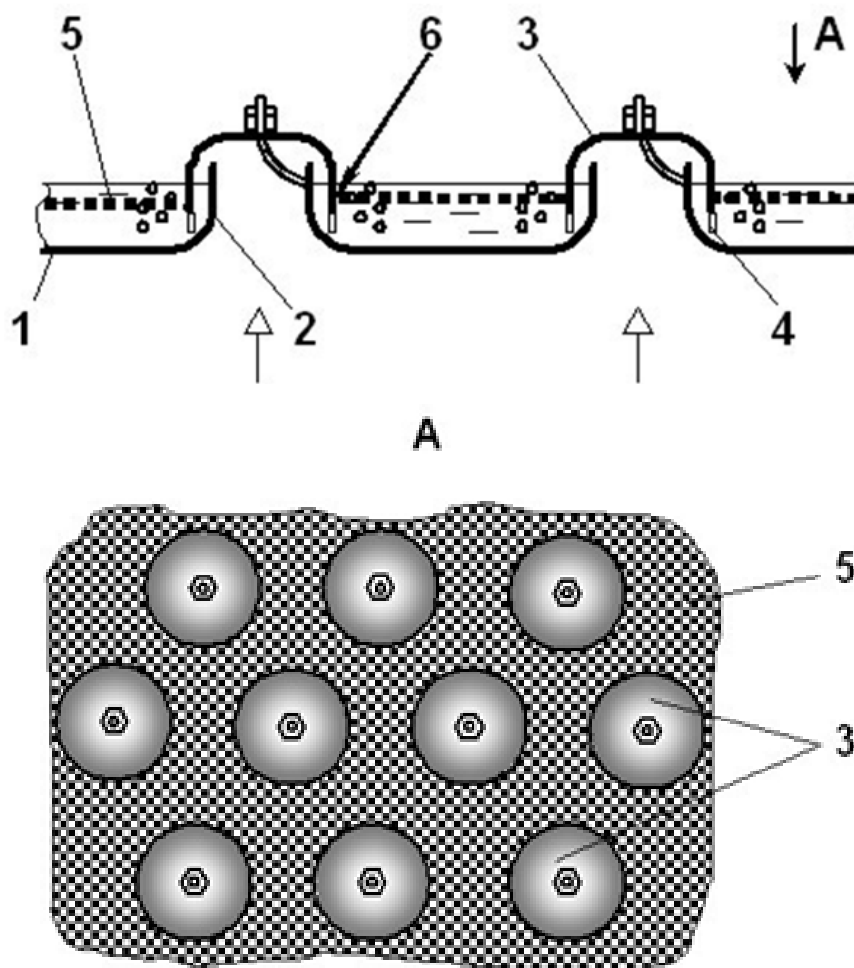


Рисунок 3.4. – Ковпачкова тарілка із перфорованою пластиною для додаткового подрібнення бульбашок пари

1 – площина тарілки, 2 -патрубок, 3 -ковпачок, 4 - прорізи,
5 - перфорована горизонтальна пластина, 6 – отвір під ковпачок у перфорованій горизонтальній пластині

Переваги модернізації:

- збільшується ефективність роботи ректифікаційної колони.

Недоліки:

- Значно зростає маса колони.

У патенті [4] представлена колона, що складається із ковпачків, які встановлюються на тарілках 130. Флегма вибірково зливається з тарілки через клапанні елементи 134, які проходить крізь отвір 135 у тарілці. Колона

обладнана спеціальним кільцем 146 та секцією 126, а також коробкою з фланцем.

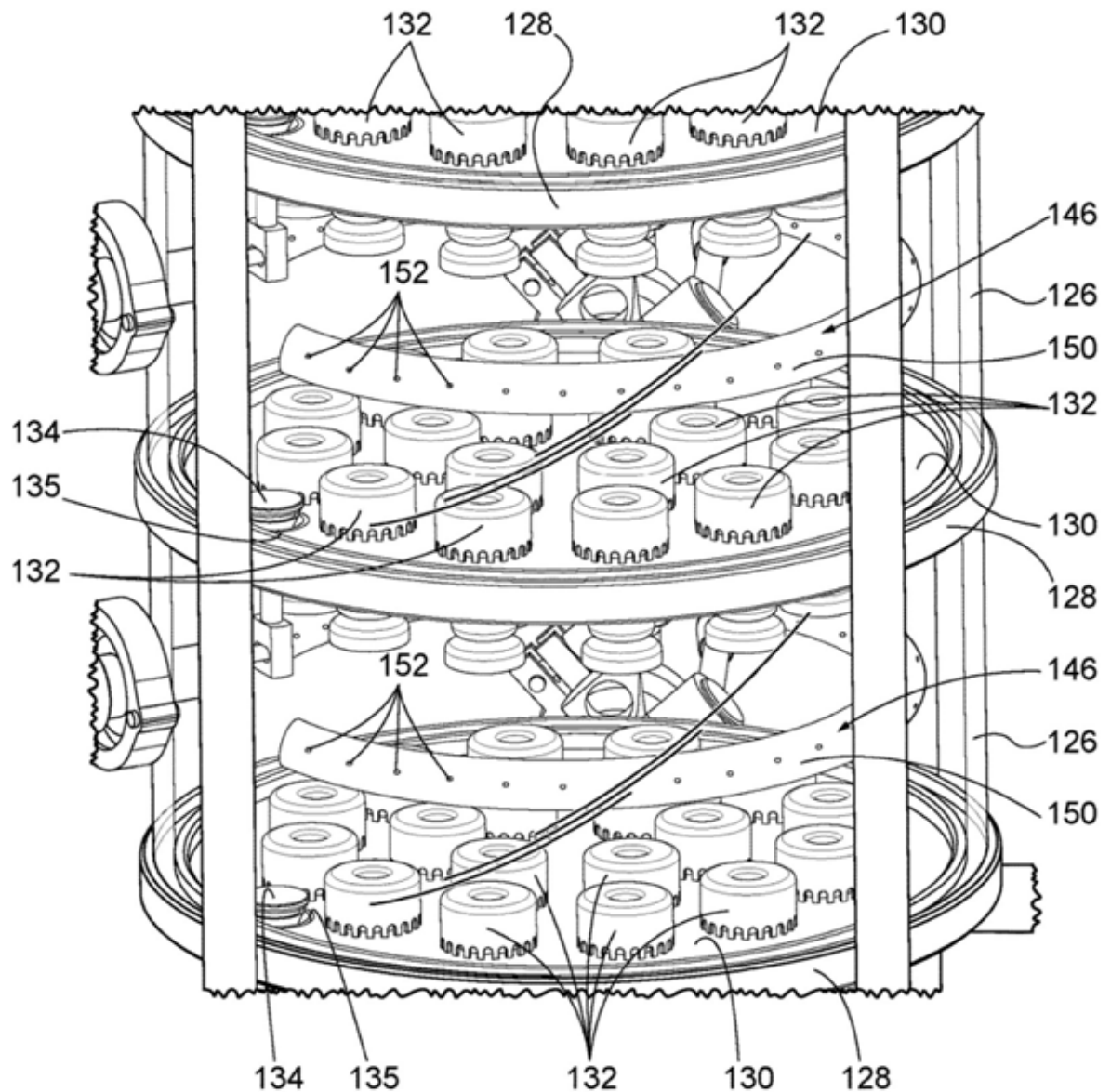


Рисунок 3.5. Конструкція тарілок колони

Переваги:

рівномірний розподіл рідини по колоні; збільшена продуктивність масообміну; можливість працювати при високих тисках.

Недоліки:

складність конструкції.

3.2. Суть пропонуваної модернізація колони

На основі проведеного патентного огляду розроблено заходи із модернізації ковпачкової тарілки ректифікаційної колони. Зокрема, пропонується над кожним із ковпачків 4 (рис. 3.6) тарілки 2 ректифікаційної колони закріпити круглу пластину 3 із отворами для проходження пари. Діаметр отворів – 2 мм. Пластина 3 повинна кріпитися над ковпачком таким чином, щоб вона була розташована на 3-4 мм вище від верхнього краю переливної стінки 1, тобто щоб дана пластина була над рівним флегми [13].

