

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Донецький національний університет економіки і торгівлі
імені Михайла Туган-Барановського
Навчально-науковий інститут ресторанно-готельного бізнесу та туризму
Кафедра загальноінженерних дисциплін та обладнання

ДОПУСКАЮ ДО ЗАХИСТУ
Гарант освітньої програми
«Обладнання переробної і харчової
промисловості»
Хорольський В.П.
« ____ » _____ 2023 року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**
на здобуття ступеня вищої освіти «Магістр»
зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
за освітньою програмою «Обладнання переробної і харчової промисловості»

на тему: **«УДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА
РОСЛИННОЇ ОЛІЇ»**

Виконав:
здобувач вищої освіти _____ Ларін Олексій Олегович _____
(прізвище, ім'я, по-батькові) (підпис)

Керівник: _____ зав. кафедри, к.т.н., доцент, Омельченко О.В. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у кваліфікаційній
роботі немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

Кривий Ріг
2023

6. Список використаних джерел.

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

Обладнання для виготовлення рослинної олії.

Порівняльна характеристика багатокорпусної та однокорпусної дистиляційних установок.

Періодична дистиляція з ректифікаційною колоною.

Схема спливу бульбашок перегрітої водяної пари.

Схема компонування дистиляційної колони.

6. Дата видачі завдання «1» вересня 2023 р.

7. Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
1	Вступ	4.09-20.09.2023 р.
2	Аналіз обладнання для виробництва рослинної олії	21.09-18.10.2023 р.
3	Удосконалення обладнання для виробництва рослинної олії	19.10-08.11.2023 р.
4	Аналіз результатів досліджень	09.11-15.11.2023 р.
5	Висновки по роботі	16.11-22.11.2023 р.
6	Оформлення роботи і подання до захисту	23.11-26.11.2023 р.

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Ларін О.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Омельченко О.В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Обсяг і структура магістерської роботи. Повний обсяг магістерської роботи – 50 сторінок, в тому числі основного тексту – 42 сторінки. Робота містить: 1 таблицю, 16 рисунків. Список використаних джерел складається з 12 найменувань.

Об'єкт роботи – обладнання для виробництва рослинної олії.

Предмет роботи – процес дистиляції місцели.

Мета роботи – удосконалення обладнання для виробництва рослинної олії.

На основі аналізу наукових джерел зазначено, що існує два методи вилучення соняшникової олії з насіння соняшнику: метод пресування (механічний спосіб) та метод екстрагування (хімічний спосіб). Метод пресування соняшникової олії засновано на принципі фізичної екструзії для вичавлювання соняшникової олії з насіння соняшнику при цьому залишкова швидкість олії відносно висока. Екстракційний спосіб отримання соняшникової олії можна розділити на два етапи: екстрагування та дистиляція. Отриманий розчин олії в розчиннику називають місцелою. З місцели розчинник відганяється відповідно в дистиляторах та випарниках різних конструкцій. У харчових процесах дистиляція або іншими словами, перегонка ґрунтується на відмінностях температур кипіння, тисків та леткості окремих речовин, що входять до складу суміші.

Сконцентровано увагу на тому, що дистиляція – процес у якому суміш рідини або пари з двох чи більше речовин розділяється на його складові фракції бажаної чистоти. Заснований на тому, що коли пара кипить то суміш буде багатшою компонентами, які мають нижчі точки кипіння. Споживає величезну кількість енергії з точки зору охолодження та обігріву.

