

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:

Модернізація ректифікаційної установки безперервної дії з дослідженням теплообмінного процесу в дефлегматорі

Виконав: студент VI курсу, групи МОм-61,
спеціальності: 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва спеціальності)

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

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

Нормоконтроль Ворощук В.Я.

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

Рецензент
(підпис) (прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2021

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

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

“ ___ ” _____ 2021р.

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)

студенту Пітуху Віктору Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Модернізація ректифікаційної установки безперервної дії з дослідженням теплообмінного процесу в дефлегматорі

керівник роботи Кравець Олег Ігорович к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від “ ___ ” _____ 2021 року № _____

2. Строк подання студентом проекту : “ ___ ” грудня 2021 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. Теоретичні основи перегонки 1.3. Апарати для проведення перегонки 1.4. Огляд обладнання для ректифікації 1.5. Аналіз процесів які відбуваються на контактних пристроях. 1.6. Можливі порушення в роботі колони. 1.7. Огляд основних видів ректифікаційних установок. 1.8. Мета та задачі роботи. 2. Методи та методика дослідження. 2.1. Методика визначення необхідної кількості тарілок ректифікаційної колони та параметрів її роботи. 2.2. Методика математичного моделювання процесу розділення на ректифікаційній колоні. 2.3. Вибір об'єкту та предмету досліджень. 2.4. Стандартизовані методи дослідження. 3. Дослідження теплообміну в дефлегматорі та його модернізація. 3.2. Теоретичні дослідження теплообміну в дефлегматорі часткової конденсації. 3.3. Модернізація дефлегматора. 3.4. Моделювання процесів, що протікають на контактних пристроях. 3.5. Висновки до розділу. 4. Розрахунок ректифікаційної колони. 4.1. Матеріальний баланс ректифікаційної 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 вигляд. 1 л. Ф-А1. 3. Дефлегматор. Складальне креслення. 1 Л. Ф-А1. 4. Колона тарілчаста. Складальне креслення. 1 Л. Ф-А1. 5. Математичне моделювання процесу масообміну на таріках колони. Складальне креслення. 2 Л. Ф-А1. 6. Результати досліджень теплообміну в дефлегматорі 1 Л. Ф-А1.

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		
Нормоконтроль	Ворощук В.Я. – к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання _____ 2020р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітки
1.	Вступ	до 01.10.2021р.	
2.	1. Аналіз об'єкту дослідження	до 15.10.2021р.	
3.	2. Методи та методика дослідження	до 30.10.2021р.	
4.	3. Дослідження теплообміну в дефлегматорі та його модернізація	до 10.11.2021р.	
5.	4. Розрахунок ректифікаційної колони	до 15.11.2021р.	
6.	5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	до 10.11.2021р.	
10.	Висновки	до 25.11.2021р.	
11.			
12.	Графічний матеріал	до 30.11.2021р.	
13.			
14.			

Студент

_____ (підпис)

Пітух В.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Кравець О.І.
(прізвище та ініціали)

Анотація

Пітух Віктор Олегович. Модернізація ректифікаційної установки безперервної дії з дослідженням теплообмінного процесу в дефлегматорі.

Робота виконана за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя у 2021 році.

Дипломна робота присвячена підвищенню ефективності роботи ректифікаційної установки.

Досліджено процес теплообміну в дефлегматорі повної конденсації ректифікаційної колони. Запропоновано заходи із модернізації дефлегматора. Встановлено, що модернізація дефлегматора дозволить підвищити якість флегми на виході із дефлегматора.

Ключові слова: ректифікація, теплообмін, флегма, дистиллят, пара, дефлегматор.

Abstract

Victor Pitukh. Rectification unit of continuous operation modernization and the study of heat exchange in a dephlegmator.

The qualification work is conducted with the specialty 133 “Industrial machinery engineering”. Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, 2021.

Graduate work is devoted to improving the efficiency of the rectification unit.

Heat exchanging process in the dephlegmator condenser of full condensation of the rectification unit is investigated. Measures for dephlegmator modernization are offered. It is established that the modernization of the dephlegmator will improve the quality of phlegm at the exit of the dephlegmator.

Keywords: rectification, heat transfer, phlegm, distillate, steam, dephlegmator.

Зміст

Вступ	7
1. Аналіз об'єкту дослідження	8
1.1. Загальні відомості	8
1.2. Теоретичні основи перегонки	9
1.3. Апарати для проведення перегонки	9
1.3.1. Апарати без дефлегмації	9
1.3.2. Перегонка з дефлегмацією	10
1.4. Огляд обладнання для ректифікації	12
1.4.1. Способи регулювання флегмового числа	14
1.4.2. Типи колон	15
1.5. Аналіз процесів які відбуваються на контактних пристроях	15
1.6. Можливі порушення в роботі колони	16
1.7. Огляд основних видів ректифікаційних установок	21
1.8. Мета та задачі роботи	22
2. Методи та методика дослідження	25
2.1. Методика визначення необхідної кількості тарілок ректифікаційної колони та параметрів її роботи	26
2.1.1. Методика визначення флегмового числа	26
2.1.2. Методика визначення необхідної кількості тарілок ректифікаційної колони	28
2.1.3. Методика визначення числа одиниць переносу	32
2.2. Методика математичного моделювання процесу розділення на ректифікаційній колоні	34
2.3. Вибір об'єкту та предмету досліджень	36
2.4. Стандартизовані методи дослідження	36
3. Дослідження теплообміну в дефлегматорі та його модернізація	39

3.1. Постановка задачі	39
3.2. Теоретичні дослідження теплообміну в дефлегматорі часткової конденсації	41
3.3. Модернізація дефлегматора	43
3.4. Моделювання процесів, що протікають на контактних пристроях	45
3.5. Висновки до розділу	48
4. Розрахунок ректифікаційної колони	49
4.1. Матеріальний баланс ректифікаційної колони	49
4.2. Висновки до розділу	59
5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	60
5.1. Охорона праці	60
5.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях	66
Висновки	75
Перелік посилань	76
Додатки	78

Вступ

В процесі простої перегонки або ректифікації вихідка суміш розділяється на дві частини: дистилят, що збагачений легколетким компонентом; кубовий залишок, який і свою чергу насичений важколетким компонентом.

В процесі кипіння вихідної суміші вміст висококиплячого компонента в парі більший ніж у рідині, а це означає, що і в дистиляті його вміст буде вищим. Тому в кубі буде поступово підвищуватися вміст низькокиплячого компонента.

Відомо два різних види перегонки: проста перегонка та ректифікація.

Так проста перегонка, це процес одноразового часткового випаровування рідкої суміші та конденсації її пари.

Зазвичай просту перегонку використовують для більш грубого розподілу рідких сумішей, за умови, що леткості компонентів суміші сильно відрізняються.

Проста перегонка має різні види: без дефлегмації, з дефлегмацією, під вакуумом та інші.

1. Аналіз об'єкту дослідження

1.1. Загальні відомості

Такі процеси як проста перегонка та ректифікація можливі завдяки різній леткості компонентів суміші за умови однакової температури. Той компонент суміші, який характеризується вищою леткістю, називається, відповідно, легколетким, а компонент, що характеризується нижчою леткістю – називається важколетким. Таким чином легколеткий компонент переходить у стан кипіння при нижчій температурі у порівнянні з важколеткий. У зв'язку з цим їх також інколи називають низькокиплячими компонентом і висококиплячими компонентам.

В процесі простої перегонки або ректифікації вихідка суміш розділяється на дві частини: дистилят, що збагачений легколетким компонентом; кубовий залишок, який і свою чергу насичений важколетким компонентом.

В процесі кипіння вихідної суміші вміст висококиплячого компонента в парі більший ніж у рідині, а це означає, що і в дистиляті його вміст буде вищим. Тому в кубі буде поступово підвищуватися вміст низькокиплячого компонента.

Відомо два різних види перегонки: проста перегонка та ректифікація.

Так проста перегонка, це процес одноразового часткового випаровування рідкої суміші та конденсації її пари.

Зазвичай просту перегонку використовують для більш грубого розподілу рідких сумішей, за умови, що леткості компонентів суміші сильно відрізняються.

Проста перегонка має різні види: без дефлегмації, з дефлегмацією, під вакуумом та інші.

1.2. Теоретичні основи перегонки

Підґрунтям простої перегонки бінарних сумішей є закони, що були виведені такими вченими як Коновалов Д.П. та Вревський М.С..

Так у першому законі Коновалова йдеться про те, що пара, яка знаходиться в рівновазі з розчином, завжди має в надлишку той компонент, додавання якого 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. Апарати для проведення перегонки

1.3.1. Апарати без дефлегмації

Найпростіший апарат для простої перегонки складається з перегінного куба 1 (рис. 1.1) та холодильника 2. Вихідну суміш завантажують у

перегінний куб 1, який оснащений змієвиком для обігріву, і доводять до кипіння. Пару відводять у конденсатор — холодильник 2, де вона повністю конденсується і відводиться у вигляді дистилату. Перші порції дистилату містять більшу кількість легколеткого компонента, ніж останні. Після завершення процесу перегонки залишок суміші зливають з перегінного куба і в нього знов завантажують суміш для розділення.

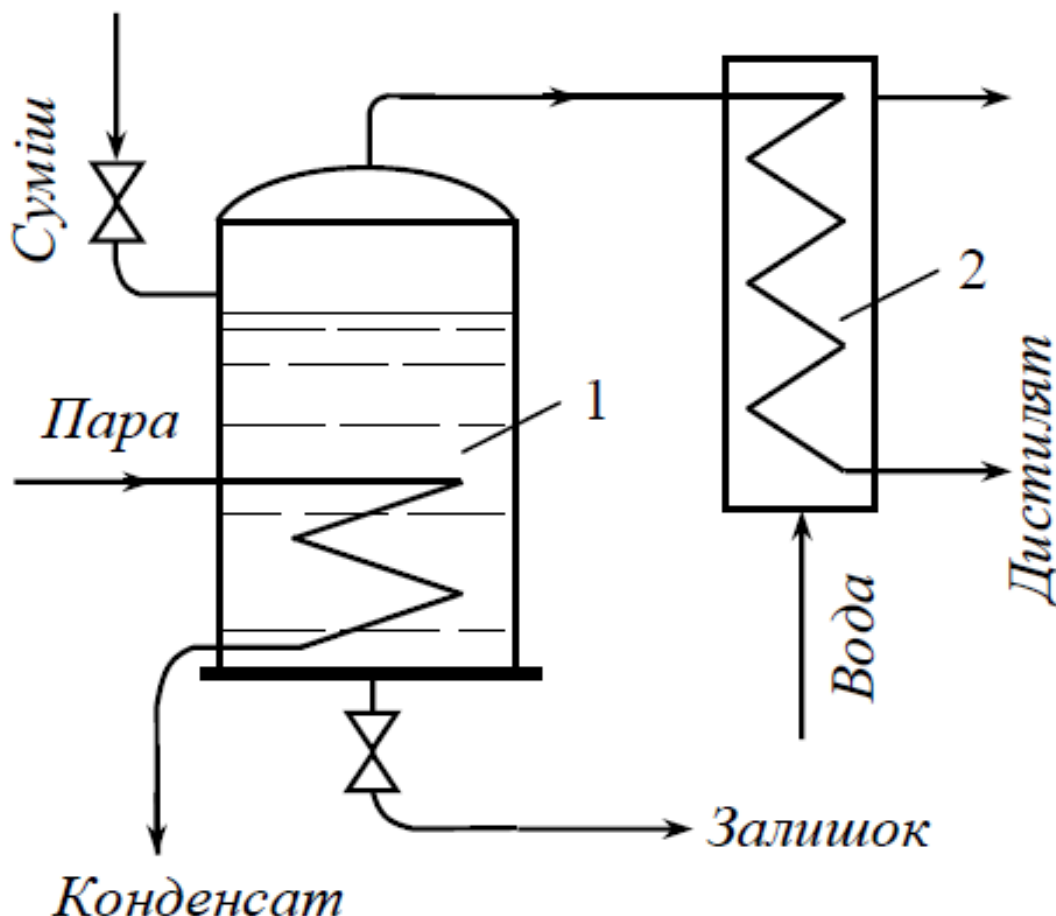


Рисунок 1.1. Схема апарату для простої перегонки

1- перегінний куб; 2 - холодильник

1.3.2. Перегонка з дефлегмацією

Якщо стінки верхньої частини куба не мають теплоізоляції, то на їх холодній поверхні буде частково конденсуватися пара і конденсат буде стікати вниз по внутрішній стороні стінок куба.

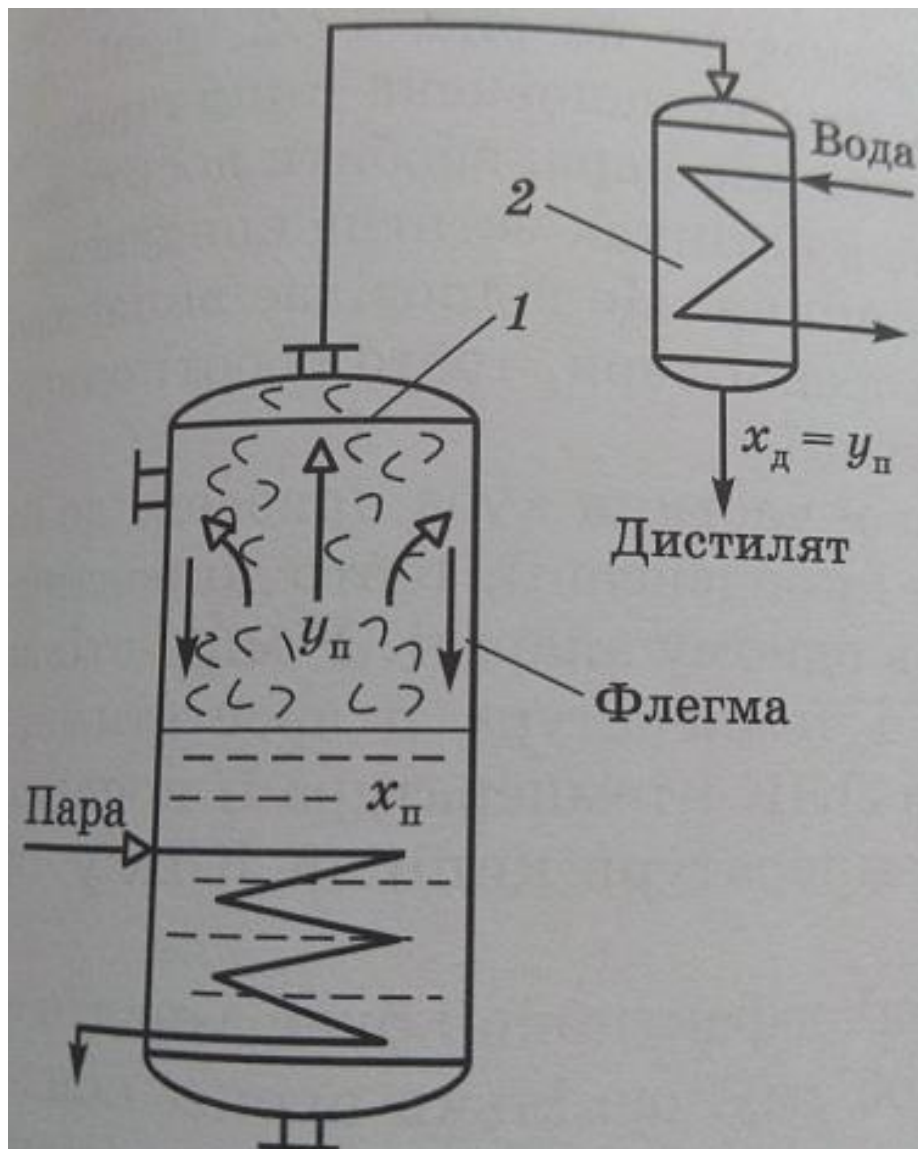


Рисунок 1.2. Схема апарату для простої перегонки із дефлегмацією на стінках перегінного куба
1- перегінний куб; 2 - холодильник

Отриманий таким чином конденсат прийнято називати флегмою. При утворенні флегми молекули важколеткого компонента конденсуються у більшій кількості ніж легколеткого. Відповідно частина пари, що залишається збагачується ЛЛК.

Внаслідок цього зростає концентрація дистилляту.

Крім цього температура кипіння більшості шкідливих домішок є вищою, ніж у корисного продукту. При охолодженні пари, що піднімається вгору по трубці, відбувається її часткова конденсація і відповідно зниження

температури. При цьому отриманий таким чином конденсат (флегма) не відповідає по складу парі. У флегмі концентрація легколеткого компонента вища ніж у парі. Оскільки при зниженні температури пари вміст у ній низькокиплячого компонента (наприклад, спирту) зростає. Проміжний конденсат, що при цьому утворюється, (флегма) стікає назад в куб (колбу), а пара остаточно конденсується в холодильнику.

В апараті для простої перегонки з дефлегматором (рис. 1.3.) над перегінним кубом 1 встановлено дефлегматор 6. В дефлегматорі по трубці йде холодна вода і таким чином охолоджує пару яка піднімається із перегінного куба.

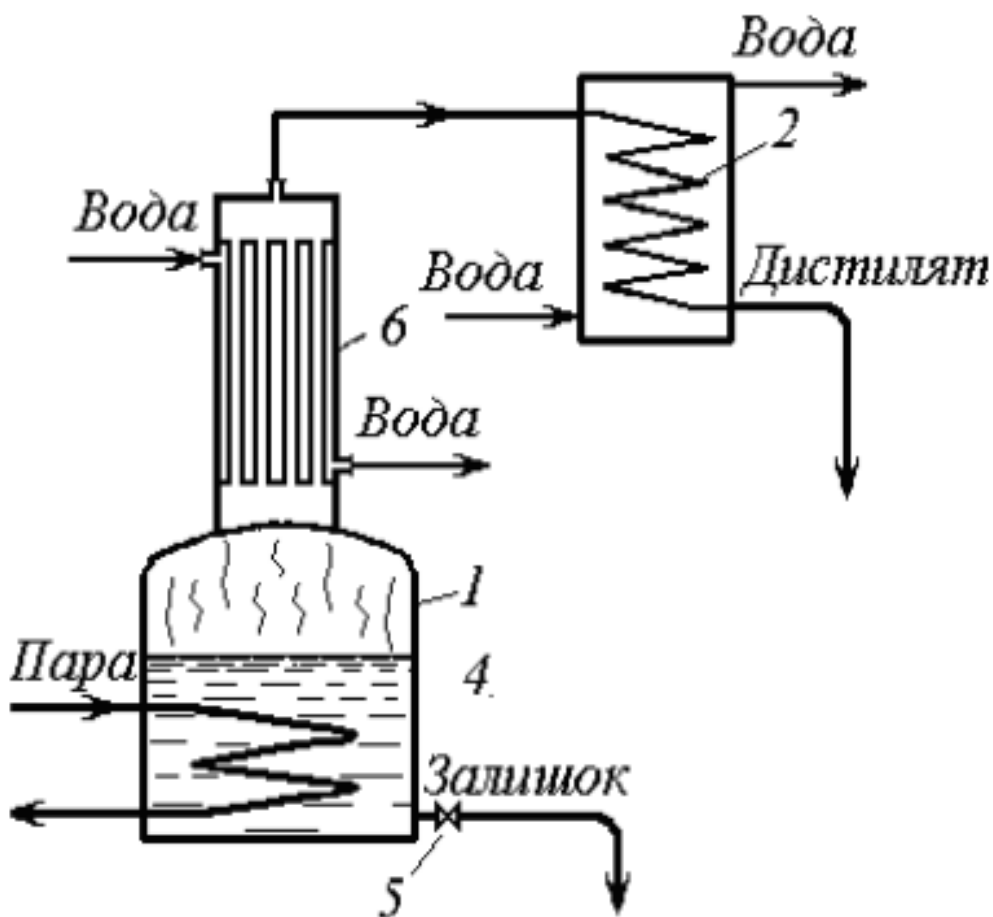


Рисунок 1.3. Схема апарату для простої перегонки із дефлегматором
1 – куб, 2 – холодильник-конденсатор, 3 – приймачі фракцій, 4 – паровий
змієвик, 5 – випускний кран, 6 – дефлегматор

В дефлегматорі частина пари конденсується в дефлегматорі і повертається в перегінний куб. Решта пари спрямовується в холодильник 2 де вона повністю конденсується. Відношення кількості флегми до кількості дистилляту називається флегмовим числом. Дефлегматор відрізняється від холодильником те, що в дефлегматорі пара конденсується частково у той час як в холодильнику відбувається повна конденсація пари яка в нього потрапляє. Якщо в холодильнику охолоджуюча вода, як правило, рухається в між трубному просторі а пара рухається всередині трубок то в дефлегматорі навпаки – вода тече в всередині трубок а пара рухається в міжтрубному просторі. За рахунок того, що в дефлегматорі пара рухається у між трубному просторі, тобто за рахунок того, що розхід пари значно нижчий ніж розхід води, конденсація пари є частковою.