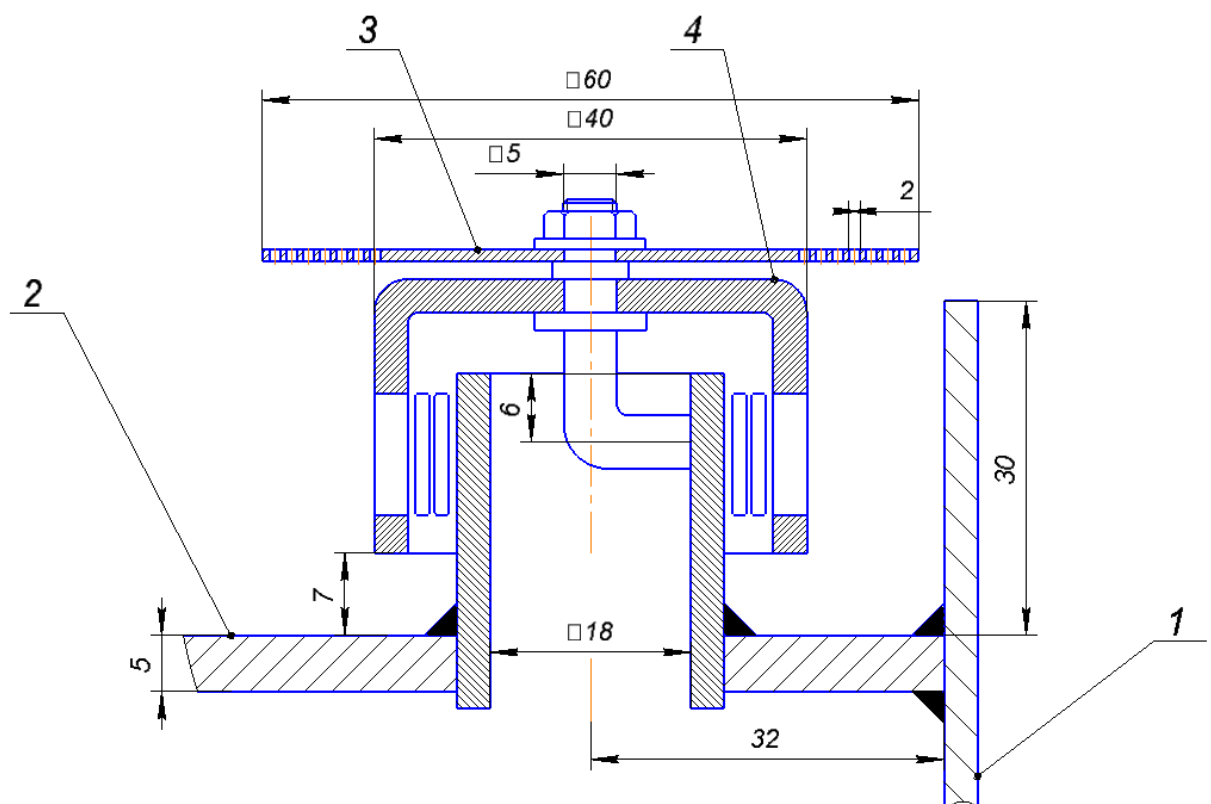


Рисунок 3.6. Модернізована тарілка ректифікаційної колони

В процесі роботи ректифікаційної колони, пара проходить крізь щілини в ковпачку 4 та борботуватиме крізь шар флегми. Покидаючи шар флегми пара, рухаючись вгору, захоплює із собою краплини флегми. Завдяки розміщенням над кожним ковпачком колони перфорованим пластинам, ці краплини не будуть виноситись парою на наступну, вищу, тарілку а затримуватимуться на пластині та поступово зтікати назад на тарілку.

3.3. Моделювання роботи тарілчастої колони

Пара, що проходить через пластину, піднімає бульбашки над шаром флегми, створюючи зону, де струмінь пари і бульбашки проходять крізь флегму на пластині. Ця зона називається зоною піноутворення. Над зоною піноутворення знаходиться зона піни, а ще вище - зона розбризкування. У всіх трьох зонах відбувається масообмін між зворотним потоком і парою.



Рисунок 3.7. Модель процесу взаємодії пари та флегми на тарілках ректифікаційної колони

Далі було визначено теоретичну кількість ступенів у ректифікаційній колоні. Для цього було побудовано графік зміни концентрації рефлюксу та пари в процесі перегонки (рис. 3.7).

Через точки «а» і «б» на графіку була проведена лінія робочої концентрації. При цьому положення точки «б» на графіку визначалося наступним чином Точка «б» знаходилася на вертикальній осі на висоті В відносно початку координат. Значення висоти В визначалося з наступного рівняння

$$B = \frac{x_d}{v + 1},$$

де x_d –концентрація дистилляту,мол.%;

v – флегмове число.

Тангенс кута нахилу лінії до горизонталі визначали за формулою:

$$A = \frac{v}{v+1}.$$

Рівноважні криві були розроблені на основі значень концентрації летких компонентів у рідині і, відповідно, їх концентрації в парі. Дані були взяті з довідників.

Потім між рівноважною кривою і лінією робочої концентрації проводилася стадія ректифікаційної колони. Кількість тарілок визначається відповідно до ступеня зміни концентрації.