1.4. Огляд обладнання для ректифікації

Ректифікація — це процес розділення суміші летких рідин за рахунок багаторазового випаровування і конденсації, що супроводжується поверненням частини конденсату у вигляді флегми.

Розділення відбувається в колонних апаратах при багатократного або неперервного контакту флегми та пари. При цьому при кожному контакті з флегми випаровується в більшій частині відносно більш легколеткий компонент. Цим компонентом насичується пара. У той же час при цьому з пари конденсується в основному більш важколеткий компонент, що переходить у флегму. Обмін компонентами між флегмою та парою дає можливість отримати в результаті пару, а в кінцевому результаті дистиллят, що є майже чистим легколетким компонентом.

У ректифікаційній колоні є три основні потоки: пара, флегма і дистиллят.

Флегма – це зконденсована в дефлегматорі пара, що стікає по колоні вниз.

Дистилят – це зконденсована пара, що виводиться із колони (кінцева мета процесу).

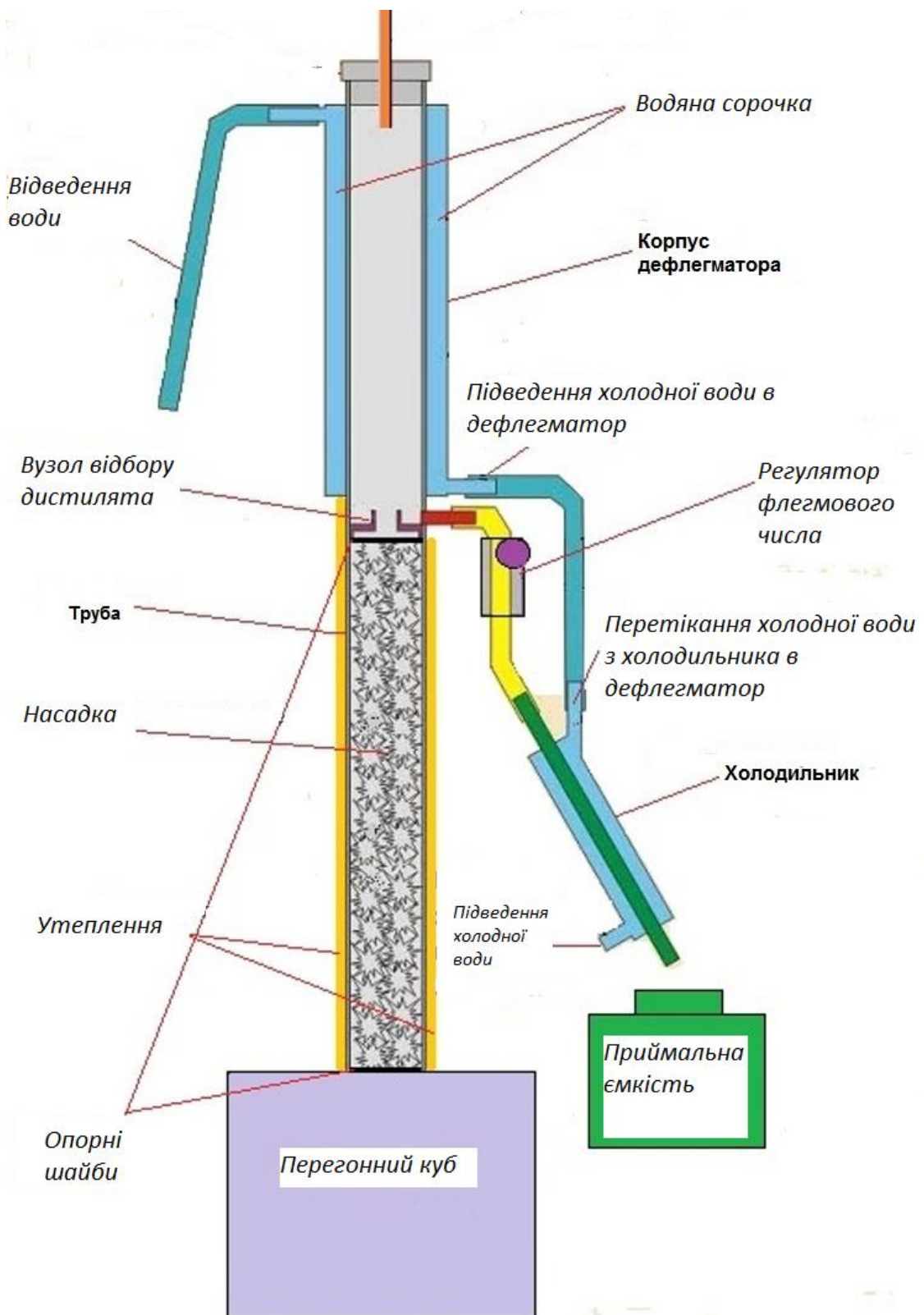


Рисунок 1.4. Схема ректифікаційної колони

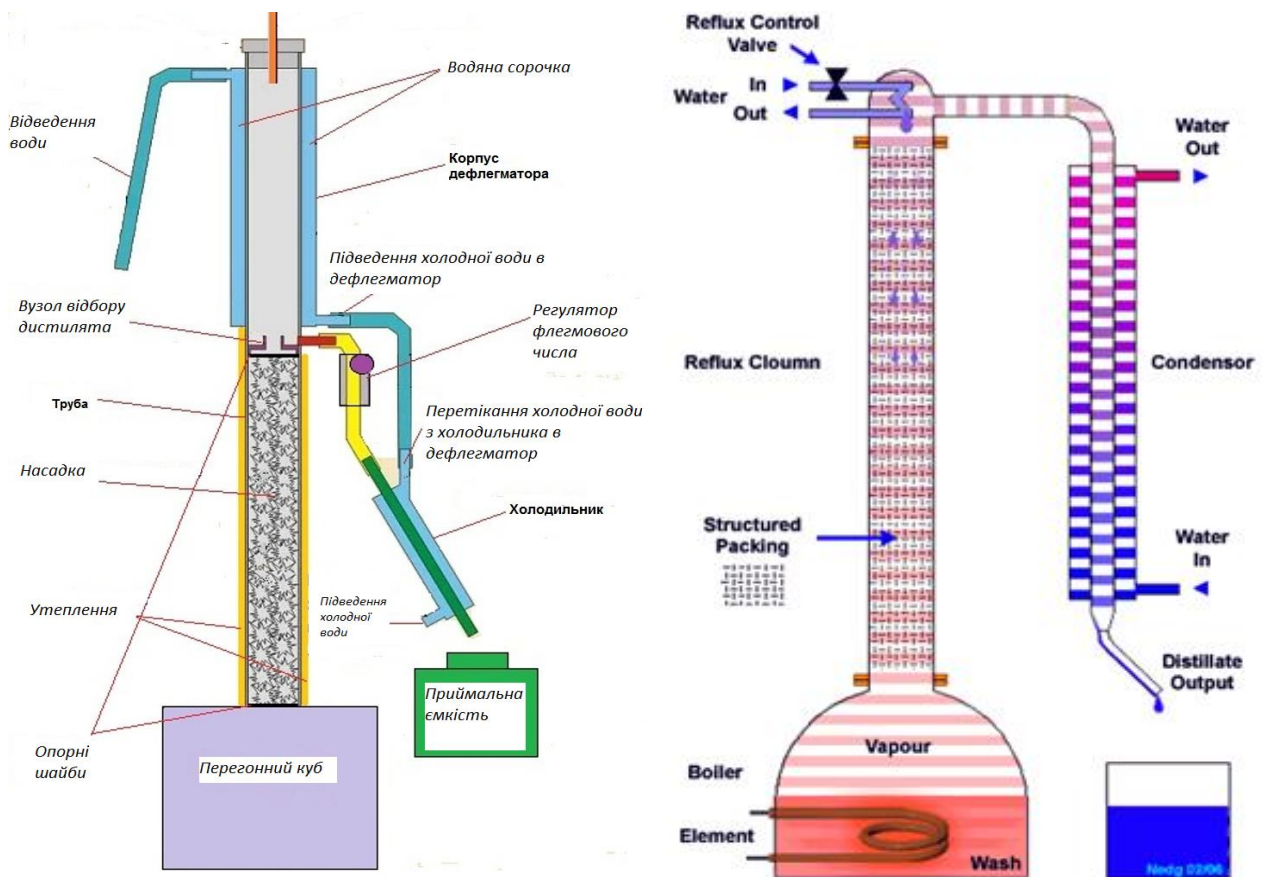
Флегмовое число - відношення кількості флегми до кількості отриманого дистилляту.

Контактування флегми та пари проходить на спеціальних контактних пристроях. Це можуть бути тарілки або спеціальна насадка.

1.4.1. Способи регулювання флегмового числа

Є два наступних підходи при здійсненні регулювання флегмового числа при роботі ректифікаційних колон.

Перший спосіб полягає в тому, що повністю уся пара, яка надходить у дефлегматор у ньому конденсується (рис. 1.5. а).



а

б

Рисунок 1.5 Порівняння двох способів регулювання флегмового числа:

- а) ректифікаційна колона з дефлегматором повної конденсації;
- б) ректифікаційна колона з регулюванням флегмового числа за рахунок зміни розходу холодної води в дефлегматорі

На виході з дефлегматора є трьохходовий вентиль, що розподіляє зконденсовану у дефлегматорі рідину на дві частини: одна частина рідини спрямовується в дистиллятор і називається дистиллятом, а інша його частка (флегма) йде у ректифікаційну колону. За допомогою трьохходового вентиля регулюється співвідношення між кількістю флегми та кількістю дистилляту, тобто таким чином здійснюється регулювання власне флегмового числа.

Інший спосіб регулювання флегмового числа здійснюється в ректифікаційних колонах, конструкція яких передбачає наявність дефлегматора часткової конденсації (рис. 1.5. б). В такому дефлегматорі охолодження пари, що подається з її колони відбувається за допомогою холодної води, що протікає у трубці 3. За рахунок охолодження пари відбувається її часткова конденсація. Отримана флегма повертається у колону. Решта пари подається з допомогою трубопроводу в холодильник.

1.4.2. Типи колон

Ректифікаційні колони бувають двох типів в залежності від того які контактні пристрої використовуються: насадкові (рис. 1.6. а) і тарілчасті колони (рис. 1.6. б).

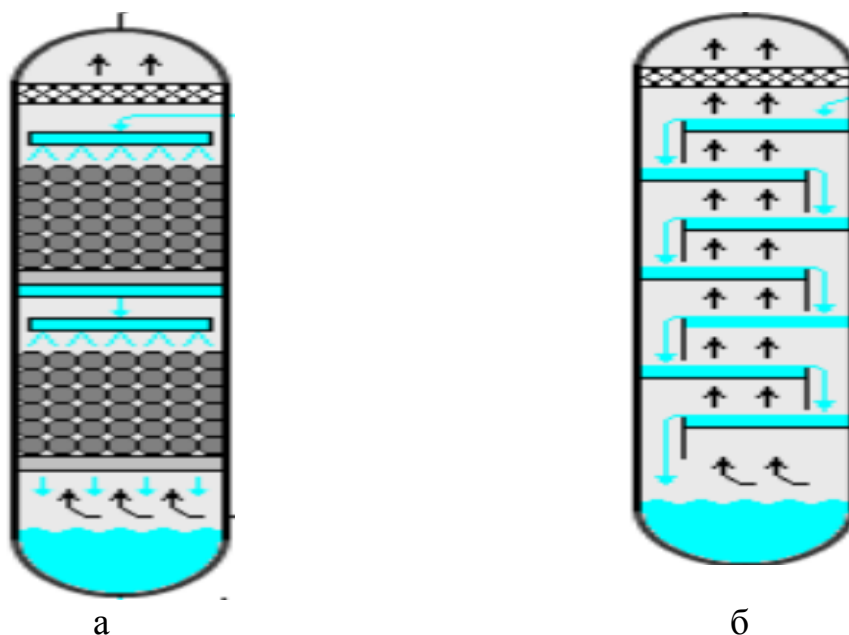


Рисунок 1.6. Приклад насадкових колон: а) насадкова колона; б) тарілчаста колона

В насадкових колонах використовуються спеціальні контактні пристрої – насадка. Насадки можуть бути плоско-паралельні (рис. 1.7. а), фасонно керамічні (рис. 1.7. б) тощо. Насадка може бути укладена насипом (рис. 1.7. в) або організовано (рис. 1.7. г).

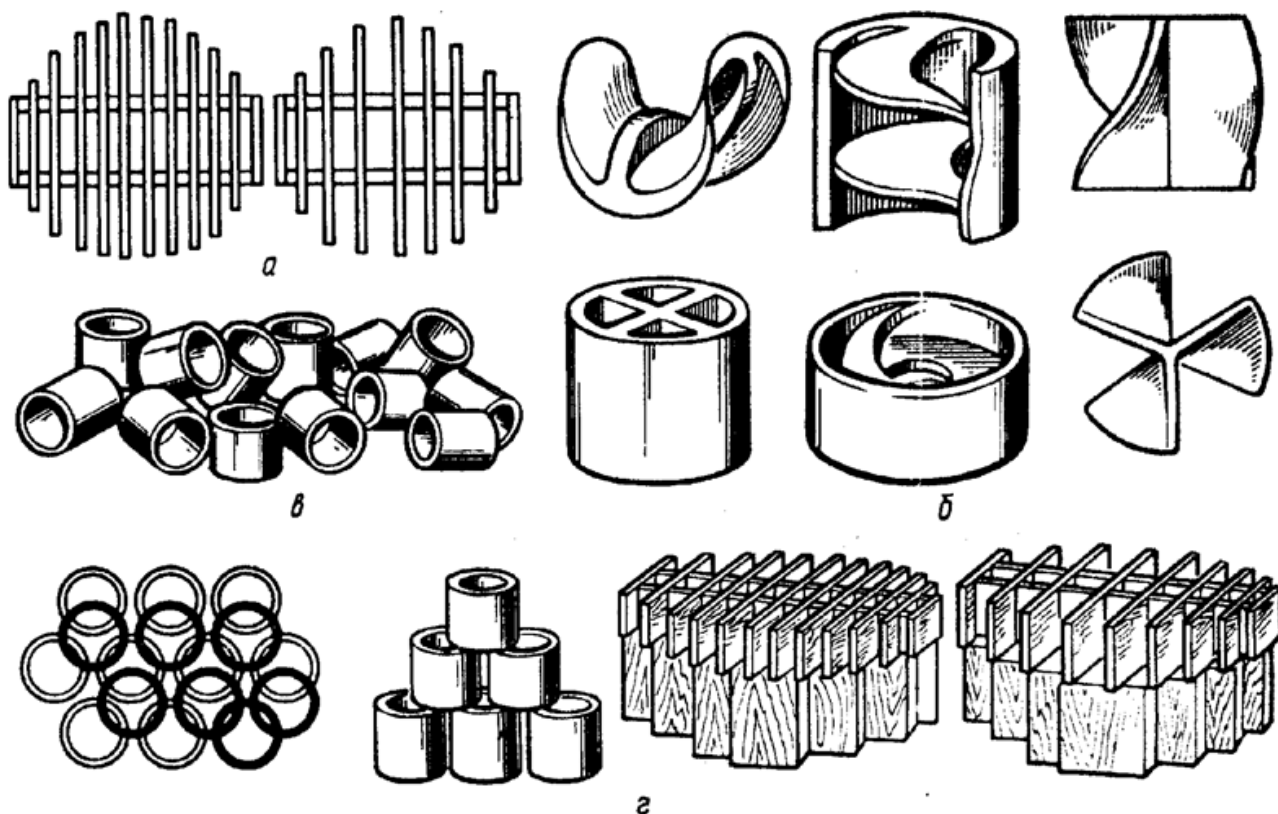


Рисунок 1.7. Типи насадок та способи їх укладки:

а) плоско-паралельна; б) фасонні керамічні; в) насипом; г) організовано

Особливістю насадкової колони є наявність менш щільного укладання насадки біля стінок колони. В результаті цього флегма в процесі свого стікання в них по насадці розтікається від центру колони до її периферії. Внаслідок цього можна отримати ситуацію коли флегма буде стікати по периферії колони а пара підніматиметься вгору в центральній частині. Це значно погіршує процес масообміну в системі флегма-пара. Щоб цьому запобігти насадку в колоні інколи розташовують секціями (ярусами) заввишки близько 4-5 діаметрів, а між ними встановлюють спеціальні конуси-перерозподільвачі рідини (рис. 1.8.), які спрямовують флегму від внутрішньої стінки колони до її поздовжньої осі.

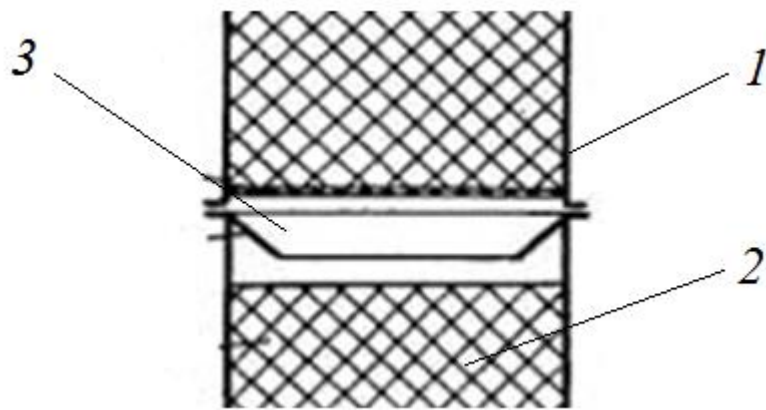


Рисунок 1.8. Використання перерозпліувача флегми в насадковій колоні:

1-колона; 2-насадка; 3-конус-перерозподілювач флегми

Тарілчасті ректифікаційні колони поділяються в залежності від типу тарілок.

Одними із найбільш поширених є ковпачкові тарілки (рис. 2.4) .



Рисунок 1.9. Ковпачкова тарілка

На таких тарілках ковпачки мають прорізи. Пара, яка піднімається знизу, проходить крізь ці прорізи в ковпачках і барботує крізь шар флегми (рис. 1.10). Це можливо за умови, коли тиск пари вищий ніж тиск флегми.