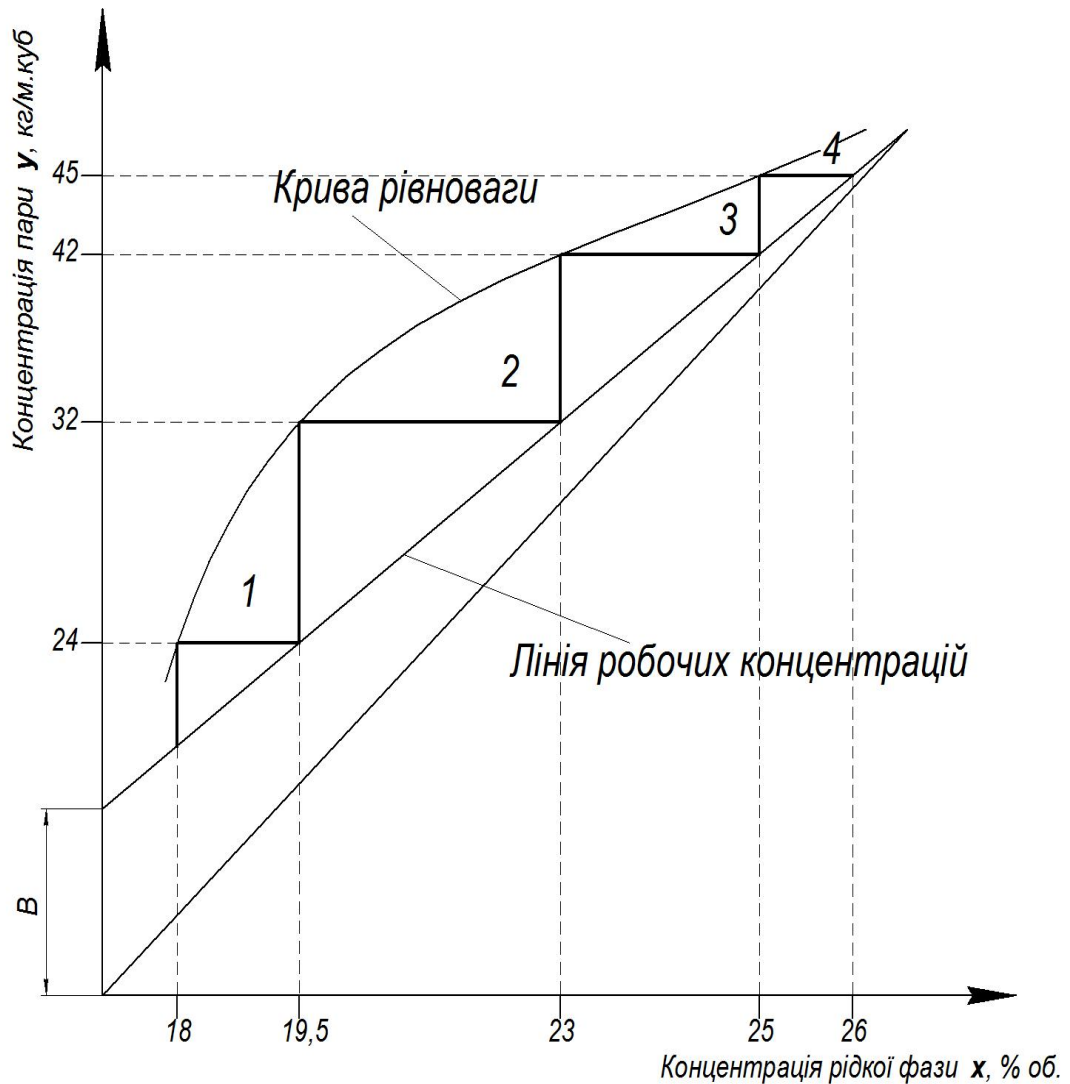


Рисунок 3.8. Визначення кількості тарілок

3.4. Висновки до розділу

На основі патантного пошуку запропоновано модернізацію ректифікаційної колони, яка полягає у встановленні над ковпачками спеціальних перфорованих пластин, завданням яких є перешкоджання винесення парою крапель флегми на верхні тарілки.

Встановили, що для ефективної роботи модернізованої ректифікаційної колони вона повинна бути обладнана чотирма тарілками ковпачкового типу.

4. Розрахунок ректифікаційної колони

4.1. Матеріальний розрахунок колони

Матбаланс колони передбачає два рівняння: загальний вираз матбалансу колони та формула матбалансу колони за легколетким компонентом.

Загальне рівняння має вигляд:

$$F = P + W$$

де F –розхід по початковій суміші, кг/с;

W - розхід за кубовим залишком, кг/с;

P – розхід за дистилятом, кг/с.

Рівняння за легколетким компонентом:

$$F \bar{x}_f = P \bar{x}_p + W \bar{x}_w$$

де f_x – частка л.л.к. у початковій суміші % мас.;

p_x - частка л.л.к. в дистиляті, % мас.;

w_x - частка л.л.к. у в кубі, % мас.

Виразивши з формули (1) масовий розхід дистиляту або кубового залишку та відповідно підставляючи отримане значення у рівняння, можна отримати масову витрату кубового залишку.

$$W = \frac{F(\bar{x}_P - \bar{x}_F)}{\bar{x}_F - \bar{x}_W} = \frac{5,625 \cdot (0,95 - 0,62)}{0,62 - 0,05} = 3,7 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

$$P = F - W = 5,625 - 3,7 = 1,92 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Продуктивність ректифікаційної колони за парою та флегмою визначають флегмовим числом. раціональне значення цього числа можна встановити при димпозі відповідного розрахунку.

виконаємо розрахунок, що в своїй основі має визначення коефіцієнта надлишку флегми:

$$\beta = R/R_{\min}.$$

де $R_{\min}$ - мінімальне значення флегмового числа:

$$R_{\min} = (x_p - y_F^*) / (y_F^* - x_F)$$

де x_p, x_f – молярні частки л.л.к. у вихідній суміші та дистиляті відповідно, кмоль/кмоль;

y_f^* – виіст л.л.к. в парі, що перебуває у рівновазі із вихідною рідиною.

Щоб визначити флегмове число потрібно виконати перерахунок складу із масових часток у мольні.

Виконаємо це за формулою:

$$x = \frac{\bar{x}/M_{\text{нк}}}{\bar{x}/M_{\text{нк}} + \frac{1-\bar{x}}{M_{\text{вк}}}}$$

де, $M_{\text{нк}}$ и $M_{\text{вк}}$ – відповідно молярні маси важколеткого та легколеткого компонентів, г/моль;

x и x' – мольна та масова частки важколеткого та легколеткого компонентів відповідно у вихідній суміші, кубовому залишку або дистиляті.

Проведемо перерахунок:

Вихідна суміш:

$$x_F = \frac{\bar{x}_f/M_{\text{нк}}}{\bar{x}_f/M_{\text{нк}} + \frac{1-\bar{x}_f}{M_{\text{вк}}}} = \frac{0,62/42}{0,62/42 + \frac{1-0,65}{44}} = 0,64 \frac{\text{кмоль}}{\text{кмоль суміші}}$$

Отриманий дистилят:

$$x_p = \frac{\bar{x}_p/M_{\text{нк}}}{\bar{x}_p/M_{\text{нк}} + \frac{1-\bar{x}_p}{M_{\text{вк}}}} = \frac{0,995/42}{0,995/42 + \frac{1-0,995}{44}} = 0,95 \frac{\text{кмоль}}{\text{кмоль суміші}}$$

Кубовий залишок:

$$X_w = \frac{\bar{x}_w / M_{HK}}{\bar{x}_w / M_{HK} + \frac{1 - \bar{x}_w}{M_{BK}}} = \frac{0,05 / 42}{0,05 / 42 + \frac{1 - 0,05}{44}} = 0,04 \frac{\text{кмоль}}{\text{кмоль суміші}}$$

Для спрощення розрахунку проведемо розрахунок по відношенні до бінарної суміші. Для визначення необхідного числа теоретичних тарілок ректифікаційної колони необхідно побудувати фазові діаграми. Для їх побудови необхідно спочатку визначити рівноважні склади парової та рідкої фаз вихідної суміші. Використаємо для цього довідкові дані.

Таблиця 4.1. Рівноважні склади фаз суміші

% C ₂ H ₆		молярна частка C ₂ H ₆	
в рідині	в парі	в рідині	в парі
10	11,02	0,10	0,1102
20	21,72	0,20	0,2172
30	32,12	0,30	0,3212
40	42,27	0,40	0,4227
50	52,23	0,50	0,5223
60	62,02	0,60	0,6202
70	71,66	0,70	0,7166
80	81,20	0,80	0,8120
90	90,63	0,90	0,9063

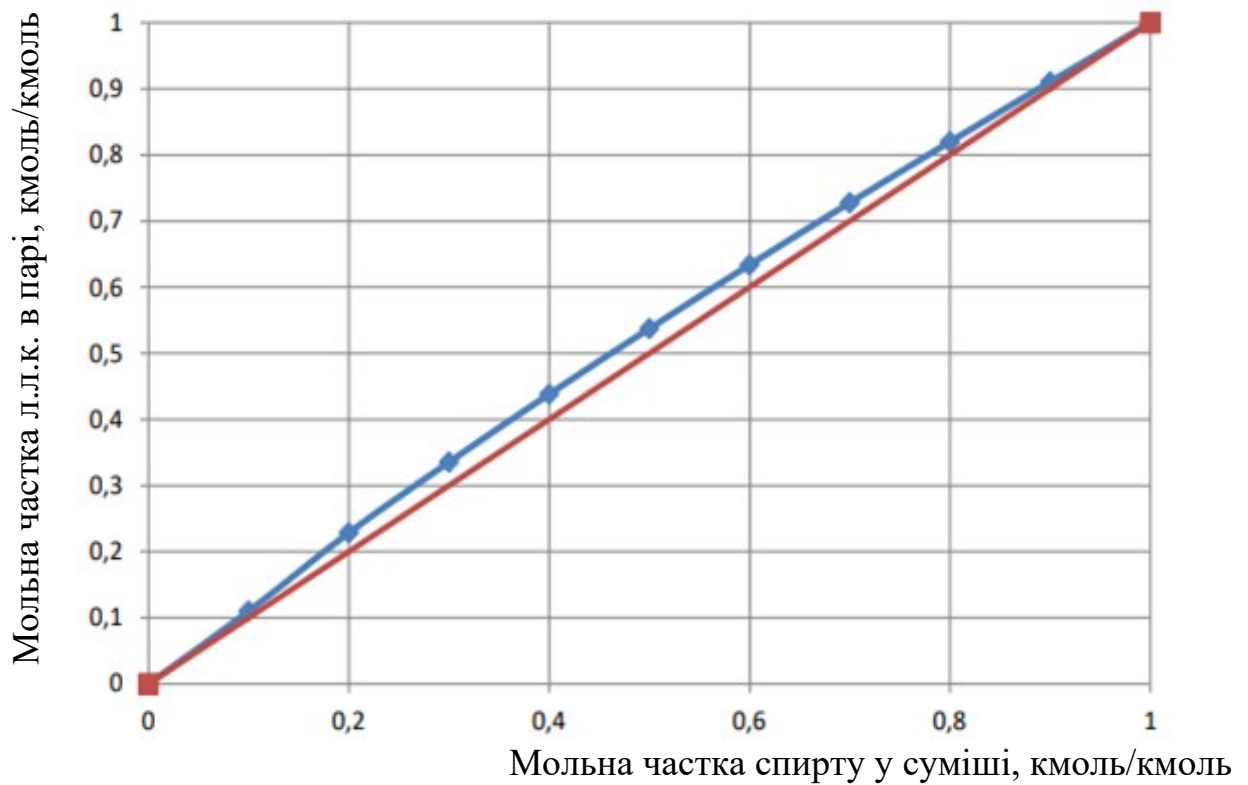


Рисунок 4.1. Графік залежності концентрації парової фази від концентрації рідкої фази

Далі із даного графіка знайдемо значення y_w , y_F и y_P , (рис. 4.2.)

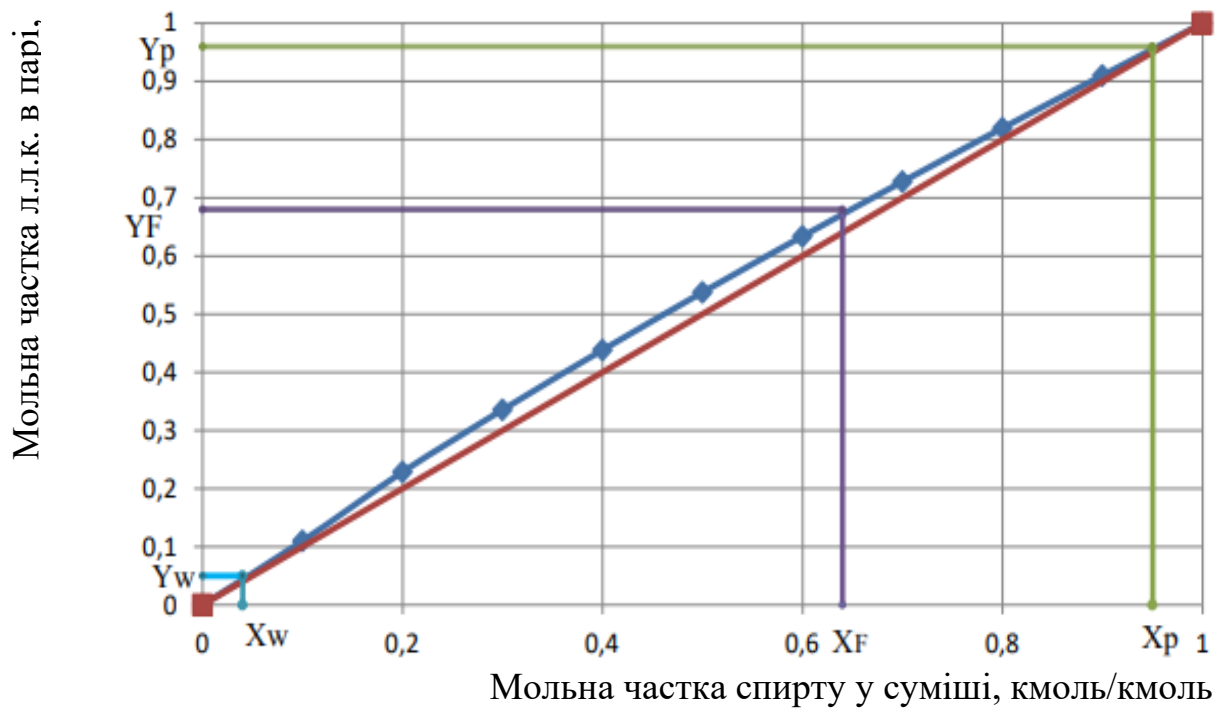


Рисунок 4.2. Отримання залежності концентрації парової фази від концентрації рідкої фази

Отримали значення мольних часток більш леткого компонента у парі:

$$Y_p = 0,95, \text{ кмоль/кмоль};$$

$$Y_F = 0,68, \text{ кмоль/кмоль};$$

$$Y_W = 0,05, \text{ кмоль/кмоль} .$$

Далі графічним способом визначили оптимальне значення флегмового числа.

Мінімальна величина флегмового числа:

$$R_{\min} = \frac{x_p - y^*_F}{y^*_F - x_F}$$

де x_p – мольна частка л.л.к. у дистилляті (за рис. 4.2.), моль/моль;

x_F – мольна частка л.л.к. у роратковій суміші (за рис. 4.2.), моль/моль;

y^*_F – мольна частка л.л.к. в парі (за рис. 4.2.), моль/моль.

$$R_{\min} = \frac{0,95 - 0,68}{0,68 - 0,64} = 6,75$$

Значення коефіцієнту надлишку флегми рекомендується брати у діапазоні від 1,05 до 2,5. Прийняли значення коефіцієнта від 1,1 до 2,5. Тепер закладаємо переліком значень коефіцієнту надлишку від 1,05 до 2,5 та визначимо робочі флегмові числа R із вирзу:

$$R = R_{\min} \cdot \beta$$

Буде:

$$R_1 = \beta_1 \cdot R_{\min} = 1,1 \cdot 6,75 = 7,42;$$

$$R_2 = \beta_1 \cdot R_{\min} = 1,22 \cdot 6,75 = 8,3;$$

$$R_3 = \beta_2 \cdot R_{\min} = 1,4 \cdot 6,75 = 9,45;$$

$$R_4 = \beta_3 \cdot R_{\min} = 1,5 \cdot 6,75 = 10,125;$$

$$R_5 = \beta_4 \cdot R_{\min} = 1,8 \cdot 6,75 = 12,15;$$

$$R_6 = \beta_5 \cdot R_{\min} = 2,0 \cdot 6,75 = 13,5;$$

$$R_7 = \beta_6 \cdot R_{\min} = 2,5 \cdot 6,75 = 16,87.$$

Далі для кожного отриманого флегмового числа R побудуємо лінії на графіку:

- зміцнююча частина:

$$y = \frac{R}{R+1} \cdot x + \frac{x_p}{R+1}$$

- надлишкова частина:

$$y = \frac{R+F}{R+1} \cdot x - \frac{F-1}{R+1} \cdot x_w$$

Тепер розрахуємо B :

$$B_1 = \frac{x_p}{R_1 + 1} = \frac{0,95}{7,42 + 1} = 0,112;$$

$$B_2 = \frac{x_p}{R_1 + 1} = \frac{0,95}{8,3 + 1} = 0,102;$$

$$B_3 = \frac{x_p}{R_2 + 1} = \frac{0,95}{9,45 + 1} = 0,09;$$

$$B_4 = \frac{x_p}{R_3 + 1} = \frac{0,95}{10,125 + 1} = 0,085;$$

$$B_5 = \frac{x_p}{R_4 + 1} = \frac{0,95}{12,5 + 1} = 0,07;$$

$$B_6 = \frac{x_p}{R_5 + 1} = \frac{0,95}{13,5 + 1} = 0,065;$$

$$B_7 = \frac{x_p}{R_6 + 1} = \frac{0,95}{16,87 + 1} = 0,053;$$

Виконаємо графік залежності концентрації більш леткого компоненту у парі та рідкій фазі. На даному графіку відкладемо необхідні значення, а після цього нанесемо робочі лінії зміцнюючої та вичерпної частин, та нанесемо лінії, що означають тарілки. За отриманим числом ступенів зміни концентрації отримаємо кількість теоретичних тарілок. Результати занесемо у таблицю 4.1.