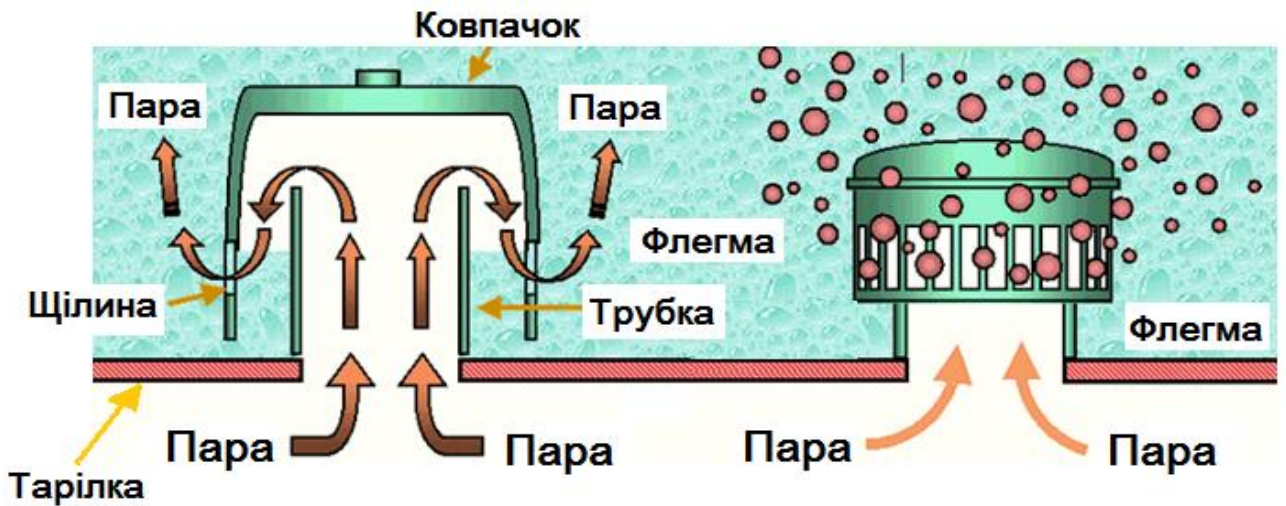
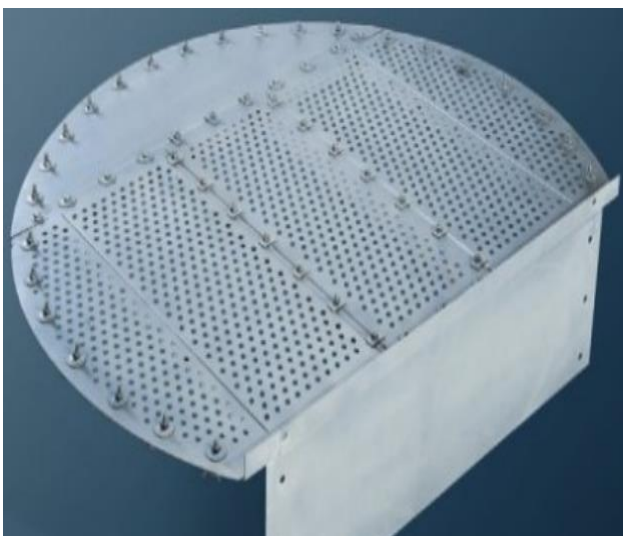
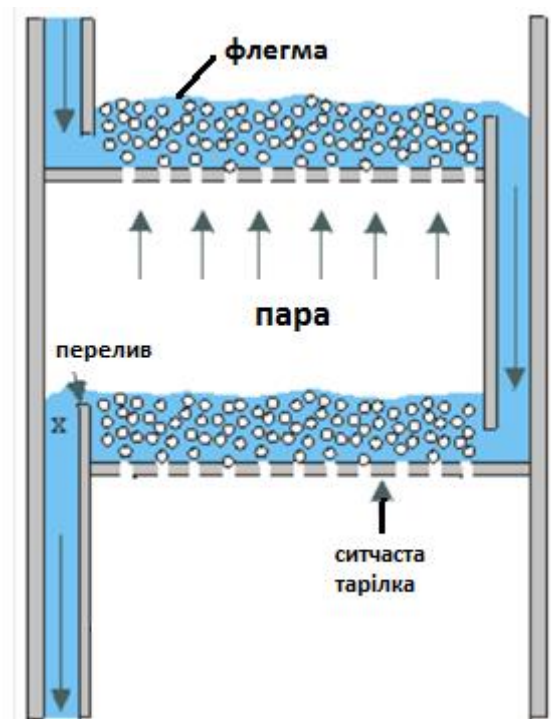


Рисунок 1.10. Схема процесів, що відбуваються на ковпачковій тарілці

Крім ковпачкових тарілок в ректифікаційних колонах застосовуються також ситчасті тарілки (рис. 1.11.). Ці тарілки конструктивно простіші однак не такі надійні в роботі.



а



б

Рисунок 1.11. Ситчаста тарілка:

а) фото ситчастої тарілки; б) Схема роботи колони із ситчастими тарілками

Значно надійнішими в роботі є клапанні тарілки (рис. 1.12)

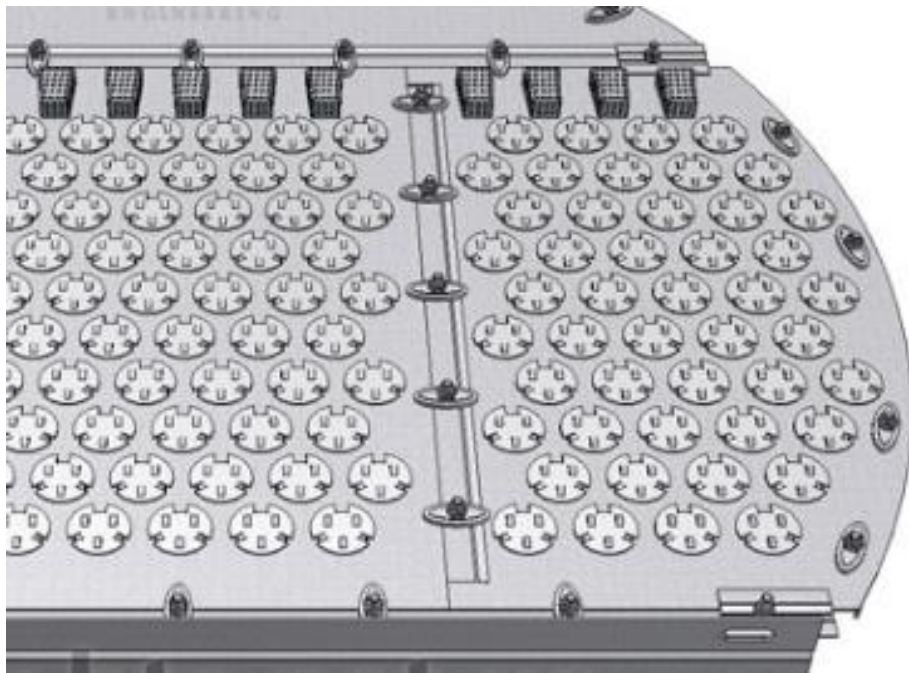


Рисунок 1.12. Клапанна тарілка

Ці тарілки демонструють високу ефективність при істотних інтервалах навантажень, завдяки можливості даних тарілок здійснювати саморегулювання: в залежності від тиску клапан переміщається вертикально вниз або вгору, змінюючи таким чином площу живого перерізу для проходження пари.

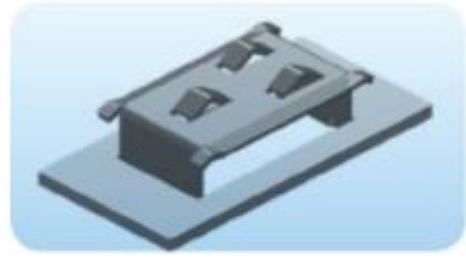


Рисунок 1.13. Варіанти клапанів

1.5. Аналіз процесів які відбуваються на контактних пристроях

При контакті флегми із парою на насадці або тарілках відбувається випаровування з рідини в основному легколеткого компонента. В результаті цього ним (легколетким компонентом) збагачуються пара, а з парової фази конденсується в основному важколеткий компонент, що переходить в флегму (рис. 1.14).

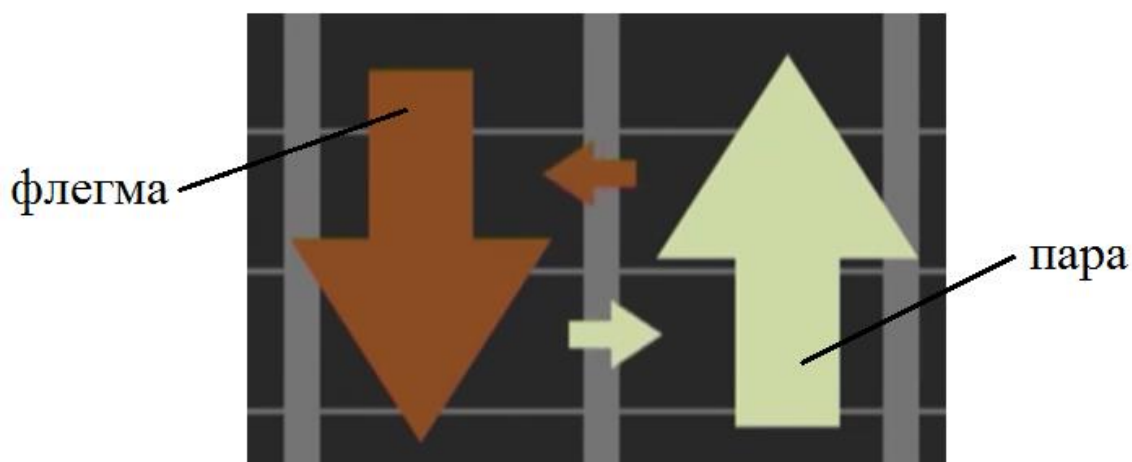


Рисунок 1.14. Схема масообміну між флегмою та парою, що відбувається на контактних пристроях

1.6. Можливі порушення в роботі колони

При не достатньо високому тиску пари, що підіймається по колоні може мати місце зрив флегми (рис. 1.15). Причиною цього явище є недостатньо висока температура в перегінному кубі. За таких умов флегма, що теча в колоні не має достатньої температури і вона стікаючи в нижню частину колони може не встигнути перевипаруватися до потрапляння в перегінний куб. Наслідком такого стану речей буде зниження ступеня розділення та не стабільна робота ректифікаційної колони.

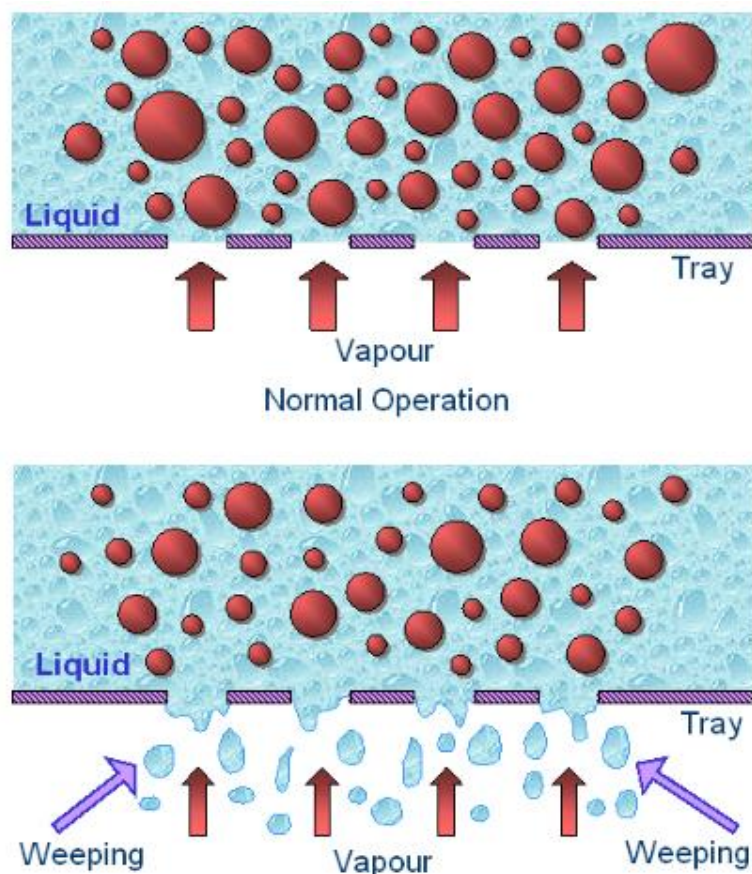


Рисунок 1.15. Порушення в роботі тарілкової колони

1.7. Огляд основних видів ректифікаційних установок

За принципом дії всі ректифікаційні установки можна розділити на два типи: періодичної та безперервної дії.

В установках періодичної дії вихідна суміш закачується у куб (рис. 1.16) до початку процесу ректифікації. Після цього в змійовик 2 подається перегріта водяна пара за рахунок якої здійснюється нагрівання початкової суміші до необхідної температури. Пара піднімається в крізь колону 3 і потрапляє в дефлегматор 4 де більша її частина конденсується і повертається у вигляді флегми назад через колону 3 у куб 1. Пара, яка не конденсувалася в дефлегматорі спрямовується у холодильник 5 де вона повністю конденсується. Отриманий дистилат виводиться з холодильника 5. При цьому концентрація суміші у кубі постійно змінюється: відбувається зниження концентрації легколеткого компонента та, відповідно,

підвищується концентрація важко леткого компонента. При цьому, очевидно, що склад пари також буде безперервно змінюватися. При незмінному значенні флегмового числа (відношенні кількості флегми до кількості дистилляту) склад дистилляту також поступово змінюватиметься у бік погіршення (зниження концентрації легколеткого компонента). Забезпечити стабільність складу дистилляту в даній установці можна за рахунок поступового підвищення флегмового числа. При цьому кількість кінцевого продукту (дистилляту) буде зменшуватися але його якість (концентрація) залишатиметься стабільною. Однак рано чи пізно концентрація легколеткого компонента у суміші в кубі 1 знизиться настільки, що подальше проведення процесу буде недоцільним (за рахунок великого флегмового числа кількість дистилляту є недостатньою для продовження процесу).

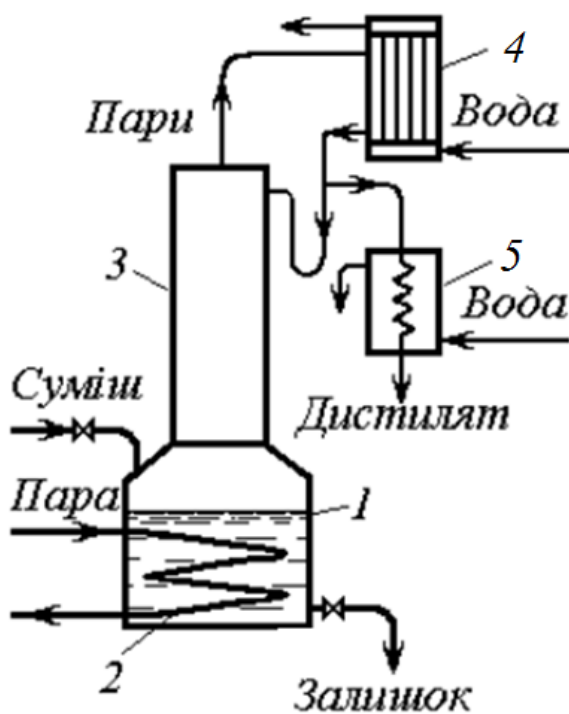


Рисунок 1.16. Схема ректифікаційної колони періодичної дії

1 – куб; 2 – змійовик; 3 – колона; 4 – дефлегматор; 5 – холодильник

Цього недоліку позбавлена ректифікаційна установка безперервної дії. В ній початкова суміш безперервно подається, проте, не у перегінний куб а безпосередньо у ректифікаційну колону.

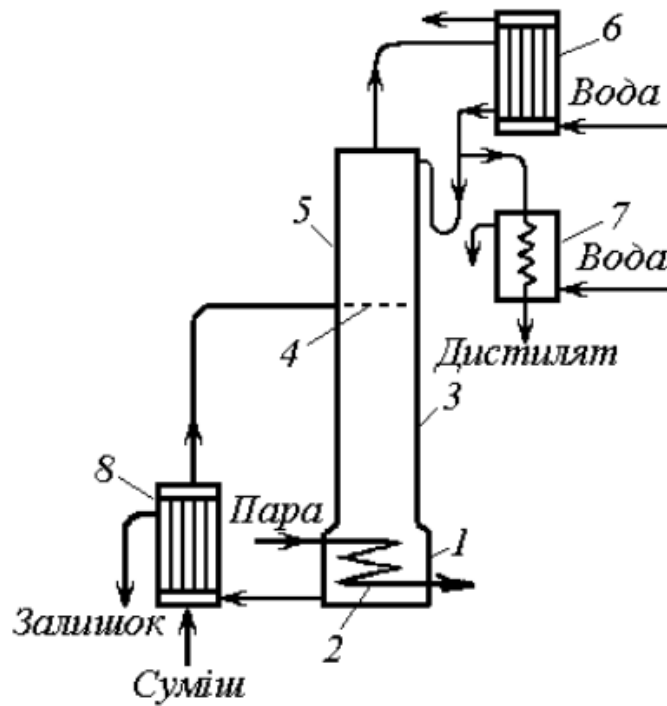


Рисунок 1.17. Схема ректифікаційної колони періодичної дії
 1 – куб; 2 – зміювик; 3 – вичерпна колона; 4 – живильна тарілка;
 5 – колона; 6 – дефлегматор; 7 – холодильник; 8 – попередній підігрівник

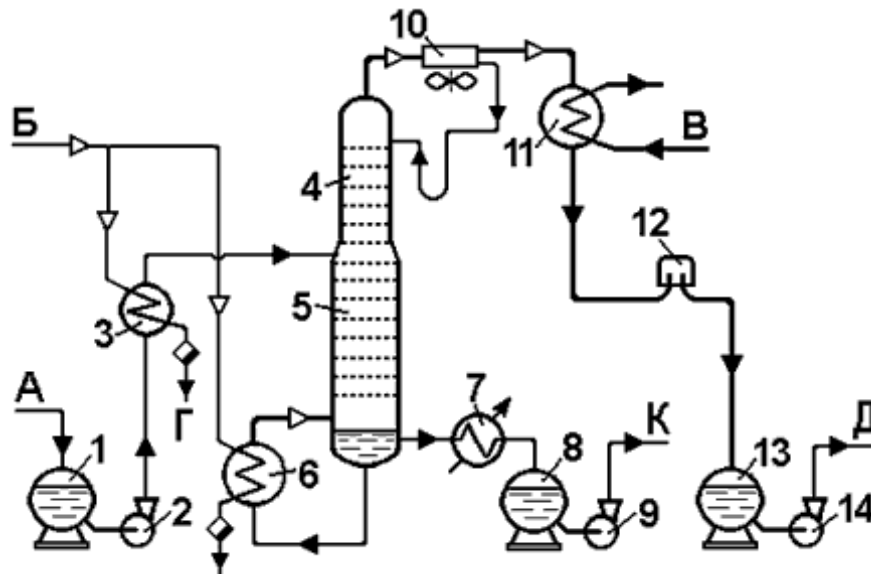


Рисунок 1.18. Схема ректифікаційної установки безперервної дії
 Потоки: А - вихідна суміш; Б - гріюча пара; В - вода; Г - конденсат гріючої пари; Д - дистиллят; К - кубовий залишок.
 1, 8, 13 - ємності-сховища; 2, 9, 14 - відцентрові насоси; 3 - підігрівач;
 4, 5 - верхня і нижня частини ректифікаційної колони; 6 - кип'ятильник;
 7 - холодильник; 10 - конденсатор; 11 - конденсатор-холодильник;
 12 – концентратовимірник

1.8. Мета та задачі роботи

Метою роботи є підвищення ефективності роботи ректифікаційної колони для коньяку шляхом модернізації дефлегматора.