Таблиця 4.1. Отримання оптимального флегмового числа

№ п/п	β	R	N	N(R+1)
1	1,2	8,3	132	1201
2	1,4	9,45	123	1285
3	1,5	10,125	114	1268
4	1,8	12,15	95	1250
5	2,0	13,5	86	1247
6	2,5	16,87	71	1268

Далі отримали графік залежності $N(R+1)=f(R)$

За даною залежністю отримали оптимальне робоче значення флегмового числа, яке повинне відповідати мінімальному значенню R на отриманому графіку.

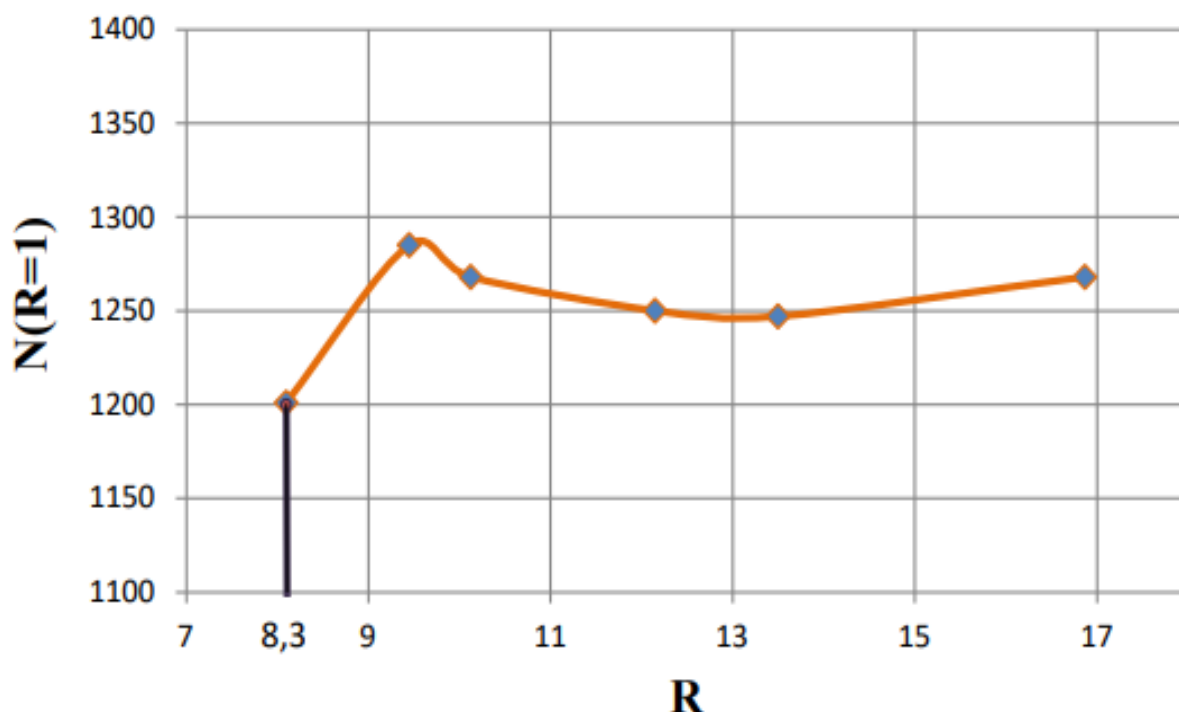


Рисунок 4.3. отримання робочого значення флегмового числа

Цим шляхом встановили, що оптимальне значення флегмового числа становить 8,3.

Далі визначимо розхід флегми та пари на різних ділянках нашої колони.

Середня кількість масових витрат за флегмою для верхньої і, відповідно, нижньої частин тарілчастої колони отримаємо зі співвідношень:

$$L_B = \frac{PRM_B}{M_p};$$

$$L_H = \frac{PRM_H}{M_p} + \frac{FM_H}{M_f},$$

де M_p — молярна маса отриманого дистилату;

M_f – молярна маса почткової суміші;

M_v – середня мол. маса флегми на верхній частині колони;

M_n – сер. мол. маса флегми на нижній частині колони.

Середня мол. маса флегми на нижній частині апарату можна визначити із виразу:

$$M_v = M_n x_{ср.в.} + M_v (1 - x_{ср.в.});$$

Аналогічним чином далі визначимо середню мол. масу флегми на нижній частині:

$$M_n = M_n x_{ср.н.} + M_v (1 - x_{ср.н.})$$

де M_m – мол. маса легколеткого компонента в флегмі;

$x_{ср.в.}$ – середньо мол. склад флегми на верхній частині апарату;

$x_{ср.н.}$ – середньо мол. склад флегми на нижній частині апарату.

Середньомольний склад флегми на верхній та нижній частинах апарату визначимо таким чином:

$$x_{ср.в.} = \frac{x_p + x_f}{2} = \frac{0,95 + 0,64}{2} = 0,795$$

$$x_{ср.н.} = \frac{x_w + x_f}{2} = \frac{0,04 + 0,64}{2} = 0,34$$

Отримаємо:

$$M_v = 42 \cdot 0,795 + 44(1 - 0,795) = 42,41 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}};$$

$$M_n = 42 \cdot 0,34 + 44(1 - 0,34) = 43,32 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}.$$

Молярна маса початкової суміші:

$$M_f = 42 \cdot 0,64 + 44(1 - 0,64) = 42,72 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}.$$

Молярна маса отриманого дистилляту:

8-ємність для вихідної суміші; 9-холодильник; 10- ліхтар; 11, 12 - збірник дистиляту; 13-насос.

4.2. Висновки до розділу

Виконано матеріальний розрахунок установки для ректифікації.

В результаті розрахунку отримали рівноважні склади легко- та важколеткого компонентів суміші, що розділяється у ректифікаційній колоні.

Отримали значення середніх масових розходів флегми на верхній та нижній частинах колони.

Встановили, що оптимальне значення флегмового числа для даної ректифікаційної установки становить 8,3.

5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5.1. Охорона праці

5.1.1. Вимоги пожежної безпеки до будівель, споруду приміщення.гляд заходів поліпшення стану виробничого середовища

Вимоги пожежної безпеки до будівель та приміщень включають ряд аспектів, які мають за мету запобігання поширенню пожежі, забезпечення безпеки людей у випадку виникнення пожежі, а також збереження майна. Основні вимоги можуть включати такі пункти:

- Системи пожежної сигналізації та оповіщення про пожежу: Наявність датчиків диму, тепла, автоматичних спостерігачів за вогнем, сигналізація, яка вчасно оповіщує людей про пожежу.
- Засоби пожежогасіння: Наявність вогнегасників, гідрантів, систем автоматичного гасіння пожежі (спринклерні системи тощо).
- Евакуаційні виходи та шляхи евакуації: Наявність безперешкодних шляхів виходу, їх відповідна ширина, відсутність перешкод на шляхах евакуації.
- Будівельні матеріали та конструкції: Використання вогнестійких матеріалів, конструкцій, які можуть зменшити ризик швидкого поширення вогню.
- Системи вентиляції та електрообладнання: Безпека електропроводки, системи вентиляції, які не сприяють поширенню вогню.
- Пожежно-технічне обладнання: Регулярна перевірка, обслуговування та функціонування пожежних систем, вогнегасників, димовивідних установок та інших пристроїв.
- План евакуації та навчання персоналу: Чіткий план дій у випадку пожежі, тренування персоналу щодо евакуації та використання пожежних систем.