Для досягнутої мети вирішували наступні завдання:

- здійснити огляд конструкцій дефлегматорів;
- дослідити процес теплообміну у дефлегматорі повної конденсації;
- запропонувати заходи із модернізації дефлегматора;
- провести розрахунок модернізованої ректифікаційної колони.

2. Методи та методика дослідження

2.1. Методика визначення необхідної кількості тарілок ректифікаційної колони та параметрів її роботи

2.1.1. Методика визначення флегмового числа

Першим етапом є визначення флегмового числа. З цією метою можна використати наступну формулу

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

де f – кількість флегми, кг/год;

D – кількість дистилляту, кг/год.

В свою чергу кількість флегми у даний момент часу можна визначити із формули:

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

де Q – кількість теплоти, яку поглинає вода, з допомогою якої здійснюється охолодження дефлегматора ректифікаційної колони, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$. Для ректифікаційних колон безперервної дії кількість холодної води, що охолоджує дефлегматор буде поступово зменшуватися з метою підвищення флегмового числа;

r – питома теплота конденсації пари, що утворює флегму, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$;

Кількість теплоти, яку поглинає холодна вода, за допомогою якої здійснюється охолодження дефлегматора:

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

де G – розхід води, кг/год;

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

Кількість дистилляту, що конденсується в холодильнику:

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

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

Наступним етапом є визначення кількості теоретичних тарілок колони.

З цією метою виконували побудову графіка ступенів зміни концентрації рідини та пари в процесі ректифікації (рис. 2.1.)

Через точки «а» і «б» на графіку слід провести «Лінію робочих концентрацій». При цьому місце точки «б» на графіку визначається наступним чином: точка «б» знаходиться на вертикальній осі на висоті B відносно початку координат. Значення висоти B визначається із наступного виразу:

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

де x_d – концентрація дистилляту, мол.%;

v – флегмове число.

Описаний вище метод дозволяє визначити кількість теоретичних тарілок для середніх значень x_d і x_0 , що були знайдені за період τ хв.

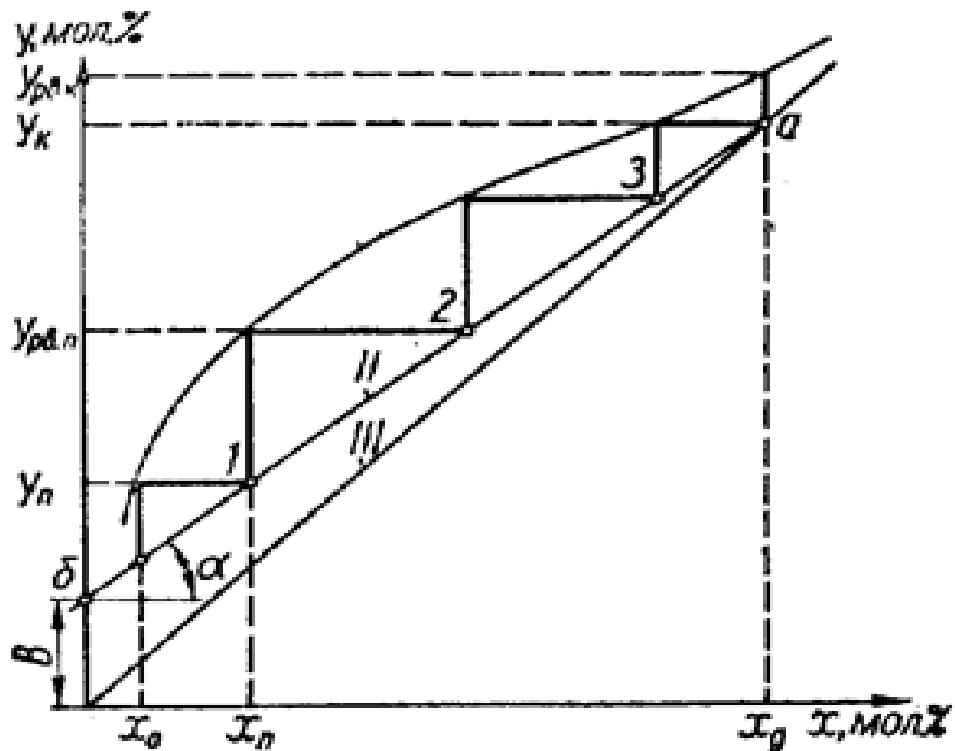


Рисунок 2.1. Приклад графіка ступенів зміни концентрації рідини та пари в процесі ректифікації:

x – концентрація легколеткого компонента в рідині; y – концентрація легколеткого компонента в парі; I-крива рівноваги, II-лінія робочих концентрацій; III-діагональ; 1, 2, 3 – теоретичні тарілки колони

При повторенні досліду та підстановці середніх значень концентрацій можна відслідкувати процес зміни положення лінії робочих концентрацій у випадку періодичної ректифікації. При безперервній ректифікації змінитися буде флегмове число. Воно буде знижуватися для забезпечення стабільної концентрації дистилату на виході з ректифікаційної колони.

2.1.2. Методика визначення часу одиниць переносу

Наступним етапом є визначення часу одиниць переносу m .

Його фізична суть це відношення зміни концентрації л.л.к. в одній з фаз до середньої рушійної сили процесу:

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

де y_n – концентрація легколеткого компонента у парі, яка знаходиться у нижньому перерізі ректифікаційної колони, мол. %;

y_k – концентрація легколеткого компонента в парі, яка перебуває у верхньому перерізі ректифікаційної колони;

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

Це рівняння можна інтегрується 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^*	$y_k^* - y_k$	$\frac{1}{y_k^* - y_k}$

Визначення числа одиниць переносу колони можна шляхом використання того ж графіка ступенів зміни концентрації рідини та пари в процесі ректифікації (рис. 2.1). З графіка необхідно визначити значення концентрацій рідини та пари. Потрібно визначити y_n . Між значеннями y_n та

u_k , яке в свою чергу рівне x_d потрібно обрати кілька значень u . Далі для кожного із обраних значень u потрібно знайти u рівноваги.

Після цього 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.

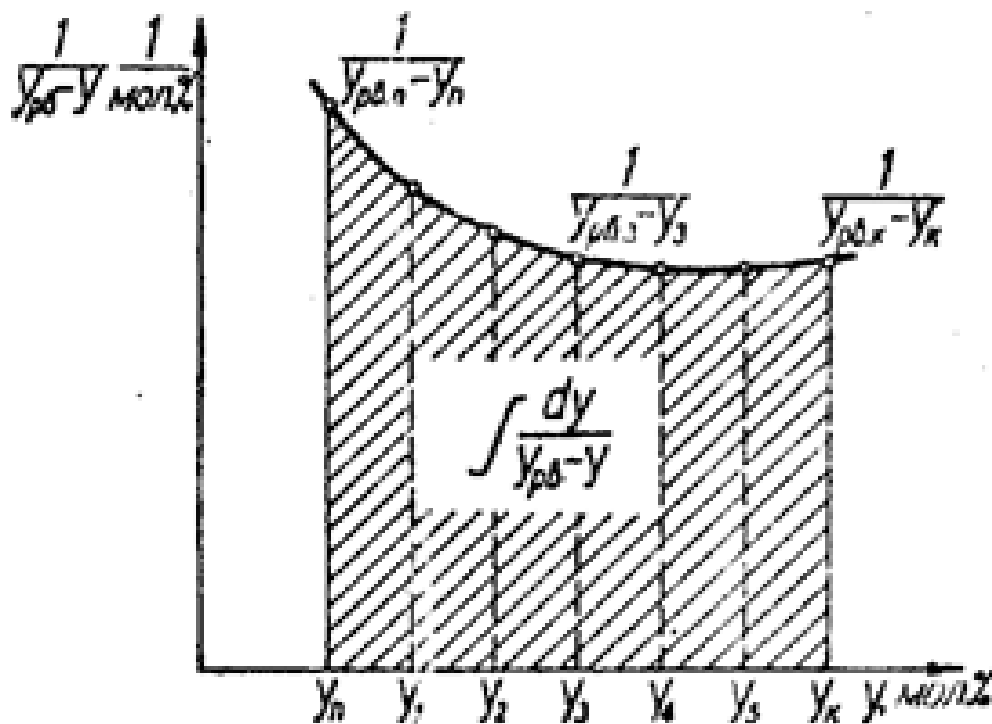


Рисунок 2.2. Приклад графічного інтегрування

Наступним кроком є визначення площі яку описує крива на графіку.

Ця площа буде відповідати значенню інтегралу. При цьому отримане значення площі потрібно перемножити на її масштаб, який в свою чергу

рівний добутку масштабів по осях $\frac{1}{y^* - y}$ і y

Отримане через площу значення інтеграла відповідає числу одиниць переносу m .

Далі потрібно визначити m'_y для першої теоретичної тарілки ректифікаційної колони, використовуючи середнє логарифмічне Δy :

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

$$\Delta y'_c = \frac{(y_n^* - y_n) - (y_1^* - y_n^*)}{2,3 \lg \frac{y_n^* - y_n}{y_1^* - y_n^*}}$$

Коефіцієнта масопередачі можна визначити із наступного математичного рівняння:

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

при цьому:

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

Оскільки $f + D$ – кількість пари у верхній частині ректифікаційної колони, тоді кількість у перерізі буде становити:

$$\frac{f + D}{M_d}$$

де M_d – молекулярна маса отриманого в ректифікаційній колоні дистилляту.

Так як кількість молів пари, яка проходить крізь будь-який заданий переріз ректифікаційної колони однакове, то кількість л.л.к. у нижній частини колони буде становити $\frac{f + D}{M_d} y_n$. У верхній частині: $\frac{f + D}{M_d} y_k$.

За таких умов:

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

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

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

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

V_H – об'єм колони, м^3 ;

H – висота колони, м;

d – внутрішній діаметр колони, м.

2.2. Методика математичного моделювання процесу розділення на ректифікаційній колоні

При ректифікації за рахунок дії зовнішніх збурень сам процес виходить зі стану динамічної рівноваги. При цьому такі параметри як розхід, концентрація, тиск, ентальпія, температура рідини та пари на тарілці, в кубі колони і у дефлегматорі змінюються.

Ректифікаційна колона є багатовимірною в результаті наявності взаємозв'язів між різними параметрами. Тому моделювання процесу ректифікації і його розрахунок потрібно здійснювати із врахуванням усіх параметрів ректифікації.

Проте, у той же час, не можливо врахувати абсолютно всі параметри процесу. Тому для спрощення моделювання та розрахунку можна прийняти наступні допущення [5]:

- не враховується гідравлічне запізнювання флегми і пари;
- миттєво перемішування флегми на тарілках;
- відсутній теплообмін з навколишнім середовищем (немає теплових втрат)

- флегма на тарілках знаходиться при температурі її кипіння, а пара, відповідно, при температурі її конденсації;
- інерційні характеристики ректифікаційної колони обумовлюються утримуючою здатністю колони за флегмою;
- тривалістю процесу встановлення гідродинамічних режимів і фазової рівноваги в апараті можливо знехтувати у порівнянні з тривалістю встановлення відповідних концентрацій.

При моделюванні колони можна розглядати як таку, що складається з елементарних ланок, які відповідають одній тарілці, дефлегматору, кубу, і холодильнику.

На рис. 2.1. представлено схему основних матеріальних і теплових потоків, які надходять на тарілку ректифікаційної колони і, відповідно, відводяться з неї.

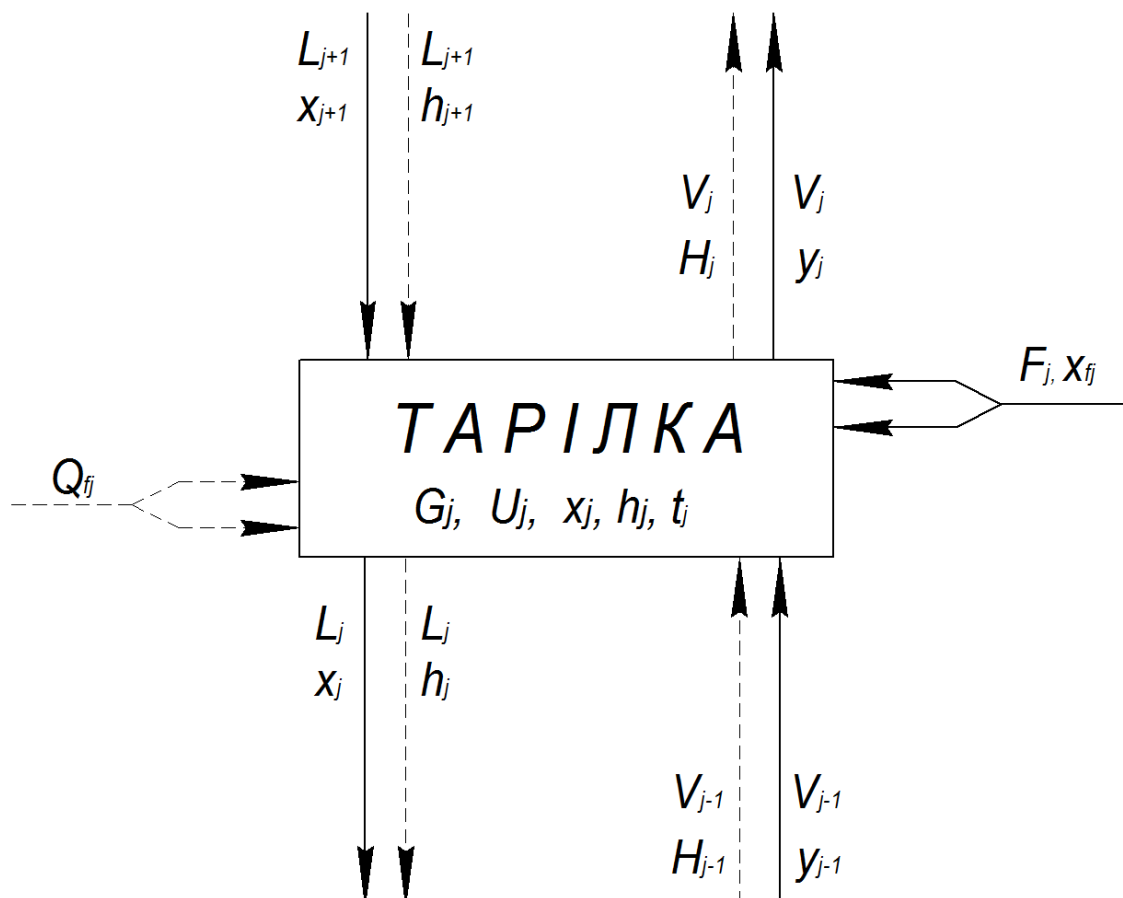


Рисунок 2.1. Модель матеріальних та теплових потоків, що мають місце на тарілці [5].

Умовні позначення:

G – кількість флегми, кмоль;

U – рівень, м;

x – мольна концентрація компонента в рідинній фазі, кмоль/кмоль;

h – ентальпія рідинної фази, кДж/кмоль;

t – температура, °С;

L – мольна витрата флегми, кмоль/год;

Q – витрата тепла, кДж/год;

F – мольна витрата живлення, кмоль/год;

F_1 – мольна витрата зрошування, кмоль/год;

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

j – номер контактної пристрою;

Розрахунок процесу доцільно здійснювати послідовно, у певні моменти часу, що знаходяться одна від одної 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, $k = 0, 1, \dots, m$.

Розрахунок проводиться в одному напрямку, від нижньої частини колони до її верху. Таким чином на момент розрахунку j -ої тарілки відомо параметри пари, яка піднімається з тарілки, яка розташована нижче, в момент

часу $\tau(k+1)$:

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

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

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

Для флегми, яка подається на тарілку, слід застосовувати в обчисленнях її параметри у момент часу:

$$\begin{aligned} & \tau[k]; \\ & L_{j+1}[k], \\ & j+1[k], \\ & h_{j+1}[k]. \end{aligned}$$

При цьому кожен тарілку ректифікаційної колони доцільно розглядати як живильну тарілку [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;
 q – коефіцієнт перерозподілу живлення тарілки, кмоль/кмоль;
 N – номер тарілки живлення;
 F_1 – мольна витрата зрошування, кмоль/год;
 j – номер тарілки.

При цьому на контактний пристрій надходить флегма з верхньої тарілки і пара з нижньої.

Склад флегми та пари, які залишають дану конкретну тарілку залежать від інтенсивності теплообмінного та масообмінного процесів на цій тарілці.

Вираз для загального матеріального балансу однієї тарілки ректифікаційної колони:

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

де G – кількість флегми, кмоль;

L – мольний розхід флегми, кмоль/год;

Слід розуміти, що ефективність цього тепло-масообміну значною мірою буде залежати від конструкційних особливостей контактної пристрою – тарілки. Також від конструкції тарілки залежатиме і об'єм флегми, що може на ній перебувати. Цей об'єм можна розрахувати із наступної формули:

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

де G – кількість флегми на тарілці;

d – діаметр тарілки, м;

ρ – густина флегми, кг/м³;

μ – динамічна в'язкість флегми, Па с.

2.3. Вибір об'єкту та предмету досліджень

Об'єктом досліджень був процес розділення бінарної суміші на тарілчастій ректифікаційній установці.

Предметом досліджень були теплообмінний та масообмінний процеси, що проходять на тарілках та теплообмінний процес, що має місце у дефлегматорі ректифікаційної колони.

2.4. Стандартизовані методи дослідження

При виконанні дипломної роботи були використані загальновідомі стандартизовані методи досліджень. Дані методи представлені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3. Стандартизовані методи

№ з/п	Назва аналізу	Назва методу і прилади	Межі і похибка вимірювань	Посилання
1	2	3	4	5
1.	Визначення концентрації легколеткого компонента в бінарній суміші	Визначення концентрації. Спиртомір Ареометр АСП-30-40	Від 0 до 40°; ± 0,5°	ГОСТ 3639-79 Растворы водно-спиртовые. Методы определения концентрации
2.	Вимірювання температури	Контактний метод вимірювання з допомогою електронного термометра	-20 + 100°C; ± 0,1°C	ГОСТ 26754-85 Методы измерения температуры
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

1	2	3	4	5
4.	Визначення маси відібраних проб	Зважування. Ваги марки ВК-300	0,0002-0,3 кг ± 0,01 г	ГОСТ 24104-88 «Весы лабораторные общего назначения и образцовые. Общие технические условия»

3. Дослідження теплообміну в дефлегматорі та його модернізація

3.1. Постановка задачі

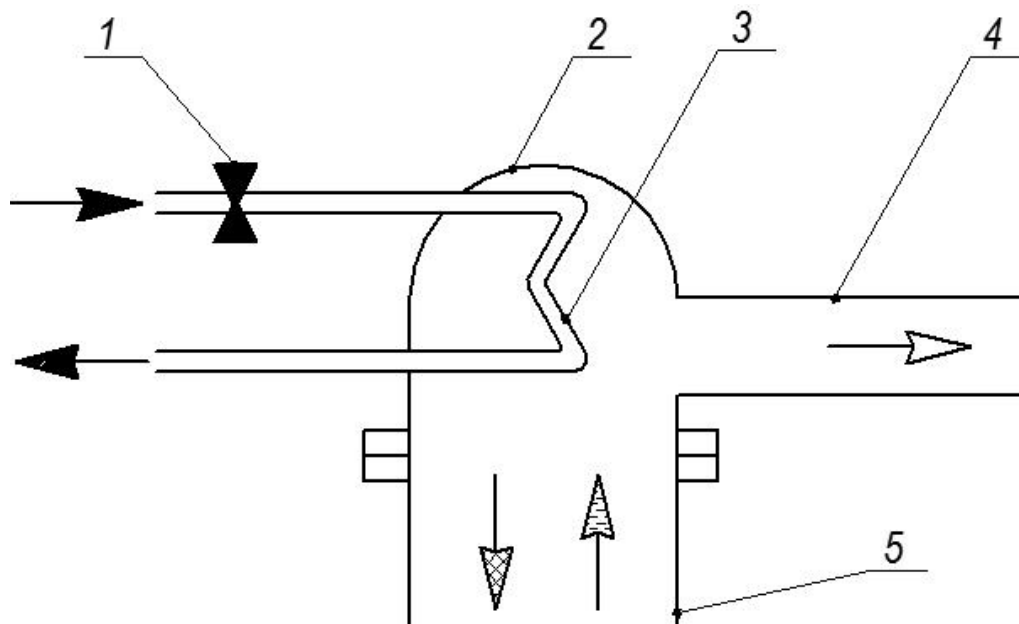
Є два наступних підходи при здійсненні регулювання флегмового числа при роботі ректифікаційних колон.