Для всіх будівель і споруд необхідні бути визначені категорії та зони пожежної небезпеки. На вхідних дверях приміщень вивішується табличка з їх визначенням. Усі будівлі, споруди, приміщення і територія повинні своєчасно очищатися від горючого сміття, відходів виробництва та постійно утримуватися у чистоті. Розміщення у приміщеннях меблів та обладнання слід здійснювати таким чином, щоб забезпечувався вільний евакуаційний прохід до дверей виходу, який дорівнює ширині дверей, але не менше 1 м. За наявності у приміщенні однієї виходу дозволяється розміщувати в ньому не більше 50 осіб. Евакуаційні шляхи (проходи, коридори, сходові марші тощо) і виходи повинні постійно утримуватися вільними, нічим не зашарашуватися.

На кожному поверсі вивішується план евакуації на випадок пожежі. Не допускається зберігати, у тому числі тимчасово, інвентар та різні матеріали у тамбурах виходів, у шафах (нішах) для інвентарних комунікацій, зачиняти на замки та інші запори, що важко відчиняються зсередини, зовнішні евакуаційні двері у разі знаходження в будинку людей. При необхідності встановлення на вікнах приміщень де перебувають люди решіток, останні повинні відкриватись, розсуватись або зніматись. Під час організації і проведення заходів з масовим перебуванням людей слід дотримуватись таких вимог:

- при кількості людей понад 50 осіб дозволяється використовувати приміщення забезпечене не менше ніж двома евакуаційними виходами, не має на вікнах глухих решіток, а в будівлях з горючими перекриттями розташовані не вище другого поверху;

- забороняється влаштування складових чи інших допоміжних приміщень під сходовими маршами;

- особи, яким доручено проведення таких заходів, перед їх початком зобов'язані ретельно оглянути приміщення і переконатись у повній готовності останніх у протипожежному відношенні, у тому числі

забезпечені потрібною кількістю первинних засобів пожежогасіння, справних засобів зв'язку, пожежної автоматики та сигналізації;

- має бути організоване чергування в актовій залі членів ДНД чи відповідальних чергових;

- не дозволяється заповнення приміщень людьми понад установлено норму (0,75 м² на одну людину), звуження проходів між рядами (не менше 1м), установка в проходах додаткових стільців тощо.

Пожежні крани, які є у будинку, повинні бути укомплектовані пожежними рукавами і стволами одного з них діаметра, а також важелем для полегшення відкривання вентиля, утримуватися справними доступними для використання. Не рідше одного разу на шість місяців вони мають перевірятися на працездатність службою, яка здійснює їх технічне обслуговування (членами ДНД). Пожежні рукави необхідно утримувати сухими, складеними у „гармошку” або подвійну скатку, приєднаними до крана та ствола. Використання пожежних рукавів для господарчих та інших потреб, не пов'язаних з пожежогасінням, не допускається. Пожежні шафи для розміщення кранів слід пломбувати. На дверцятах із зовнішнього боку необхідно після літерного індексу „ПК” вказати порядковий номер крана та номер телефону виклику пожежної охорони.

Встановлюючи шафи слід враховувати можливість розміщення у них двох вогнегасників. Будинки та приміщення повинні бути забезпечені необхідною кількістю вогнегасників згідно з вимогами Правил пожежної безпеки в Україні, їх слід встановлювати у легкодоступних та видних місцях (коридорах, біля входів або виходів приміщень) таким чином, щоб вони не заважали під час евакуації і була можливість прочитування маркувальних написів на корпусі (інвентарний номер, пломби на пристроях ручного пуску, бирки, порядок приведення в дію, червоне фарбування). Відстань від можливого осередку пожежі (найбільш віддаленого місця у приміщенні) до місця розташування вогнегасника не повинна перевищувати 20м, але кількість вогнегасників повинна бути не

менше двох на поверх. Місця знаходження вогнегасників слід позначати вказівними знаками згідно чинними стандартами. Зарядження та перезарядження вогнегасників має виконуватися згідно інструкції з їх експлуатації (не рідше одного разу на рік). Перезарядженню підлягають також вогнегасники із зірваними пломбами. Усі працівники повинні вміти користуватися вогнегасниками та внутрішніми пожежними кранами. Горища, електрощитові та інші технічні приміщення не повинні використовуватися не за призначенням (для зберігання меблів, устаткування, інших сторонніх предметів). Двері горищ, електрощитових слід утримувати зачиненими. На дверях цих приміщень повинно бути вказане місце знаходження ключів. Стан вогнезахисної обробки деревинних конструкцій перевіряється не менше одного разу на рік зі складанням акта перевірки; організація, яка проводить вогнезахисну обробку складає акт про виконану роботу. У складських приміщеннях зберігання різних речовин та матеріалів має здійснюватися з урахуванням їх пожежонебезпечних, фізико-хімічних властивостей і сумісності. Спільне зберігання легкозаймистих та горючих рідин з іншими матеріалами, зберігання кислот у місцях, де можливе їх стикання з речовинами органічного походження не дозволяється, матеріали необхідно зберігати на стелажах або укладати у штабелі, залишаючи між ними проходи шириною не менше 1м. відстань між стінами та штабелями повинна бути не менше 0,8м. Зберігання навалом та впритул до приладів і труб опалення не дозволяється. Приміщення, де використовуються комп'ютери, слід оснащувати переносними вуглекислотними вогнегасниками. Персональні комп'ютери після закінчення роботи на них повинні відключатися від електромереж.

5.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях

5.2.1. Організація та проведення дослідження стійкості роботи підприємств харчової та переробної промисловості в умовах надзвичайних ситуацій

Під стійкістю роботи промислового підприємства розуміють здатність його у надзвичайних ситуаціях випускати продукцію в запланованому об'ємі та номенклатурі, а при отриманні пошкоджень, руйнувань або порушенні зв'язків по кооперації, відновлювати виробництво в мінімальні терміни [7]. Це розуміння стійкості поширюється у тому числі на підприємства харчової та переробної промисловості.

Стійкість підприємств харчової промисловості в умовах НС є особливо важливою, оскільки забезпечення населення продуктами харчування має здійснюватися навіть після виникнення масштабних надзвичайних ситуацій. У той же час як сировина так і готова продукція харчових підприємств має властивість швидко псуватися, що значно ускладнює забезпечення стійкості, зокрема технологічної.

Дослідження стійкості роботи підприємства – це всебічне вивчення обстановки, яка може скластися під час надзвичайної ситуації та визначення її впливу на виробничу діяльність підприємства. Мета дослідження полягає в тому, щоб виявити слабкі місця в роботі об'єкта та виробити найбільш ефективні пропозиції, спрямовані на підвищення його стійкості.

Дослідження стійкості роботи підприємства проводиться силами інженерно-технічного персоналу із залученням спеціалістів науково-дослідних та проектних організацій. Організатором та керівником досліджень є керівник підприємства.

Увесь процес планування і проведення досліджень поділяється на три етапи [7]:

I етап — підготовчий;

II етап — оцінка стійкості роботи об'єкта;

III етап — розроблення заходів, які підвищують стійкість роботи підприємства в умовах надзвичайної ситуації.

На першому етапі розробляються керівні документи, які визначають склад учасників досліджень та організовується їх підготовка.

Основними документами для організації досліджень стійкості роботи об'єкта є: наказ керівника підприємства, щодо проведення дослідження; календарний план основних заходів з підготовки до проведення досліджень; план проведення досліджень.

Наказ керівника підприємства розробляється на підставі вказівок старшого начальника з урахуванням умов пов'язаних з виробничою діяльністю об'єкта. В наказі вказується: мета і завдання дослідження; терміни проведення робіт; склад учасників досліджень; склад і завдання дослідницьких груп; строки готовності облікової документації.