Перший спосіб полягає в тому, що повністю уся пара, яка надходить у дефлегматор у ньому конденсується. На виході з дефлегматора є трьохходовий вентиль, що розподіляє зконденсовану у дефлегматорі рідину на дві частини: одна частина рідину спрямовується в дистилятор і називається дистилятом, а інша його частка (флегма) йде у ректифікаційну колону. За допомогою трьохходового вентиля регулюється співвідношення між кількістю флегми та кількістю дистиляту, тобто таким чином здійснюється регулювання власне флегмового числа.

Інший спосіб регулювання флегмового числа здійснюється в ректифікаційних колонах, конструкція яких передбачає наявність дефлегматора часткової конденсації (рис.). В такому дефлегматорі охолодження пари, що подається з її колони 5 відбувається за допомогою холодної води, що протікає у трубці 3. За рахунок охолодження пари відбувається її часткова конденсація. Отримана флегма повертається у колону. Решта пари подається з допомогою трубопроводу 4 в холодильник.

Даний спосіб регулювання флегмового сила має істотну перевагу. Справа в тому, що при частковій конденсації пари в дефлегматорі в першу чергу конденсації підлягає більш важко-леткий компонент. Це відбувається тому, що важко леткому компоненту важче залишатися у вигляді пари, йому потрібно більше енергії щоб залишатися у газоподібному стані. Це призводить до того, що склад флегми та пари, що подається у дефлегматор відрізняються по складу – концентрація легколеткого компоненту у флегмі є вищою ніж у парі. Це позитивно впливає на якість готового продукту.

Однак, слід відмітити, що конденсація пари в дефлегматорі часткової конденсації не є однорідною. Так як в дефлегматорі температура не є однаковою у всіх точка міжтрубного простору – у ньому наявні зони із різною температурою, наприклад, безпосередньо біля стінки труби для води температура буде дещо нижчою ніж на деякій відстані від неї.



Умовні позначення:

- - охолоджувальна вода; → (з діагональними лініями) - флегма;
- (з діагональними лініями) - пара до дефлегматора; → (з діагональними лініями) - пара після дефлегматора

Рис. 3.1. Умовна схема дефлегматора часткової конденсації
 1-регулятор флегмового числа; 2-дефлегматор; 3-труба для води; 4-
 трубопровід для подачі пари в холодильник; 5-верхня частина
 ректифікаційної колони

Тому концентрація отриманої в дефлегматорі флегми не буде однаковою – біля стінок трубок утворюватиметься флегма із більшим вмістом легколеткого компоненту ніж ні деякій відстані від них. За рахунок цього концентрація флегми (по легколеткому компоненту) на виході із дефлегматора буде нижчою ніж вона могла б бути при більш рівномірній температурі в між трубному просторі дефлегматора.

Таким чином завданням модернізації дефлегматора є зміна його конструкції з метою більш рівномірного нагрівання пари в його міжтрубному просторі.

3.2. Теоретичні дослідження теплообміну в дефлегматорі часткової конденсації

Для досягнення цієї мети було прийнято рішення здійснити дослідження процесу теплообміну в дефлегматорі часткової конденсації.

Завданням досліджень було встановлення температури в різних точках міжтрубного простору дефлегматора.

Об'єктом досліджень була зміна температури від поверхні трубки до точки у міжтрубному просторі, що є найбільш віддаленою від поверхні трубки (рис. 3.2.).

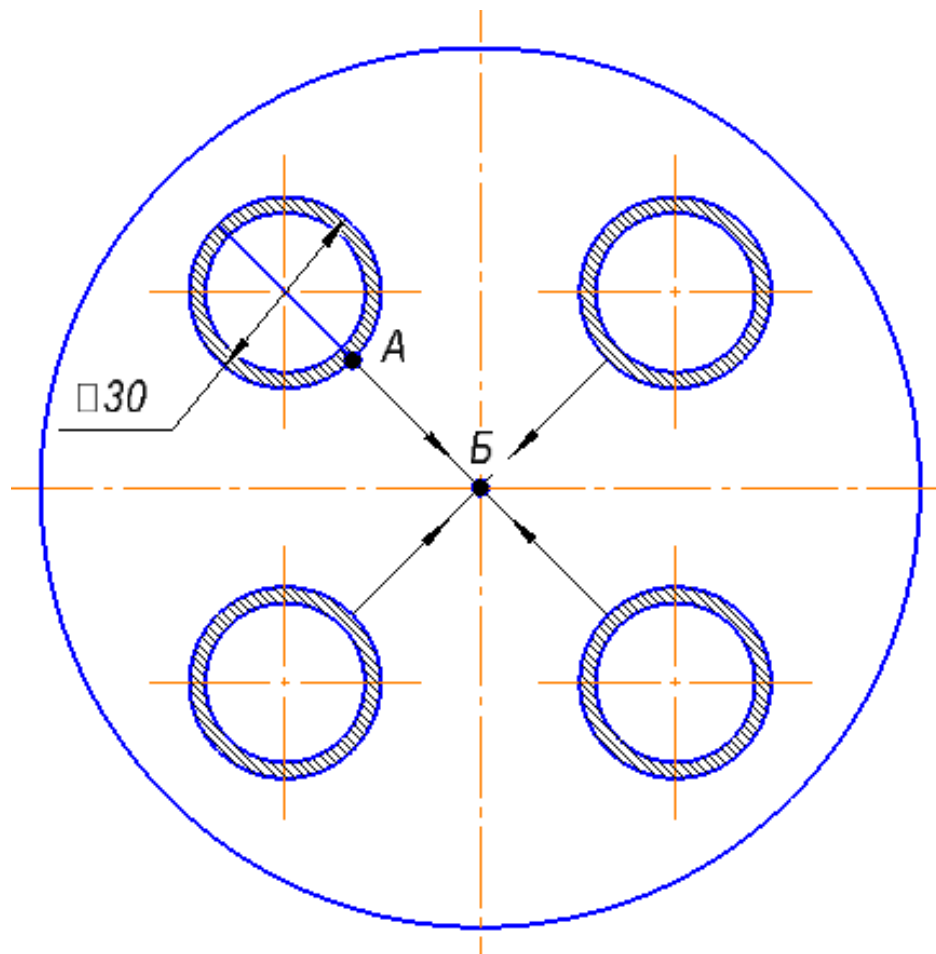


Рис. 3.2. Схема перерізу дефлегматора

Як видно із схеми, точка А розміщена на поверхні стінки а точка Б у центрі між трубного просторі – вона однаково віддалена від усіх трубок дефлегматора. Відстань від точки а до точки Б складає 35 мм.

Температура стінки трубки (точка А)на початку дефлегматора (зі сторони подачі холодної води) складала 6 °С. На іншому кінці дефлегматора температури стінки (точка А) становила 23 С. розрахунок проводили для серединного перерізу де флегма, температури стінки там становила 14 °С. тобто температура в точці А становить 14 С.

Після цього провели визначення температури у різних точках між точками А і Б з кроком у 5 мм. Визначення температури у цих точках здійснювали із закону Ньютона-Ріхмана для густини теплового потоку:

$$-q = \alpha(t_1 - t_2),$$

де t_1 – температура у точці А, °С;

t_2 – температура у кожній наступній точці, °С;

α – коефіцієнт тепловіддачі Вт/м²К.

В свою чергу густину теплового потоку q визначали із рівняння матеріального балансу.

В результаті отримали значення температур у точках, що розміщені між точками А і Б. Результати цього дослідження представлені у вигляді графіка на рисунку 3.3.

Як помітно із графіка, пара на відстані від поверхні трубки до 15 мм інтенсивно охолоджується. Проте на відстані від трубки більше ніж 15-20 мм охолодження пари є незначним.

Якщо б метою процесу теплообміну в дефлегматорі було б охолодження пари то для покращення цього процесу доцільно було б зменшити відстань між трубками дефлегматорами, і можливо, зменшити діаметр самих трубок.

Проте в нашому випадку метою теплообміну в дефлегматорі є не максимальне охолодження пари а її рівномірне охолодження.

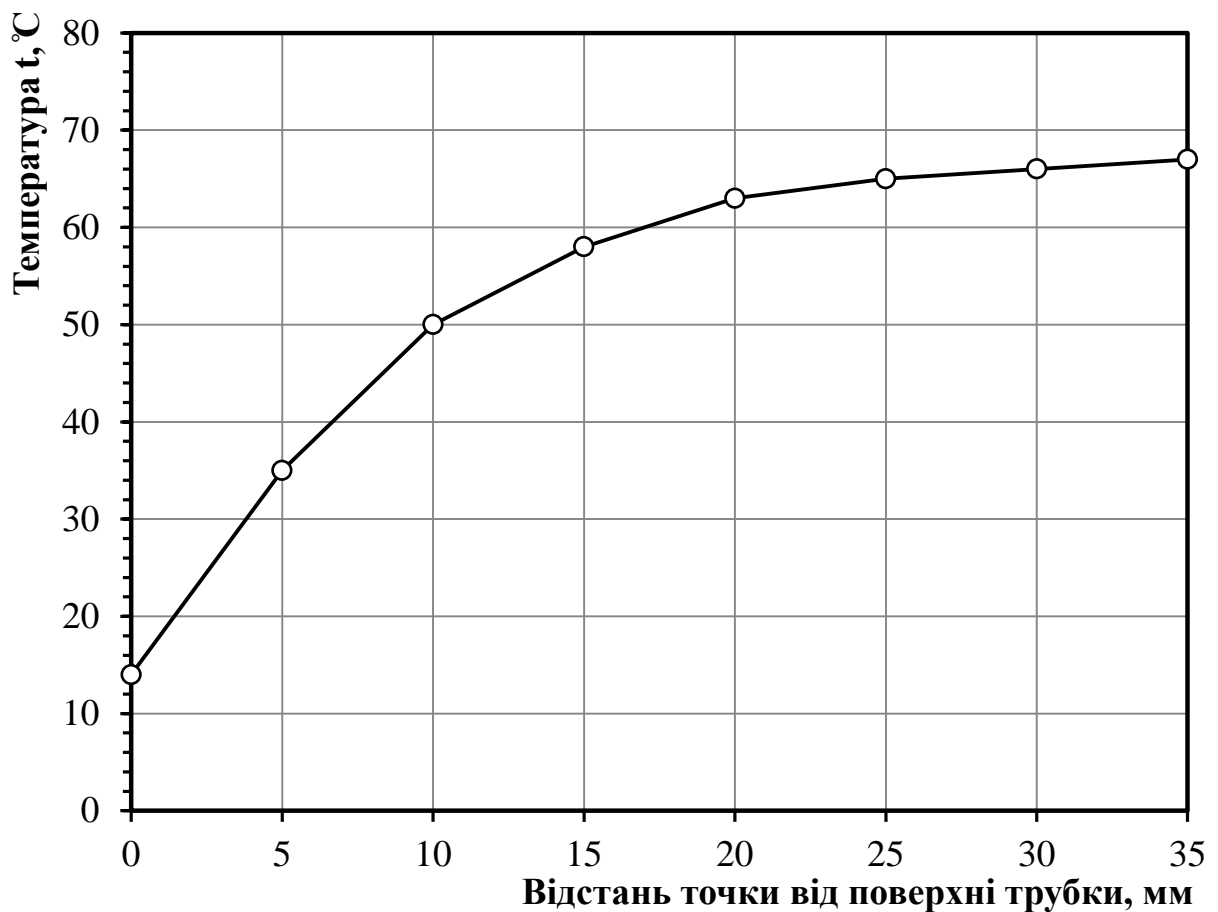


Рис. 3.3. Графік залежності температури у між трубному просторі дефлегматора від відстані від поверхні трубки

Для процесу конденсації є важливим, щоб температура в між трубному просторі дефлегматорі була якомога більш рівномірною. Тобто щоб значення температури пари не змінювалися в широкому діапазоні. Як ми бачимо з отриманого графіка для даного дефлегматора температура пари в міжтрубному просторі змінюється від 35 до 67 градусів.

3.3. Модернізація дефлегматора

Досягти більш рівномірної температури в між трубному просторі можна за рахунок збурення потоку пари, щоб характер її руху був

турбулентним. Цього досягти можна шляхом виконання надання трубкам дефлегматора закрученої (спіральної) форми (рис. 3.4)

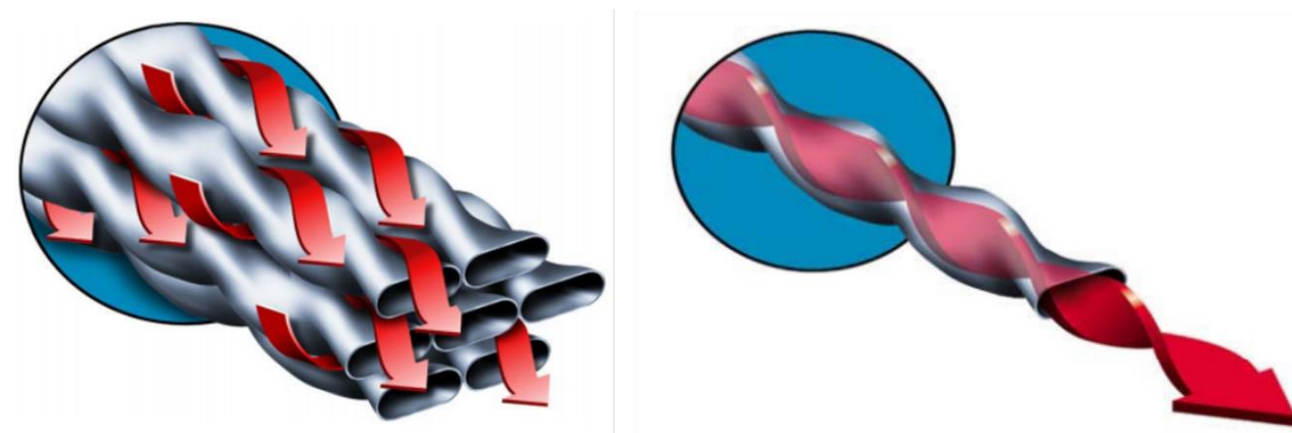


Рисунок 3.4. Закручена труба теплообмінника

Це рішення дозволить турбулізувати не лише потік пари у міжтрубному просторі але і потік пари всередині трубок.

Провели розрахунок температур пари при застосуванні таких трубок дефлегматора. Отримані результати представлені у вигляді графіка (рис. 3.5.). Встановили, що при використанні спіральної трубки температура у міжтрубному просторі розподіляється більш рівномірно у порівнянні із дефлегматором із циліндричними трубками.

Також отримали математичний вираз який дозволяє визначити температуру пари у дефлегматорі у будь-якій точці в залежності від того на якій відстані вона розміщена від поверхні трубки:

$$t = 26\ln(L)+10$$

де t – температура пари, °C;

L – відстань від поверхні трубки, м.

При контакті флегми із парою на насадці або тарілках відбувається випаровування з рідини здебільшого легколеткого компонента. В результаті цього ним (легколетким компонентом) збагачуються пара, а з парової фази

конденсується здебільшого важколеткий компонент, який переходить у флегму. Масообмін компонентами між фазами дозволяє отримати в кінцевому підсумку пару, яка є майже чистим легколетким компонентом.

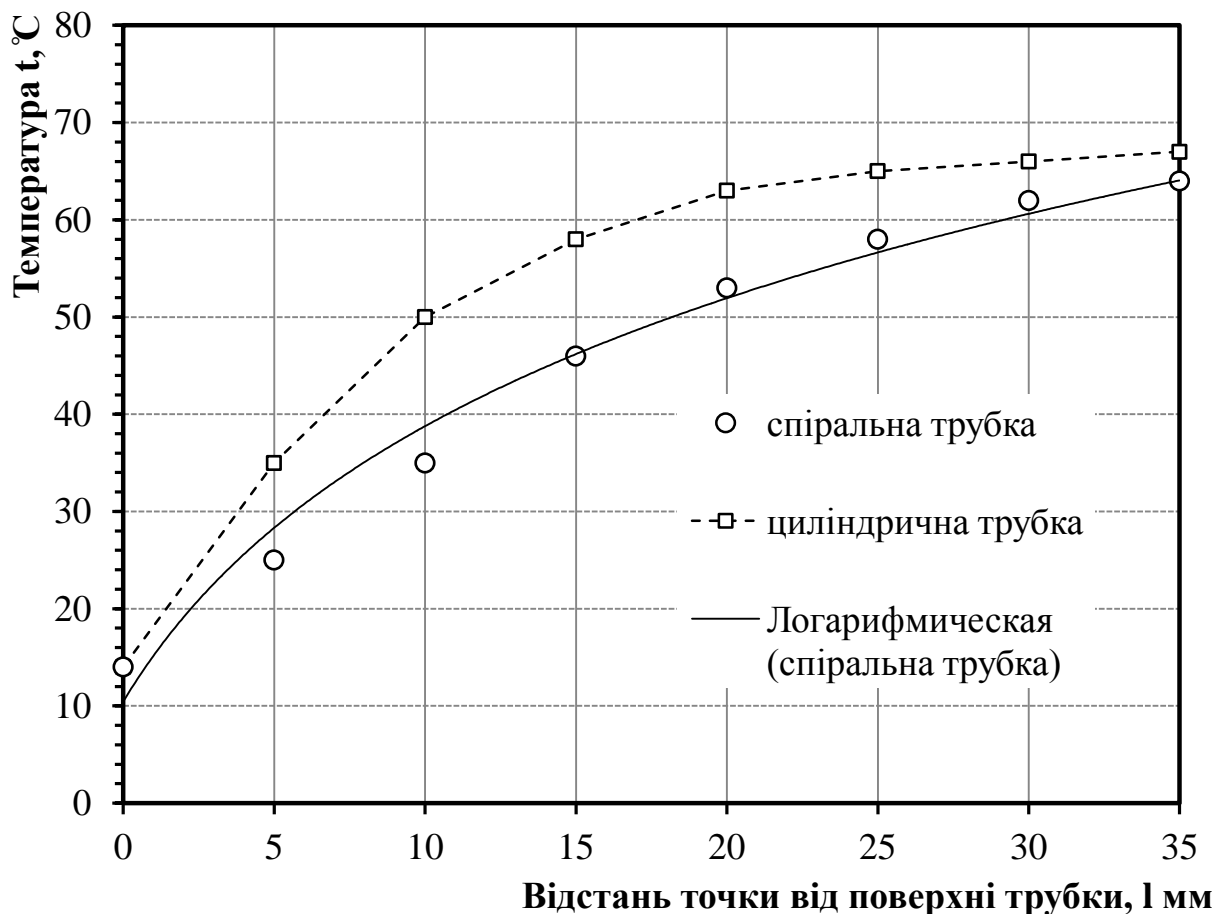


Рис. 3.5. Графіки залежності температури у між трубному просторі дефлегматора від відстані до поверхні трубки

3.4. Моделювання процесів, що протікають на контактних пристроях

Пара, що проходить крізь тарілку, барботує через шар флегми, при цьому утворюється зона, в якій парові струминки і бульбашки проходять через флегму, що знаходиться на тарілках. Ця ділянка називається зоною барботажу. Над зоною барботажу розміщена зона піни, ще вище – зона бризок. У всіх цих трьох зонах відбувається масообмін між флегмою та парою.