Календарний план основних заходів з підготовки до проведення досліджень визначає: основні заходи; терміни їх виконання; відповідних виконавців; сили та засоби, які залучаються для виконання завдань.

План проведення досліджень є основним документом, який визначає зміст роботи керівника дослідження і груп головних спеціалістів. В плані вказується: тема дослідження; мета дослідження; тривалість дослідження; склад дослідницьких груп та зміст їх роботи; порядок проведення дослідження. Термін дослідження встановлюється залежно від обсягу роботи та підготовки учасників і може тривати 2 – 3 місяці. Залежно від складу основних виробничо-технічних служб на об'єкті створюються дослідницькі групи. Їх кількість і чисельність залежить від обсягу вирішуваних завдань та специфіки виробництва.

На підготовчому етапі з керівниками груп проводиться спеціальне заняття, на якому керівник підприємства доводить до виконавців план роботи, завдання кожної групи та визначає терміни дослідження.

На другому етапі проводиться безпосереднє дослідження стійкості роботи об'єкта. В ході дослідження визначаються умови захисту робітників та службовців від уражаючих факторів, проводиться оцінка уразливості виробничого комплексу від різних уражаючих факторів, оцінюється характер можливих пошкоджень від вторинних уражаючих факторів, вивчається стійкість роботи системи забезпечення та кооперативних зв'язків з іншими об'єктами, з'ясовуються вразливі місця в системі управління, виробництвом.

Кожна група оцінює стійкість відповідних елементів виробничого комплексу та робить необхідні розрахунки.

Штаб Цивільної оборони ОГД в цей період оцінює загальний стан ІДО і визначає заходи для забезпечення захисту робітників і службовців. Для цієї роботи притягається ряд начальників служб, які виконують відповідні функції. Служба оповіщення і зв'язку вивчає і оцінює стійкість зв'язку з органами ЦО, виробничими підрозділами і формуваннями ЦО. Оцінює надійність системи зв'язку і оповіщення, повноту обладнання пунктів управління. Служба сховищ і укриттів оцінює інженерний захист робітників і службовців, правильність експлуатації сховищ і укриттів, готовність їх до використання за прямим призначенням. Розраховує час на оповіщення робітників і службовців, збір і укриття їх в захисних спорудах.

Служба радіаційного та хімічного захисту оцінює можливості роботи об'єкта в умовах радіації і дає пропозиції щодо захисту робітників і службовців від радіоактивного зараження, визначає типові режими радіаційного захисту людей, розробляє графік робочих змін для проведення РіНР. Аналізує забезпеченість робітників і службовців засобами індивідуального захисту, умови зберігання і порядок їх видачі. Готує пропозиції щодо організації і ведення радіаційної і хімічної розвідки, організації санітарної обробки людей, знезараження одягу, транспорту, техніки і споруд.

Медична служба розробляє заходи щодо організації медичного обслуговування робітників та службовців на об'єкті і в заміській зоні, а також

при проведенні РіНР. Визначає сили і засоби для надання першої медичної допс моги потерпілим. Виробляє рекомендації з організації дозиметричного контролю при перебуванні людей у зоні радіоактивного зараження і рекомендації з захисту продуктів харчування і джерел водопостачання.

Служба охорони громадського порядку розробляє заходи з підсилення пропускного режиму, охороні матеріальних цінностей, забезпечення громадського порядку.

На третьому етапі підводяться підсумки проведених досліджень. Групи спеціалістів за підсумками досліджень готують підсумки і пропозиції з захисту робітників та службовців і підвищенню стійкості елементів виробництва, які досліджуються.

Група комплексних досліджень на основі доповідей інших груп складає загальний план, в якому визначаються: можливості щодо захисту робітників і службовців в ЗС; загальна оцінка стійкості об'єкта, найбільш слабкі (вразливі) ділянки виробництва; практичні заходи, терміни та обсяги робіт, які виконуються при повсякденній діяльності та при загрозі АС; порядок та приблизні строки відновлюваних робіт при різних ступенях руйнування. За результатами досліджень розробляються плани, в яких визначаються відповідні заходи, необхідні кошти на їх проведення, терміни і відповідальні особи за їх виконання.

Правильність проведених розрахунків та реальність пропозицій і рекомендацій перевіряються на спеціальних навчаннях під керівництвом начальника ЦО об'єкта. Завчасно плануються і проводяться, в основному, заходи які потребують значних матеріальних витрат та часу на їх виконання. Економічна ефективність цих заходів може бути досягнута при їх коригуванні з завданнями щодо безаварійної-роботи об'єкта, поліпшення умов праці, удосконаленню виробничого процесу, реконструкції виробництва і таке інше.

5.2.2. Радіоактивне забруднення місцевості та його вплив на виробничу діяльність підприємств харчової та переробної промисловості

Серед уражаючих факторів ядерної аварії і ядерного вибуху особливе місце займає радіоактивне забруднення. Воно поширюється на сотні кілометрів. При цьому на великих площах може створюватися забруднення, яке буде небезпечним протягом тривалого часу.

В умовах радіоактивного забруднення місцевості виробнича діяльність харчових та переробних підприємств значно ускладнюється.

Для визначення конкретних параметрів впливу радіоактивного забруднення місцевості на виробничу діяльність підприємств харчової та переробної промисловості виявляють і оцінюють радіаційну обстановку.

Радіаційна обстановка — це масштаб і ступінь радіоактивного забруднення місцевості, які впливають на дії формувань рятувальних служб, населення і роботу об'єктів народного господарства.

Радіаційна обстановка може бути виявлена й оцінена за даними прогнозу і розвідки.

Прогнозування радіоактивного забруднення проводиться на основі гіпотетичних розрахунків можливих аварій на атомних електростанціях, на основі встановлених закономірностей залежно від масштабів і характеру радіоактивного забруднення місцевості від потужності й виду ядерного вибуху та метеорологічних умов.

Для прогнозування радіоактивного забруднення місцевості необхідні такі вихідні дані: розміщення атомної станції, вид і потужність реактора, координати, потужність і вид ядерного вибуху, час аварії чи вибуху, напрямок і швидкість середнього вітру.

Середнім вітром називається вітер, який є середнім за швидкістю і напрямком для всіх шарів атмосфери від поверхні землі до висоти піднімання верхньої кромки хмари вибуху. Напрямок середнього вітру вказується азимутом у градусах.

Азимут середнього вітру – це кут у горизонтальній площині між напрямком, звідки дме вітер, і відрахованим за ходом годинникової стрілки.

Методом прогнозу можна встановити напрямок і швидкість руху радіоактивної хмари, час її підходу до населеного пункту, час випадання радіоактивних речовин, визначити розміри зон радіоактивного забруднення і найбільш імовірне їх розміщення на місцевості.

У зв'язку з тим, що процес випадання радіоактивних речовин може тривати кілька годин або днів, ця обставина дає можливість використати дані прогнозування завчасно, тобто до надходження радіоактивних речовин до населеного пункту і проведення низки особливо важливих заходів для захисту населення й особового складу рятувальних служб. До таких заходів належать: оповіщення про загрозу радіоактивного забруднення, підготовка об'єктів до переходу на режим роботи в умовах радіоактивного забруднення, завершення робіт підготовки протирадіаційних укриттів для розміщення в них людей, підготовка індивідуальних засобів захисту органів дихання, підготовка тваринницьких приміщень для укриття сільськогосподарських тварин, заготівля кормів, укриття урожаю, захист джерел питної води, продуктів харчування, сировини та ін.

За результатами прогнозування проводиться оцінка можливих наслідків впливу радіоактивного забруднення на населення, на ведення рослинництва, тваринництва, лісового господарства та промислову діяльність.

Проте прогноз радіоактивного забруднення має відносний характер, тому його обов'язково уточнюють радіаційною розвідкою з метою своєчасного забезпечення штабів, командирів рятувальних формувань, керівників, власників і спеціалістів даними про фактичну радіаційну обстановку.