Рисунок 3.6. Модель процесів які протікають на контактних пристроях

Далі визначали кількості теоретичних тарілок ректифікаційної колони. З цією метою виконували побудову графіка ступенів зміни концентрації флегми та пари в процесі ректифікації (рис. 3.7.)

Через точки «а» і «б» на графіку проводили «Лінію робочих концентрацій». При цьому місце точки «б» на графіку визначали наступним чином: точку «б» знаходили на вертикальній осі на висоті Б відносно початку координат. Значення висоти Б визначали із наступного виразу:

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

де x_d – концентрація дистилляту, мол.%;

v – флегмове число.

Тангенс кута нахилу лінії до горизонтальної осі визначали із виразу:

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

Криву рівноваги будували за значення концентрації легколеткого компоненту у рідині та відповідно значенню його концентрації у парі. Дані брали із довідника.

Після цього між кривою рівноваги та лінією робочих концентрацій викреслили ступені тарілок ректифікаційної колони. За числом ступенів зміни концентрації визначимо число тарілок.

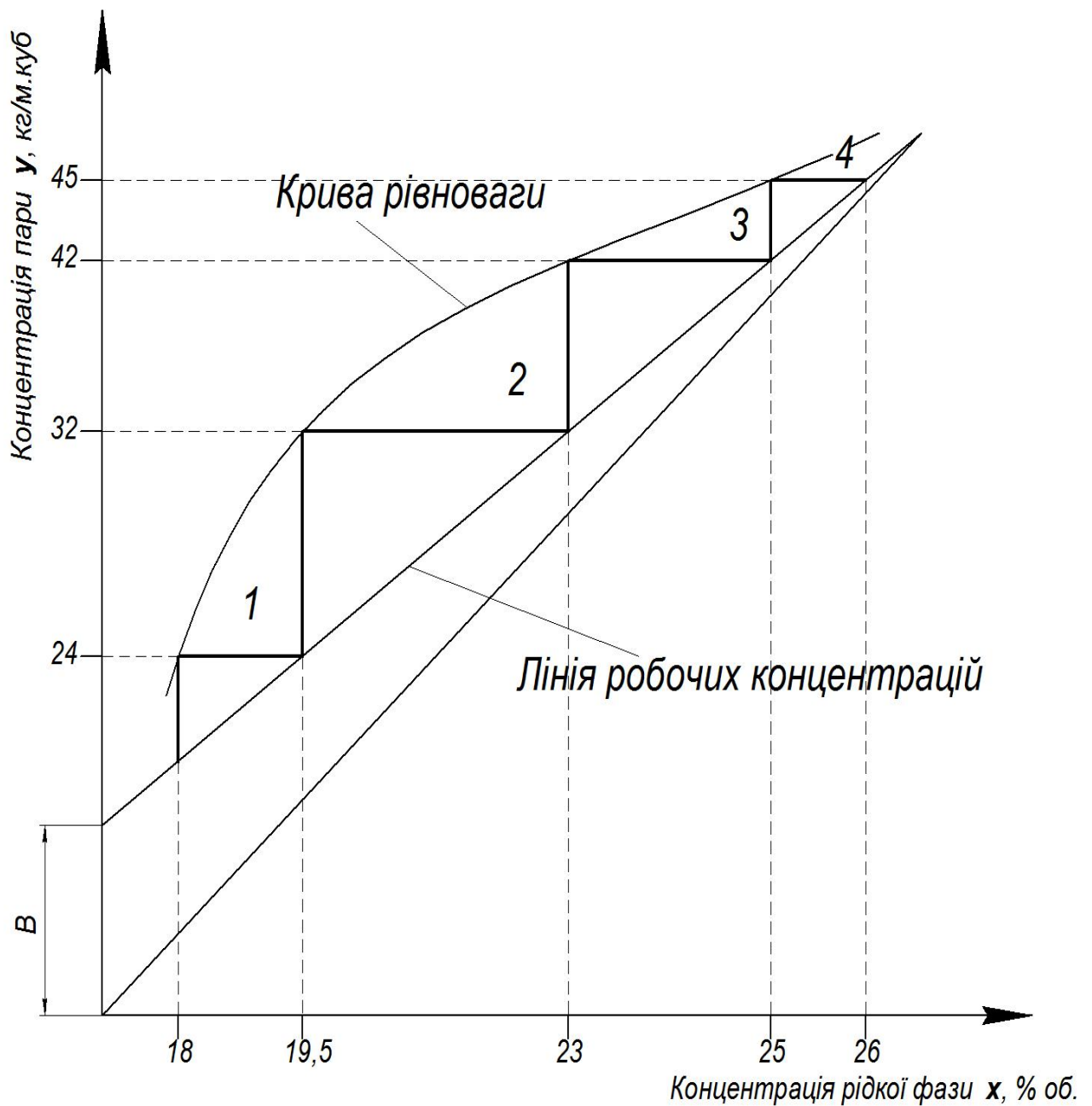


Рисунок 3.7. Визначення кількості тарілок ректифікаційної колони

В результаті цього встановили, що в даних умовах для забезпечення роботи колони достатньо чотирьох тарілок. Обраний тип тарілок – ковпачкові тарілки

3.5. Висновки до розділу

Встановили, що досягти більш рівномірної температури в міжтрубному просторі дефлегматора можна шляхом збурення потоку пари за рахунок виконання стінки трубки у вигляді спіралі.

Встановили, що при використанні в дефлегматорі спіральної трубки температура у міжтрубному просторі розподіляється більш рівномірно у порівнянні із дефлегматором із циліндричними трубками.

Отримали математичний вираз який дозволяє визначити температуру пари у дефлегматорі у будь-якій точці в залежності від того на якій відстані вона розміщена від поверхні трубки:

$$t = 26\ln(L)+10$$

де t – температура пари, °C;

L – відстань від поверхні трубки, м.

Встановили, що для забезпечення роботи колони її необхідно обладнати чотирма тарілками ковпачкового типу.

4. Розрахунок ректифікаційної колони

4.1. Матеріальний баланс ректифікаційної колони

Матеріальний баланс ректифікаційної колони складається із двох рівнянь: загального рівняння матеріального балансу і рівняння матеріального балансу по легколеткому компоненту.

Загальне рівня:

$$F = P + W$$

де F – масовий розхід по вихідній сумші, кг/с;

W - масовий розхід відповідно до кубового залишку, кг/с.

P – масовий розхід відповідно до листилляту, кг/с;

Рівня відповідно до легколеткого компонента:

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

де f_x - масова доля легколетучего компонента в суміші, % масс.;

p_x - масова доля легколетучего компонента в дистилляте, % масс.;

w_x - масова доля легколетучего компонента в кубе, % масс.

Виражаючи з рівняння (1) масову витрату дистилляту або кубового залишку і підставляючи його в рівняння (1), можна визначити масову витрату кубового залишку або дистилляту відповідно. Підставляючи отримане значення витрати на рівняння (1) визначимо недостатнє значення витрати:

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

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

Таким чином продуктивність колони по парі і флегмі визначається флегмовим числом. Оптимальне значення флегмового числа визначається за

допомогою відповідного техніко-економічного розрахунку. Так визначення оптимально флегмового числа в даний час не існує, зробимо розрахунок, що ґрунтується на пошуку коефіцієнта надлишку флегми:

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

де R_{\min} - найменше флегмове число:

При цьому:

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

де x_p, x_f – молярна частка л.л.к. у вихідній суміші та дистиляті відповідно мольные доли легколетучего компонента соответственно в исходной смеси и дистиляте, кмоль/кмоль;

y_f^* – виіст л.л.к. в парі, що перебуває ц рівновазі з вихідною сімішю.

Для визначення флегмового числа потрібно перерахувати склад з масових часток у моольні частки.

Це можна зробити 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 $M_{\text{вк}}$ – молярні маси низькоклеткого та високо леткого компонентів відповідно, г/моль;

x и x' – відповідно мольна та масова частки низькоклеткого та високо леткого у вихідній суміші, у кубовому залишку чи дистиляті.

Виконаємо перерахунок:

Вихідна суміш:

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

Дистилят:

$$x_p = \frac{\bar{x}_p / M_{HK}}{\bar{x}_p / M_{HK} + \frac{1 - \bar{x}_p}{M_{BK}}} = \frac{0,995 / 42}{0,995 / 42 + \frac{1 - 0,995}{44}} = 0,95 \frac{\text{КМОЛЬ}}{\text{КМОЛЬ суміші}}$$

Кубовий залишок:

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

З метою спрощення проектного розрахунку виконаємо розрахунок для бінарної суміші. Для розрахунку необхідної кількості теоретичних тарілок потрібна побудова фазових діаграм. Для побудови діаграм потрібно визначити рівноважні склади парової та рідкої фаз суміші, що розділяється. Для цього скористаємося довідковими даними.

Таблиця 4.1. Рівноважні склади парової та рідкої 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

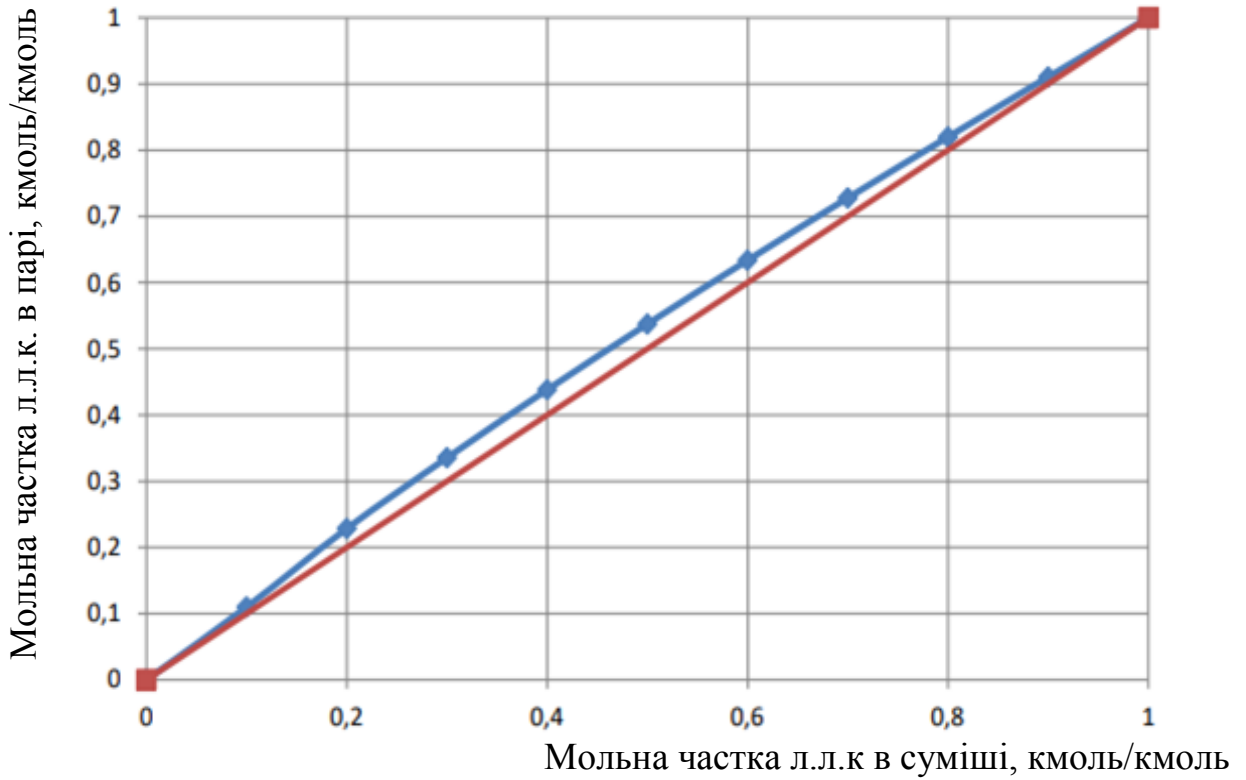


Рисунок 4.1. Графік залежності концентрації пари від концентрації рідини

Визначимо з цього графіка значення y_w , y_F и y_P , за рисунком 4.2.

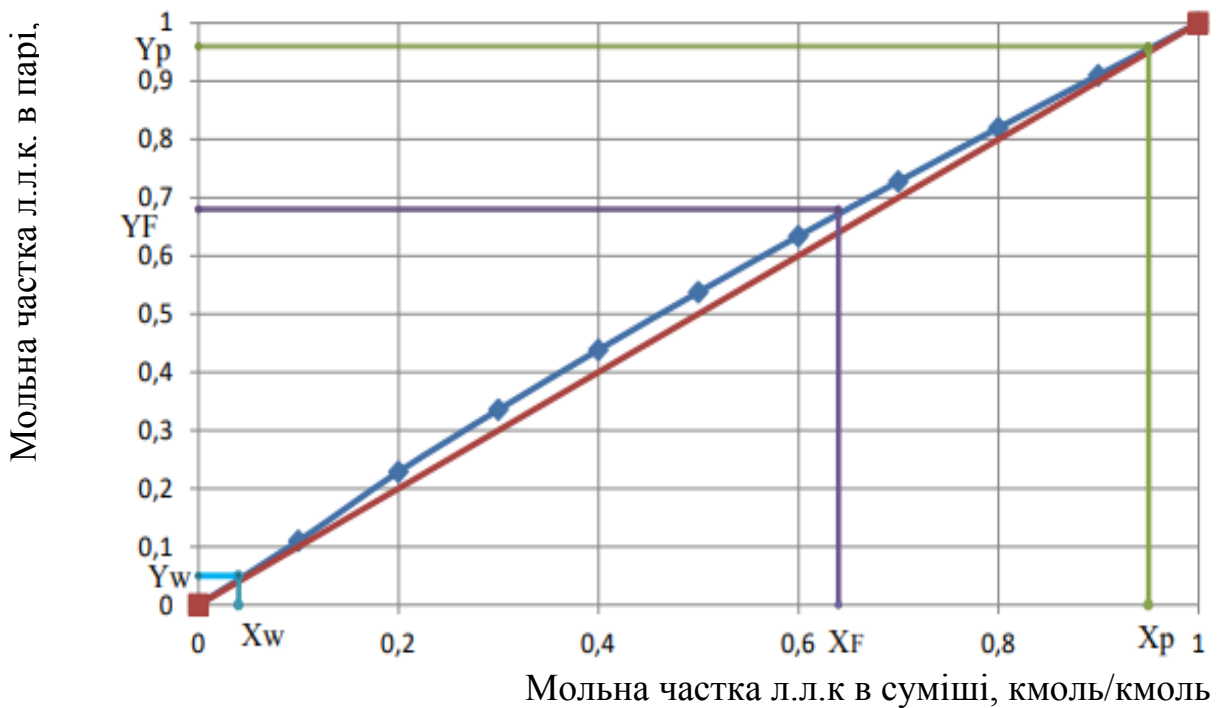


Рисунок 4.2. Визначення графіка залежності концентрації пари від концентрації рідини значення y_w , y_F и y_P

Таким чином визначили значення мольних часток л.л.к. в парі

$$Y_p = 0,95, \text{ кмоль/кмоль};$$

$$Y_F = 0,68, \text{ кмоль/кмоль};$$

$$Y_w = 0,05, \text{ кмоль/кмоль} .$$

Також провели визначення оптимального флегмового числа. Цю задачу виконували графічним способом.

Мінімальне значення флегмового числа визначали за наступною формулою:

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

де x_p – мольна частка легколеткого компонента в дистилаті (за рис. 4.2.), моль/моль;

x_F – мольна частка легколеткого компонента у вихідній суміші (за рис. 4.2.), моль/моль;

y^*_F – мольна частка легколеткого компонента у парі (за рис. 4.2.), моль/моль.

Після підстановки отримаємо:

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

Коефіцієнт надлишку флегми рекомендовано приймати в інтервалі значень від 1,05 до 2,5. Прийнято рішення прийняти від 1,1 до 2,5. Задаємося рядом значень коефіцієнта надлишку флегми від 1,05 до 2,5 і розрахуємо відповідні робочі флегмові числа R за відомою формулою:

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

За таких умов отримаємо:

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

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

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

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

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

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

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

Для кожного конкретного значення R на графіку будемо лінії:

- для зміцнюючої частини:

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

- для надлишкової частини:

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

Визначимо число B :

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

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

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

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

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

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

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

Побудуємо графік залежності концентрації л.л.лк у парі та рідині. На отриманому графіку відкладемо значення, потім побудуємо робочі лінії зміцнюючої і вичерпної частини колони і нанесемо лінії, що позначають тарілки. За числом ступенів зміни концентрації визначимо число теоретичних тарілок. Результати запишемо у таблицю 4.1.

Таблиця 4.1. Визначення оптимального значення 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

Після цього побудували графік залежності:

$$N(R+1)=f(R)$$

Відповідно до нього визначили оптимальне робоче флегмове число. Воно відповідає мінімальному значенню R на графіку.

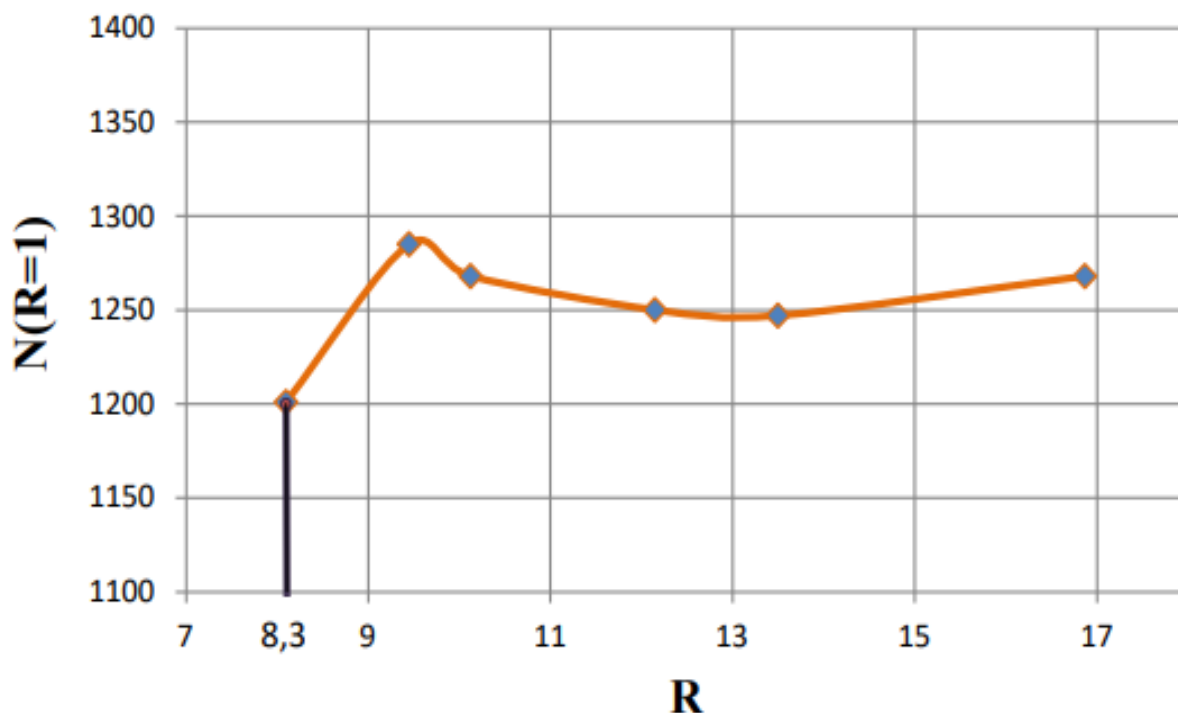


Рисунок 4.3. Визначення робочого значення флегмового числа

Таким чином оптимальне значення становить 8,3.

Визначимо витрату флегми і пари на різних ділянках колони.

Середнє значення масових витрат по флегмі для верхньої та нижньої частин колони визначаються із співвідношень:

$$L_B = PRM_B/M_p;$$

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

де M_p – малярна маса дистилляту;

M_f – малярна маса вихідної суміші;

M_B – середня молярна маса флегми у верхній частині колони;

M_H – середня молярна маса флегми у нижній частині колони.

Середня молярна маса флегми у нижній частині колони визначається із виразу:

$$M_B = M_H x_{\text{ср.в.}} + M_V (1 - x_{\text{ср.в.}});$$

аналогічно визначаємо середню молярну масу флегми у нижній частині колони:

$$M_H = M_H x_{\text{ср.н.}} + M_V (1 - x_{\text{ср.н.}})$$

де M_M – молярна маса легколеткого компоненту у флегмі;
 $x_{\text{ср.в.}}$ – середньо мольний склад флегми у верхній частині колони;
 $x_{\text{ср.н.}}$ – середньо мольний склад флегми у нижній частині колони.

Значення середньомольного складу флегми у верхній та нижній частинах ректифікаційної колони визначаємо із виразів:

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

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

Тоді:

$$M_B = 42 \cdot 0,795 + 44(1 - 0,795) = 42,41 \frac{\text{КГ}}{\text{КМОЛЬ}};$$

$$M_H = 42 \cdot 0,34 + 44(1 - 0,34) = 43,32 \frac{\text{КГ}}{\text{КМОЛЬ}}.$$

Молярна маса вихідної суміші:

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

Молярна маса вихідної дистилляту:

$$M_p = 42 \cdot 0,95 + 44(1 - 0,95) = 42,1 \frac{\text{КГ}}{\text{КМОЛЬ}}.$$

Тепер ми можемо визначити значення середніх масових витрат флегми у верхній та нижній частинах ректифікаційної колони за формулами, які були приведені вище:

- середня масова витрата флегми у верхній частині колони:

$$L_{\text{в}} = \frac{1,92 \cdot 8,3 \cdot 42,41}{42,1} = 16,05 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

- середня масова витрата флегми у нижній частині колони:

$$L_{\text{н}} = \frac{1,92 \cdot 8,3 \cdot 43,32}{42,1} + \frac{1,51 \cdot 43,32}{42,72} = 17,92 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

На рисунку 4.4. представлено схему розрахованої ректифікаційної установки.

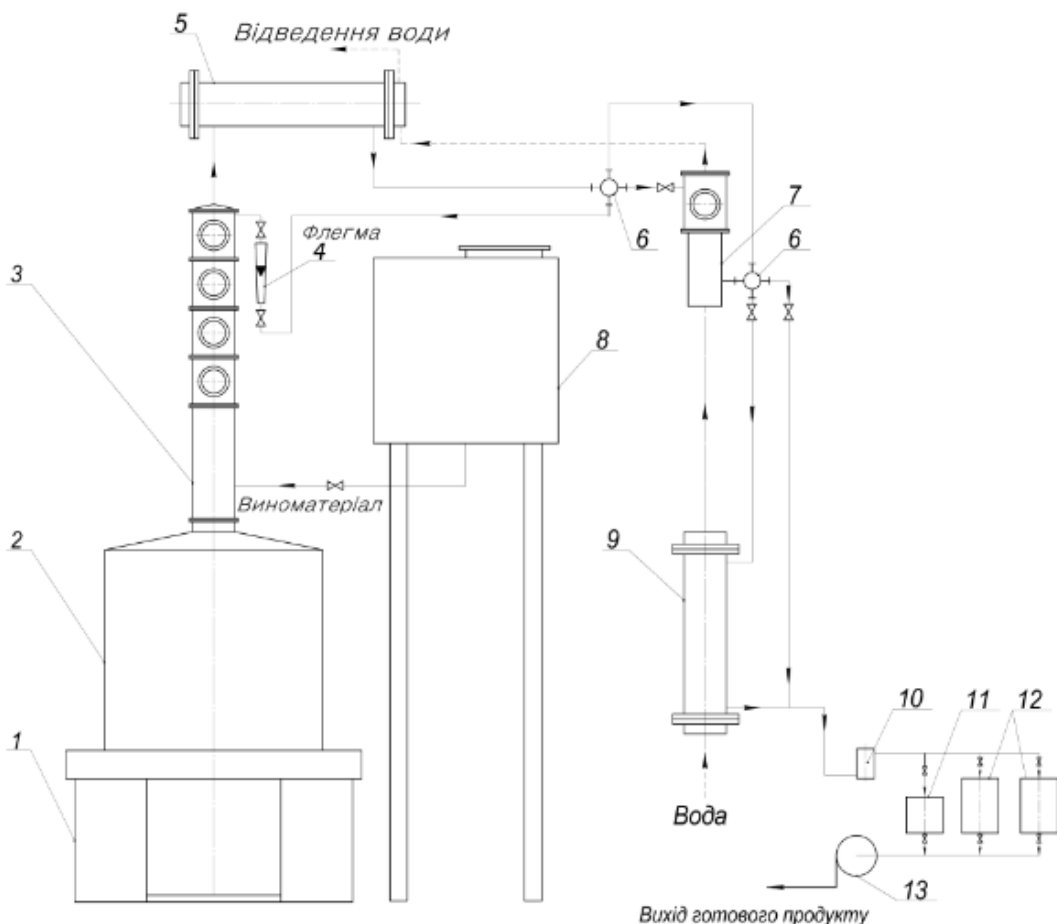


Рисунок 4.4. схема ректифікаційної установки

1-камера згоряння; 2- перегінний куб; 3-колонна зміцнююча; 4-регулятор флегмового числа; 5-дефлегматор; 6-клапан; 7-конденсатор; 8-ємність для

виноматеріалу; 9-холодильник; 10-спиртовий ліхтар; 11-збірник для дистиляту; 12-збірник для дистиляту; 13-насос відцентровий.

4.2. Висновки до розділу

Здійснено матеріальний розрахунок ректифікаційної колони.

Визначили рівноважні склади парової та рідкої фаз суміші, що розділяється в колоні.

Отримано значення середніх масових витрат флегми у верхній та нижній частинах ректифікаційної колони.

Визначено оптимальне значення флегмового числа.

5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5.1. Охорона праці

5.1.1. Аналіз умов праці у харчовій галузі за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища.

Умови праці це сукупність факторів виробничого середовища, які впливають на здоров'я і працездатність людини в трудовому процесі. Ці фактори поділяють на шкідливі і небезпечні. Вплив шкідливих факторів на працюючих в певних умовах приводить до травми або іншого різкого погіршення здоров'я, а небезпечних до захворювання або зниження працездатності.

Фактори відрізняються не тільки кінцевими, несприятливими для людини результатами, що залежать від рівня виробничого фактора, але і тривалістю дії. Для небезпечного фактора характерне миттєва, а для шкідливого – довготривала дія, але в ряді випадків шкідливі наслідки, викликані короткотривалою дією шкідливого фактора розглядаються на рівні з травмами, розслідуються і обліковуються як небезпечні випадки на виробництві. До них відносяться: гострі отруєння, теплові удари, обмороження а також ураження блискавкою на виробництві.

Вплив на людину шкідливого фактора може привести до травми, наприклад, одноманітна праця, через одноманітні операції настає втома, що приводить до зниження працездатності і уваги.

Останнє в травмонебезпечних ситуаціях може привести до невчасно прийнятого правильного або прийняття неправильного рішення і закінчиться травмою. За природою дії шкідливі і небезпечні фактори поділяють на фізичні, хімічні, біологічні, психофізіологічні.

Вплив на людину шкідливого фактора може привести до травми, наприклад: через одноманітні операції настає втома, що приводить до зниження працездатності і уваги. Останнє в травмонебезпечних ситуаціях може привести до невчасно прийнятого правильного або прийняття неправильного рішення і закінчиться травмою. За природою дії шкідливі і небезпечні фактори поділяють на фізичні, хімічні, біологічні, психофізіологічні.

Фізичні фактори: рухомі машини і механізми, незахищені рухомі елементи обладнання, рухомі вироби, заготовки і матеріали; підвищена або знижена температура поверхні обладнання, матеріалів повітря робочої зони; вологість і рухомість повітря; небезпечний рівень напруги в електричному ланцюзі; підвищений рівень шуму, вібрації, інфрачервоного і ультразвуку; підвищення або нестача природного освітлення, відсутність світла, недостатнє освітлення робочої зони, підвищена яскравість світла, блиск, підвищена пульсація світлового потоку; гострі краї, шорсткості на поверхні обладнання, інструмента заготовок; розміщення робочих місць на значній висоті від підлоги; підвищений рівень УФ і ІЧ радіації; електромагнітні випромінювання, статична електрика; підвищена напруга електромагнітних полів; підвищена або знижена іонізація повітря; підвищений рівень іонізуючого випромінювання в робочій зоні; підвищений або знижений барометричний тиску в робочій зоні і його різка зміна.

Для хлібопекарних, макаронних, кондитерських, цукрових, бродильних виробництв характерними є більшість із наведених шкідливих і небезпечних факторів. Наприклад: на хлібозаводах в багатьох випадках зовнішня поверхня печей перевищує температуру допустиму за санітарну норму 45°C, а температура газовідвідних каналів і труб через відсутність ізоляції становить 55-245°C. В приміщеннях багатьох підприємств виділяється пара. Температура повітря в літній час в ряді випадків на робочому місці складає 30 - 38°. Печі є джерелом ІЧ радіації.

Хімічні фактори. Речовини, які проникають в організм людини через дихальні шляхи, шкіру чи травну систему можуть виявляти загально токсичне; подразнюючу слизові носа, рота, очей; алергічну; мутагенну дію, а також впливати на репродуктивну функцію людини. На виробництвах харчової промисловості фактори цієї групи мають достатньо широке розповсюдження при технічних процесах (видалення сірчаного газу, оксидів азоту з печей, диму і шкідливих речовин при підгорянні масла або продукції, CO₂ при обмороженні та інші).

Біологічні фактори. Поділяються на хвороботворні мікроорганізми і макроорганізми перші проникають в вигляді бактерій, вірусів, риккетсій, бактеріоподібні нерухомі організми що викликають інфекційні захворювання, спірохет, грибів і найпростіших.

Мікроорганізми поділяють на організми рослинного, і тваринного походження. Ці фактори зустрічаються в цукрових, хлібопекарських і бродильних виробництвах.

Психофізіологічні фактори. Поділяють на фізичні і нервово-психологічні перевантаження перші включають статичні, динамічні, навантаження гіподинамію. М'язові статичні навантаження особливо погано впливають на працездатність. Вони поділяються на легкі (людина у вільній позі), середні (якщо вимушена поза складає 10-25% часу зміни), тяжкі (вимушена поза 50%) і дуже тяжкі >50%. Психоневрологічні перевантаження поділяють на розумове перенапруження, перенапруження аналізаторів, монотонність праці, емоційні перевантаження.

До професійних захворювань відносять захворювання які виникають при дії на працюючих специфічних для даної професії шкідливих виробничих факторів, а також захворювання які зустрічаються серед контактуючих з цими факторами людей на роботі частіше ніж при інших умовах. До них відносяться захворювання що є наслідком ускладнень, прямих наслідків або різкого погіршення яких-небудь інших захворювань,

що самостійно не носять професійного характеру, але викликані професійним захворюванням.

Професійні захворювання розвиваються в результаті більш або менш тривалого періоду роботи протягом якого в організмі під дією шкідливих факторів нагромаджується критична маса токсичної чи шкідливої речовини (газу, пари, пилу) а також якщо в ньому проходять поступові зміни фізіологічних функцій окремих органів системи (шум, вібрація, мікроорганізми, фізичні чи емоційні перевантаження).

Період нагромадження цих змін до моменту прояву називають періодом прихованого розвитку професійного захворювання. Він може складати 1-2 або навіть 20-30 років. При використанні на виробництві професійних заходів. Професійні захворювання можуть не проявитися протягом усього стажу роботи.

У випадку встановлення у працівника професійного захворювання йому можуть назначити допомогу по тимчасовій непрацездатності, пенсію по інвалідності, а також може розглядатися питання про компенсацію підприємством збитків здоров'ю.

5.1.2. Основні причини травматизму в харчовій галузі. Динаміка травматизму.

Харчова промисловість України характеризується широкою різноманітністю умов виробництва і праці у зв'язку з чим характер травм і професійних захворювань на різних підприємствах неоднаковий. За період з 2005 по 2015 травми отримали понад 10 тис. працівників галузі, з яких близько 600 – із летальними наслідками.

До найбільш травмонебезпечних виробництв харчової галузі відносяться хлібопекарські та цукрові заводи, на яких стається більше 50% травм із смертельними наслідками. За даними Державного комітету статистики на підприємствах харчової промисловості біля 14% нещасних

випадків обумовлено технічними причинами, до 35% організаційно-технічними і більше 50% – організаційними.

В свою чергу до основних організаційних причин нещасних випадків відносяться: незадовільна організація, відсутність нагляду за проведенням робіт, незадовільне утримання і недоліки в організації робочих місць, допуск до роботи ненавчених або не проінструктованих працівників, невикористання засобів індивідуального захисту у зв'язку з їх відсутності або невідповідності умов праці, порушення трудової та виробничої дисципліни, експлуатація несправного технологічного обладнання, порушення правил руху внутрішньо цехового або внутрішньо заводського транспорту, недостатня оперативність надходження даних, відсутність комплексної системи обліку, аналізу та прогнозування випадків травматизму.

Наведені дані свідчать, що значна частина нещасних випадків є наслідком недбалого ставлення до вимог охорони праці як самих працівників, так і керівників різних рівнів.

В цьому контексті представляють інтерес дані українських дослідників, відповідно до яких, серед осіб які допустили порушення законодавства про охорону праці на підприємствах харчової галузі, що привело до нещасного випадку, 52% складають керівники.

За таких обставин досягти належного рівня безпеки праці можливо лише при умові, що кожен учасник трудового процесу усвідомить важливість виконання вимог охорони праці.

В продовж останніх десятиліть спостерігається поступове зниження кількості нещасних випадків як в промисловості України загалом так і в харчовій галузі зокрема.

Проте одночасно із даним зниженням кількості нещасних випадків спостерігається поступове зростання тяжкості травматизму збільшується кількість людино-днів непрацездатності з розрахунку на 1000 працівників.

Також прослідковується тенденція щорічного збільшення кількості летальних нещасних випадків: відносний коефіцієнт смертності $K_{вс}$ в

харчовій промисловості за останнє десятиріччя зріс майже вдвічі – від 1,6 у 2004р. до 3,0 у 2013р. Тобто нещасні випадки стають все більш небезпечними.

За даними Державного комітету статистики харчова галузь продовжує входити в п'ятірку найбільш травмонебезпечних галузей України.

Одним із основних напрямків покращення стану охорони праці є заміна застарілого обладнання, застосування сучасних та безпечних для працівників технологічних процесів.

5.1.3. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів підприємств харчової промисловості

Вплив шкідливих факторів на працюючих в певних умовах приводить до травми або іншого різкого погіршення здоров'я, а небезпечних до захворювання або зниження працездатності.

Фактори відрізняються не тільки кінцевими, несприятливими для людини результатами, що залежать від рівня виробничого фактора, але і тривалістю дії. Для небезпечного фактора характерна миттєва, а для шкідливого – довготривала дія, але в ряді випадків шкідливі наслідки, викликані короткотривалою дією шкідливого фактора розглядаються на рівні з травмами, розслідуються і облікуються як небезпечні випадки на виробництві. До них відносяться: гострі отруєння, теплові удари, обмороження а також ураження блискавкою на виробництві.

Вплив на людину шкідливого фактора може привести до травми, наприклад: одноманітна праця, через одноманітні операції настає втома, що приводить до зниження працездатності і уваги. Останнє в травмонебезпечних ситуаціях може привести до невчасно прийнятого правильного або прийняттю неправильного рішення і закінчиться травмою.

За природою дії шкідливі і небезпечні фактори поділяють на фізичні, хімічні, біологічні, психофізіологічні.

Фізичні фактори:

- 1) рухомі машини і механізми, незахищені рухомі елементи обладнання, рухомі вироби, заготовки і матеріали;
- 2) підвищена або знижена температура поверхні обладнання, матеріалів повітря робочої зони;
- 3) вологість і рухомість повітря;
- 4) небезпечний рівень напруги в електричному ланцюзі;
- 5) підвищений рівень шуму, вібрації, інфрачервоного і ультразвуку;
- 6) підвищення або нестача природного освітлення, відсутність світла, недостатнє освітлення робочої зони, підвищена яскравість світла, блиск, підвищена пульсація світлового потоку;
- 7) гострі краї, шорсткості на поверхні обладнання, інструмента заготовок;
- 8) розміщення робочих місць на значній висоті від підлоги;
- 9) підвищений рівень УФ і ІЧ радіації;
- 10) електромагнітні випромінювання, статична електрика;
- 11) підвищена напруга електромагнітних полів;
- 12) підвищена або знижена іонізація повітря;
- 13) підвищений рівень іонізуючого випромінювання в робочій зоні;
- 14) підвищений або знижений барометричний тиску в робочій зоні і його різка зміна.

Для хлібопекарних, макаронних, кондитерських, цукрових, бродильних виробництв найбільш характерні шкідливі і небезпечні фактори 1-12. Наприклад: на хлібозаводах в багатьох випадках зовнішня поверхня печей перевищує температуру допустиму за санітарну норму 45°C, а температура газовідвідних каналів і труб через відсутність ізоляції становить 55-245 °. В приміщеннях багатьох підприємств виділяється пара. Температура повітря в літній час в ряді випадків на робочому місці складає 30 - 38°. Печі є джерелом ІЧ радіації.

Хімічні фактори. Речовини, які проникають в організм людини через дихальні шляхи, шкіру чи травну систему можуть виявляти: загально токсичну; подразнюючу слизові носа, рота, очей; алергічну; мутагенну дію; впливати на репродуктивну функцію людини.

На виробництвах харчової промисловості фактори цієї групи мають достатньо широке розповсюдження при технічних процесах: видалення сірчаного газу, оксидів азоту з печей, диму і шкідливих речовин при підгорянні масла або продукції, CO₂ при обмороженні та інші.