Конкретні дії особового складу рятувальних формувань, керівників, власників, спеціалістів і населення, встановлення режиму роботи об'єктів в умовах радіоактивного забруднення проводиться тільки на основі оцінки

радіаційної обстановки за даними радіаційної розвідки. Тому збір і обробка необхідних даних, виявлення й оцінка радіаційної обстановки є одним із важливих завдань штабів, командирів формувань, органів управління цивільного захисту.

Висновки

На основі патентного пошуку запропоновано модернізацію ректифікаційної колони, яка полягає у встановленні над ковпачками спеціальних перфорованих пластин, завданням яких є перешкоджання винесення парою крапель флегми на верхні тарілки.

Встановили, що для ефективної роботи модернізованої ректифікаційної колони вона повинна бути обладнана чотирма тарілками ковпачкового типу.

Отримали значення рівноважних складів легко- та важколеткого компонентів суміші, що розділяється у ректифікаційній колоні.

Встановили, що оптимальне значення флегмового числа для даної ректифікаційної установки становить 8,3.

Розглянули заходи із охрони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Перелік посилань

1. В.Г. Доброногов, І.О. Мікульонок . «Конструювання опорних вузлів хімічних апаратів і перевірка несучої спроможності обичайок на дію опорних навантажень»: Навч. посібник /. – К.НМК ВО, 1995 – 182 с.
2. Мікульонок І.О. Виготовлення монтаж та експлуатація обладнання хімічних виробництв– Київ НТУУ «КПІ», 2012 – 442с.
3. Пат. 130245 U Україна МПК (2006.01) B01D 3/20. Тарілка масообмінного апарата / Андреев І. А., Мікульонок І. О., Коваль В. О.; заявник і патентовласник вони ж. - № u201806989; заявл. 21.06.2018; опубл. 26.11.2018, Бюл. № 22.
4. Patent № 208799792 (CN), B01D 3/32,B01D 3/14. Rectifying column / 李清平徐志丹, (CN). Filing №201821402357.2, 29.08.2018; Publication 30.04.2019.
5. Патент №124245 (UA), МПК (2018.01) B01D 3/00. Ректифікаційна колона / Ткачук Максим Володимирович, (UA), Степанюк Андрій Романович (UA). Заявка № u 2017 11269, 20.11.2017; Опубл. 26.03.2018, Бюл. № 26
6. Кармелюк Г. І. Теорія ймовірностей та математична статистика: посібник з розв'язування задач. / Г. І. Кармелюк – К.: Центр учбової літератури, 2007. – 576с.
7. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С.Стручок. — Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. — 156 с.
8. Шинкарик М.М., Кравець О.І. Основи теплотехніки: навч. посібник. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2024. 132 с.
9. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с.

10. Мирончук В.Г. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості; навчальний посібник / Мирончук В.Г., Орлов Л.О., Українець А.І. та ін. – Вінниця: Нова книга, 2004.– 288 с.

11. Стадник І.Я. Обґрунтування параметрів надійності і довговічності машини статистичним моделюванням./ І.Я. Стадник, О.М.Пилипець, Ю. Паньків // Матеріали міжнародної наукової конференції “Іван Пулюй: життя в ім’я науки та України” (до 175-ліття від дня народження).Т. : ФОП Паляниця В. А., 2020. -С.101

12. Васильків В.В. Передумови розроблення комбінованих операцій виготовлення гвинтових і шнекових заготовок методом обробки металів тиском./ В.В.Васильків, М.І. Пилипець, Д.Л. Радик, О.М.Пилипець/ Збірник наукових праць «Перспективні технології та прилади». Луцький НТУ. Випуск 18, 2021/5. С.112-123. Галузь науки: технічні (17.03.2020) . Категорія: Б

13. Пилипець М.І. Раціональні способи виготовлення заготовок для одиничного і дрібносерійного виробництва/ М.І. Пилипець, О.М. Пилипець //Збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції присвяченої пам’яті професора Гевка Богдана Матвійовича „Проблеми теорії проектування та виготовлення транспортно-технологічних машин “, 2021. - с.13

14. Шинкарик М.М. Аналіз гранулометричного складу білкової дисперсної фази / М.М. Шинкарик, О.І. Кравець // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – 2011. – Т. 2, № 40. – С. 266-269.

15. Piddubnyi, V., Stadnyk, I., Kravets, O., Chahaida, A., Hushtan, T., Kahanets-Havrylko, L., Karpovych, I., Tupitska, O., Kostyuk, T., & Rozbyska, T. (2023). Characteristics of mucous-forming polysaccharides extracted from flax seeds. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 2023. Vol. 17, P. 677–693.

16. Кравець О.І. Дослідження компресійно-фільтраційних властивостей казеїну-сирцю / О.І. Кравець, М.М. Шинкарик, В.І. Кравець,

М.А. Стадницький // Таврійський науковий вісник. Технічні науки. №.4, 2024. С. 227-237

17. Shynkaryk M., Kravets O., Venhrynovych S. (2021) Features of pressing the juice from viburnum berries. Scientific Journal of TNTU (Tern.), vol 101, no 1, pp. 945–101.

18. Heat exchange in a chamber apparatus with a circulation circuit during cheese masses production / Mariia Shynkaryk, Viktor Voroshchuk, Oleh Kravets, Olha Krupa, Natalia Zvarych // Scientific Journal of TNTU. — Tern.: TNTU, 2022. — Vol 108. — No 4. — P. 43–53.

19. Кравець В.І. Вплив пористості казеїну на процес його компресійно-фільтраційного сушіння / В.І. Кравець, М.А. Стадницький, М.М. Шинкарик, О.І. Кравець // мат. Міжнародної науково-практичної конференції: «Біотехнології продовольчих продуктів: проблеми і перспективи» 10 грудня 2024 р. м. Київ : ДНУ «УкрНДІспиртбіопрод». 2024. С.41-44.

20. Кравець О.І. Регенерація фільтрувальної поверхні при очистці молочної сироватки / О.І. Кравець, М.М. Шинкарик / Ukrainian Food Journal. – 2013. № 4. – С. 555-561.

21. Shynkaryk M. Mathematical modelling of the separation of suspension process on the filter with self-purifier filter element / M. Shynkaryk, O. Kravets / Ukrainian Food Journal. – 2016. № 1. – P. 135-143.

22. Кравець О.І. Дослідження впливу температури на процес очистки сироватки фільтруванням / О.І. Кравець, М.М. Шинкарик // Сільськогосподарські машини. – 2009. – №18. – С.201-206

23. Кравець О.І. Компресійно-фільтраційне сушіння пружно-пластичних харчових мас / О.І. Кравець, М.М. Шинкарик // Збірник тез Міжнародної науково-практичної конференції «Розвиток технічних наук: проблеми та рішення» – Брно, Чеська Республіка, – 2018. – С. 56-59.

24. Шинкарик М. М. Комплексний підхід до оцінки якості технологічного процесу виробництва сиру кисломолочного неперервним способом / М. М. Шинкарик, О.І. Кравець, Паперняк Р.В.// Зб. тез доп. XIV

Міжнародної науково-практичної конференції Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем 23-24 травня 2024 р. м. Чернігів, 2024. С. 310-312.

25. Kravets O.I. Improvement of environmental sustainability of milk processing enterprises / Oleh Kravets, Mariia Shynkaryk, Viktor Kravets // Scientific Journal of TNTU. — Tern.: TNTU, 2024. — Vol 114. — No 2. — P. 111–118.

26. Процеси і апарати харчових виробництв: Підруч. / За ред; проф, І.Ф. Малежика. — К.: НУХТ, 2003. — 400 с.

27. Крупа В.В. Кваліфікаційна робота магістра: структура, вимоги до виконання та захист: Методичні рекомендації для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Галузеве машинобудування» зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування галузі знань 13 Механічна інженерія для здобувачів всіх форм здобуття освіти. Крупа В.В. та ін. Тернопіль, ТНТУ, 2023р. 66с

Додатки

Специфікації