Біологічні фактори. Поділяються на хвороботворні мікроорганізми і макроорганізми перші проникають в вигляді бактерій, вірусів, риккетсій, бактеріоподібні нерухомі організми що викликають інфекційні захворювання, спірохет, грибів і найпростіших.

Мікроорганізми поділяють на організми рослинного, і тваринного походження. Ці фактори зустрічаються в цукрових, хлібопекарських і бродильних виробництвах.

Психофізіологічні фактори. Поділяють на фізичні і нервово-психологічні перевантаження; перші включають статичні, динамічні, навантаження гіподинамію. М'язові статичні навантаження особливо погано впливають на працездатність. Вони поділяються на легкі (людина у вільній позі), середні (якщо вимушена поза складає 10-25% часу зміни), тяжкі (вимушена поза 50%) і дуже тяжкі > 50%. Психоневрологічні перевантаження поділяють на розумове перенапруження, перенапруження аналізаторів, монотонність праці, емоційні перевантаження.

5.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях

5.2.1. Планування заходів з питань цивільного захисту на підприємствах харчової та переробної промисловості.

Планування заходів захисту об'єкта – це розроблення сукупності документів, у яких визначені сили і засоби, порядок і послідовність дій з метою забезпечення захисту населення, виробництва, а також виконання завдань вищих органів, пов'язаних із поданням допомоги населенню інших об'єктів і міст.

Планування заходів з питань цивільного захисту на підприємствах харчової та переробної промисловості проводиться у тій же послідовності, що й на будь яких інших об'єктах народного господарства.

На підприємства мають бути розроблені два плани: на воєнний та мирний час.

План цивільного захисту на воєнний час – це документи, які визначають організацію і порядок переведення об'єкта з мирного на воєнний час і ведення цивільного захисту в початковий період війни.

План цивільного захисту на мирний час – це документи, які визначають організацію і порядок виконання заходів цивільного захисту з метою запобігання або зменшення можливих втрат від важких виробничих аварій, катастроф, і стихійних лих, а також ведення рятувальних та інших невідкладних робіт при їх виникненні.

Методика розроблення планів.

Необхідно зібрати вихідні документи, що будуть використані при розробці документів плану цивільного захисту об'єкта: директивні документи Президента; Верховної Ради; Уряду України; витяг із рішення керівника цивільного захисту району про організацію і ведення цивільного захисту на території району; дані про кількість формувань, їх особовий склад, які потрібно створити на даному об'єкті; витяг із плану прийому і розміщення евакуйованого населення; витяг із наряду райвійськкомату на постачання

техніки у збройні сили у зв'язку з мобілізацією; окремі розпорядження керівника цивільного захисту району; документи, які характеризують господарство і населений пункт.

Розробка плану відбувається у три етапи в певній послідовності.

Перший етап – підготовчий, протягом якого визначається склад виконавців і затвердження їх, підготовка виконавців до роботи, доведення до них директив, рекомендацій та інших документів, узагальнення й аналіз вихідних даних, необхідних для розробки плану ЦЗ, визначення обсягу робіт і розподіл обов'язків між виконавцями та закріплення відповідальних за розділами плану.

Для планування, підготовки і проведення заходів евакуації має бути інформація, щоб забезпечити відповіді на такі запитання: чисельність працюючих відвідувачів, обслуговуючого персоналу на даному об'єкті, всього населення у населеному пункті; час доби, коли буває найбільше скупчення людей у приміщеннях; розміщення людей у приміщеннях; стан входів, аварійних виходів; наявність і стан входів для пожежників, міліції, поліції, внесення технічних засобів; труднощі, які треба враховувати під час евакуації людей (вузькі проходи, сходи, непрацюючі ліфти та ін.); Планування евакуації має передбачати виникнення найбільш несприятливих ситуацій під час підготовки і проведення евакуації: відсутність відповідних керівників, транспорту, електрозабезпечення, погані погодні умови, аварія на дорозі, паніка серед людей та ін.

Другий етап – практична розробка, оформлення документів. Заходи, які плануються в документах плану, мають бути спрямовані на виконання завдань ЦЗ в надзвичайних ситуаціях.

У документах плану визначають заходи, які потрібно виконати в мирний час, при загрозі виникнення надзвичайних ситуацій, несподіваному нападі противника, стихійних лихах, виробничих аваріях, катастрофах і при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, проведенні рятувальних та інших невідкладних робіт, а також характер і порядок дій формувань, зміст і обсяг

робіт, строки виконання заходів з урахуванням конкретних умов і можливостей даного об'єкта.

Заходи, які потребують капітальних затрат і матеріально-технічних засобів, також мають бути висвітлені в цих планах.

До них належать: будівництво протирадіаційних укриттів, пункту управління, забійних площадок і пунктів, площадок ветеринарної обробки сільськогосподарських тварин; придбання засобів для герметизації тваринницьких ферм, складських приміщень і колодязів; систем зв'язку і оповіщення; придбання майна для формувань, спеціальної техніки, необхідної формуванням для проведення рятувальних та інших невідкладних робіт, автономних джерел електроенергії.

Оскільки заходи потребують матеріальних затрат, вони повинні здійснюватися у комплексі з іншими економічними заходами, через що їх необхідно включити в поточний і перспективний план об'єкта, де вони будуть забезпечені коштами.

За даними оцінки можливої обстановки, що може скластися на об'єкті, керівники об'єкта планують заходи підвищення стійкості роботи об'єкта. Всі пропозиції, пов'язані із затратами, необхідно документально обґрунтувати з поданням відповідних заявок із кошторисами в місцеві, районні, обласні органи управління ЦЗ, а якщо необхідно то у відповідні міністерства, відомства.

Планування таких заходів, як підготовка і забезпечення майном формувань, навчання керівного особового складу формувань, працюючих, організація зв'язку і оповіщення, створення навчально-матеріальної бази та ін., проводиться за рахунок коштів об'єкта.

Третій етап – узгодження розроблених планів із відділом ЦЗ району, з районним агропромисловим управлінням, адміністрацією населеного пункту, службами ЦЗ району, після цього затвердження документів плану ЦЗ. Зміст плану цивільного захисту об'єкту узгоджується з вимогами плану ЦЗ району,

що підтверджує начальник відділу з питань цивільного захисту населення району, після чого план затверджує керівник ЦЗ об'єкта.

5.2.2. Зони ураження під час техногенних вибухів. Методи розрахунку характеристик зон ураження

До вибухонебезпечних об'єктів відносять виробництва вибухових речовин (ВР), нафтопереробні підприємства, млинарські комбінати та елеватори, деревообробні та інші підприємства, що використовують або виробляють горючі речовини та матеріали.

Аварії на таких об'єктах, як правило, супроводжуються вибухами. Під вибухом розуміється процес звільнення великої кількості енергії за короткий проміжок часу. В результаті вибуху речовина перетворюється в сильно нагрітий газ з дуже високим тиском, що впливає на навколишнє середовище, повітря, викликаючи його рух, і утворення чинників, що уражають. Тому вони називаються уражаючими факторами.

Основний уражаючий фактор вибуху – це повітряна ударна хвиля (УХ). Ударна хвиля – це зона сильно стислого повітря, називається фронт ударної хвилі, що розповсюджується в усі боки від центру вибуху з надзвуковою швидкістю (більше 330м/с).

Основним параметром УХ, що визначає її руйнівну дію, є надмірний тиск у фронті УХ. Надмірний тиск ΔP_{ϕ} – це різниця між максимальним тиском у фронті хвилі (P_{ϕ}) і атмосферним тиском перед фронтом (P_0):

$$\Delta P_{\phi} = P_{\phi} - P_0, \text{кПа.}$$

Одиниці виміру ΔP_{ϕ} в системі СІ – паскаль (Па).

На рисунку 5.1. показано характер зміни тиску повітря в часі при проходженні ударної хвилі.

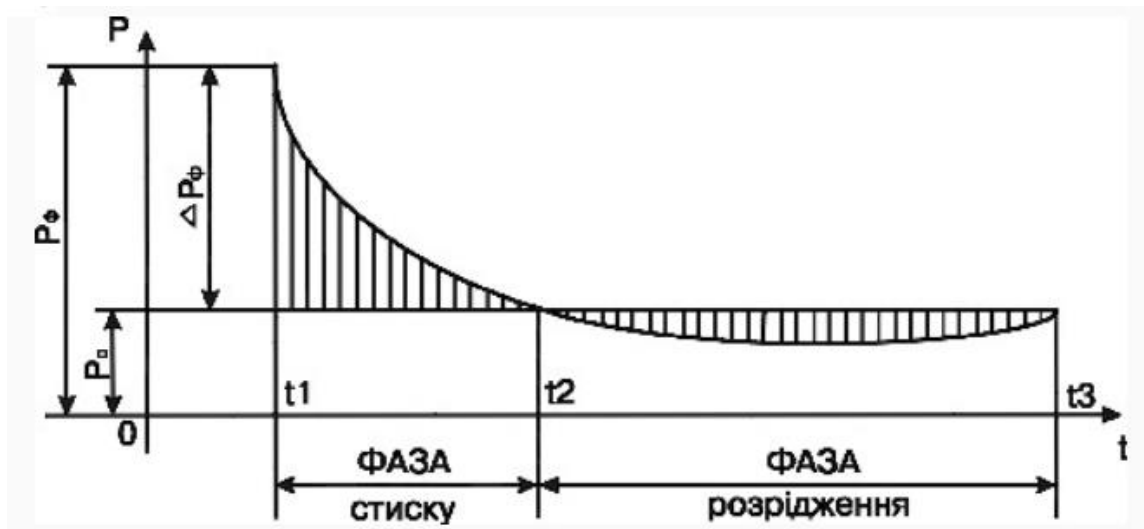


Рисунок 5.1. Зміни тиску повітря при проходженні ударної хвилі

Надмірний тиск у даній точці залежить від відстані до місця (центру) вибуху, маси продукту вибуху (потужності вибуху) та інших чинників.

Повітряна ударна хвиля уражає людей, руйнує або пошкоджує будинки і споруди, обладнання і техніку. У незахищених людей в залежності від величини надмірного тиску можливі травми різного ступеню, характеристики яких наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1.

Характеристика травм незахищених людей в залежності від надмірного тиску ударної хвилі

ΔP_{ϕ} , кПа	Ступені травм	Характер ураження
20-40	Легкі	Легка загальна контузія організму, тимчасова втрата слуху, забиті місця
40-60	Середні	Серйозні контузії, пошкодження органів слуху, кровотеча з носа і вух, сильно забиті місця
60-100	Важкі	Сильна контузія всього організму, пошкодження внутрішніх органів і мозку, важкі переломи кінцівок
>100	Вкрай важкі	Від отриманих травм більшість людей гине

Будинки, споруди, обладнання внаслідок дії УХ можуть бути пошкоджені або зруйновані. В залежності від надмірного тиску ΔP_{ϕ} , типу,

розмірів та інших чинників можуть отримати слабе, середнє, сильне або повне руйнування.

Внаслідок вибуху під впливом уражаючих факторів на місцевості утворюється осередок ураження. Межа осередку ураження пролягає через точки на місцевості, де надмірний тиск УХ становить 10 кПа. Форма осередку на рівнинній місцевості – коло (рис. 5.2.).

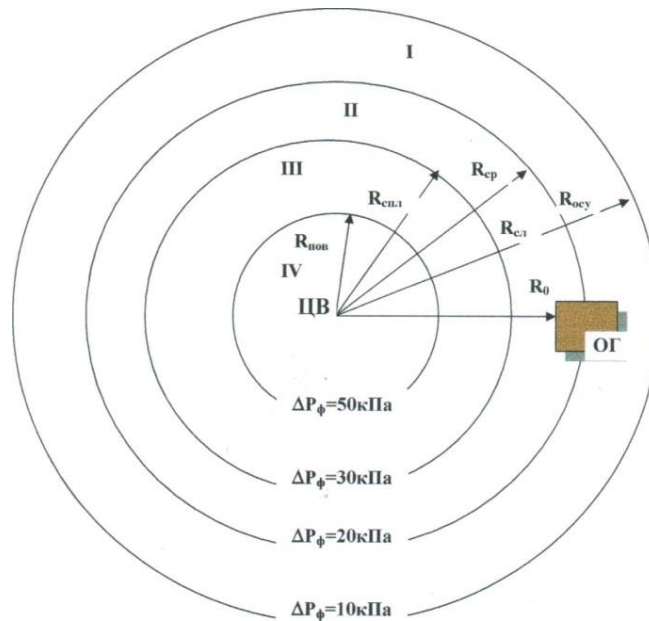


Рисунок 5.2. Форма осередку ураження при вибуху
ОГ – об'єкт господарювання; ЦВ – центр вибуху.

Радіуси осередку ураження і зон руйнувань залежать від потужності вибуху (маси продуктів вибуху Q).

В залежності від ступеня руйнування виробничих будинків і обсягу необхідних рятувальних і аварійно-відновлюваних робіт осередок ураження ділиться на IV зони: повних, сильних, середніх та слабких руйнувань.

I Зона слабких руйнувань – від 10 до 20кПа. Слабкі руйнування будівель. II Зона середніх руйнувань утворюється там, де надмірний тиск від 20 до 30кПа, будівлі і споруди мають середній ступінь руйнувань. Дерев'яні споруди повністю руйнуються. III Зона сильних руйнувань характеризується сильними руйнуваннями будинків і споруд, утворенням місцевих завалів і

розповсюджується на територію, де надмірний тиск від 30 до 50кПа. IV Зона повних руйнувань характеризується надмірним тиском у фронті УХ 50кПа і більше. Будинки, споруди, обладнання в зоні повністю руйнуються, утворюю суцільні завали.

Визначення параметрів осередку ураження (радіусів зон руйнувань) здійснюється за допомогою Графіка залежності надмірного тиску від кількості тротилу і відстані до центру вибуху (рис. 5.3.).

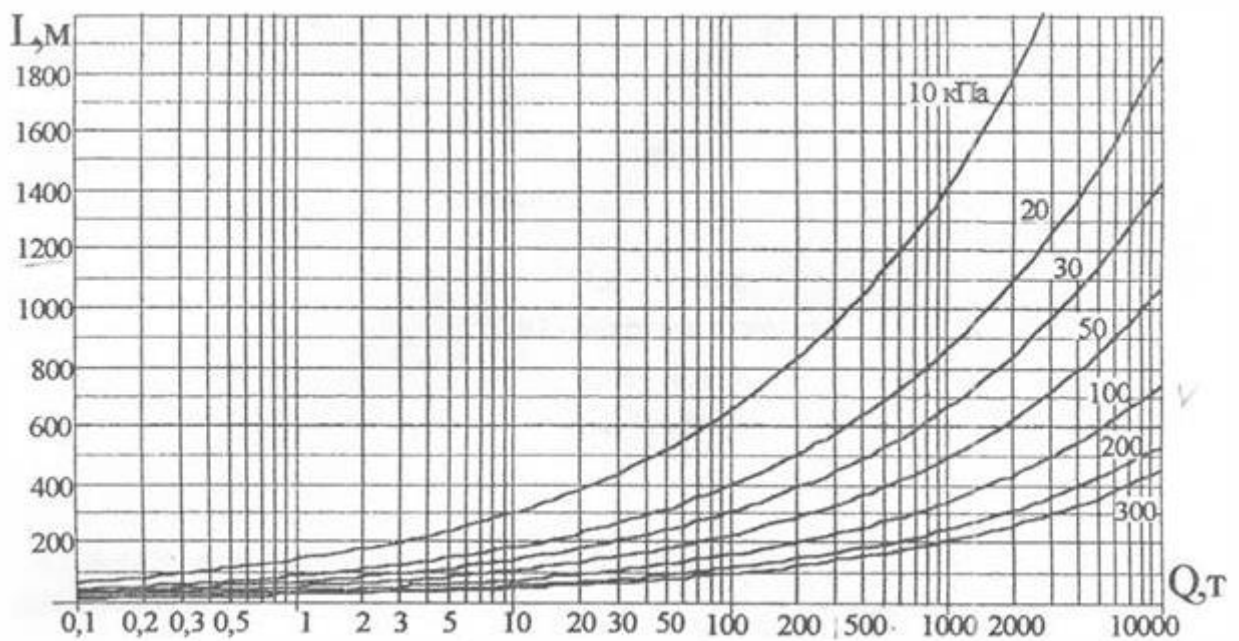


Рисунок 5.3. Графік залежності надмірного тиску від кількості тротилу і відстані до центру вибуху.

Висновки

Проведено огляд конструкцій дефлегматорів.

Встановили, що досягти більш рівномірної температури в міжтрубному просторі дефлегматора можна шляхом збурення потоку пари за рахунок виконання стінки трубки у вигляді спіралі.

Встановили, що при використанні в дефлегматорі спіральної трубки температура у міжтрубному просторі розподіляється більш рівномірно у порівнянні із дефлегматором із циліндричними трубками.

Отримали математичний вираз який дозволяє визначити температуру пари у дефлегматорі у будь-якій точці в залежності від того на якій відстані вона розміщена від поверхні трубки:

$$t = 26\ln(L)+10$$

де t – температура пари, °C;

L – відстань від поверхні трубки, м.

Встановили, що для забезпечення роботи колони її необхідно обладнати чотирма тарілками ковпачкового типу.

Перелік посилань

1. Анохина, Е.А. Энергосбережение в процессах экстрактивной ректификации / Е.А. Анохина // Вестник МИТХТ, 2013. - Т. 8, № 5. - С. 3-16.
2. Gutiérrez, H. Extractive distillation with ionic liquids as solvents: selection and conceptual process design / H. Gutiérrez, P. Juan // A catalogue record is available from the Eindhoven University of Technology Library, 2013. - С. 2-11.
3. Багатуров, С.А. Основы теории и расчета перегонки и ректификации / С.А. Багатуров // 3-е Издание - М. : Химия, 1974. - 339 с.
4. Кутузова, М.А. Технологический расчет ректификационной колонны / М.А. Кутузова, А.В. Дмитриев, А.Г. Кутузов // Методические указания к курсовому проектированию. - Казань, КГТУ, 2008. - С. 14 - 76.
5. Шейкус А. Р. Математичне моделювання динамічних режимів процесу ректифікації при застосуванні рухливих керуючих впливів / А. Р. Шейкус / Автоматизація технологічних і бізнес-процесів. – 2019. - № 11, Том 4. – С. 55-68
6. Ермолаева В.А. Математическое моделирование ректификации многокомпонентной смеси / В.А. Ермолаева, Д.М. Николаева, Н.Г. Столетовых // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2019. – 2-2. – С. 35-39.
7. Бутковский А.Г. Теория подвижного управления системами с распределенными параметрами / А.Г. Бутковский, Л.М. Пустыльников. – М.: Наука, 1980. – 384 с.
8. Раева, В.М. Исследование экстрактивной ректификации бинарных гетерогенных смесей / В.М. Раева, А.Ю. Себякин // Вестник МИТХТ, 2012. - т. 7, № 2. - 32 с.
9. Экспериментальные исследования экстрактивной ректификации в присутствии ионной жидкости / В.И. Жучков, П.Г. Румянцев, С.А. Решетов,

Т.В. Челюскина, А.К. Фролкова // МИТХТ им. М.В. Ломоносова, Вестник МИТХТ, 2011. - т. 6, № 3. - 44 с.

10. Stewart, O. Sinopec Tech. Sulfolane Extractive Distillation Technology / O. Stewart // Alaska Department of Environmental Conservation Project Engineer June 1, 2010. - P. 3-42.

Д о д а т к и