Пропонується за доцільне в системі дистиляції, використовувати розпилення та барботаж – процеси видалення розчинника з висококонцентровані місцели. Для зони розпилення використовувати пароежекторні форсунки. Здійснити систему дистиляції в єдиному корпусі. На підставі загальних принципів дистиляції місцели пропонується розділити означений процес на три ступені, а саме, дві попередні стадії та одну остаточну стадію. Апарат поділити на три секції – дві секції попередньої дистиляції та одну остаточну. Колона компонування передбачатиме розташування секцій один над одною в яких місцела рухатиметься переважно зверху вниз під дією сил тяжіння. На основі теоретичних досліджень та відповідно до обраної концепцією системи дистиляції місцели основними процесами є: для попередньої дистиляції – процес кипіння у вільно стікаючій плівці місцели по зовнішній поверхні труб, що обігріваються; для остаточної стадії дистиляції – процеси розпилення та барботажу місцели перегрітою водяною парою.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: місцела, дистиляція, соняшникова олія, багатокорпусна та однокорпусна установка для дистиляції, рафінація, метод пресування, метод екстракції, перегонка, ректифікаційна колона, дистилятор, розчинник, попередня та остаточна стадії дистиляції.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА РОСЛИННОЇ ОЛІЇ	7
1.1 Властивості соняшникової олії	7
1.2 Технологія виробництва рослинних олій	9
1.3 Обладнання для виготовлення рослинної олії	13
РОЗДІЛ 2. УДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА РОСЛИННОЇ ОЛІЇ	19
2.1 Порівняльна характеристика багатокорпусної та однокорпусної установок для дистиляції олії	19
2.2 Стадії дистиляції у однокорпусної установці	28
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	35
3.1 Оптимізація процесу дистиляції місцели у однокорпусної установці	35
ВИСНОВКИ	38
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	40
ДОДАТКИ	41

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Ларін</i>				Удосконалення обладнання для виробництва рослинної олії	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Омельченко</i>						5	1
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО			
<i>Затверд.</i>	<i>Хорольський</i>							

ВСТУП

Актуальність роботи. У роботі зазначено, що соняшник є важливою олійною культурою, яка походить з Південної Америки і в даний час культивується в усьому світі. Екстракт соняшнику є потенційним джерелом антимікробних, протизапальних та антиоксидантних засобів, які захищають клітини людини від шкідливих активних молекул кисню та патогенних мікроорганізмів.

Мета та задачі дослідження. Метою магістерської роботи є удосконалення обладнання для виробництва рослинної олії.

Практична та наукова новизна. На основі аналізу наукових джерел зазначено, що існує два методи вилучення соняшникової олії з насіння соняшнику: метод пресування (механічний спосіб) та метод екстрагування (хімічний спосіб). Метод пресування соняшникової олії засновано на принципі фізичної екструзії для вичавлювання соняшникової олії з насіння соняшнику при цьому залишкова швидкість олії відносно висока. Екстракційний спосіб отримання соняшникової олії можна розділити на два етапи: екстрагування та дистиляція. Отриманий розчин олії в розчиннику називають місцелою. З місцели розчинник відганяється відповідно в дистиляторах та випарниках різних конструкцій. У харчових процесах дистиляція або іншими словами, перегонка ґрунтується на відмінностях температур кипіння, тисків та леткості окремих речовин, що входять до складу суміші.

Сконцентровано увагу на тому, що дистиляція – процес у якому суміш рідини або пари з двох чи більше речовин розділяється на його складові фракції бажаної чистоти. Заснований на тому, що коли пара кипить то суміш буде багатшою компонентами, які мають нижчі точки кипіння. Споживає величезну кількість енергії з точки зору охолодження та обігріву.

Пропонується за доцільне в системі дистиляції, використовувати розпилення та барботаж – процеси видалення розчинника з висококонцентровані місцели. Для зони розпилення використовувати пароежекторні форсунки. Здійснити систему дистиляції в єдиному корпусі. На підставі загальних принципів дистиляції місцели пропонується розділити означений процес на три ступені, а саме, дві попередні стадії та одну остаточну стадію. Апарат поділити на три секції – дві секції попередньої дистиляції та одну остаточну. Колона компонування передбачатиме розташування секцій один над одною в яких місцела рухатиметься переважно зверху вниз під дією сил тяжіння. На основі теоретичних досліджень та відповідно до обраної концепцією системи дистиляції місцели основними процесами є: для попередньої дистиляції – процес кипіння у вільно стікаючій плівці місцели по зовнішній поверхні труб, що обігріваються; для остаточної стадії дистиляції – процеси розпилення та барботажу місцели перегрітою водяною парою.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Ларін</i>				Удосконалення обладнання для виробництва рослинної олії	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Омельченко</i>						6	1
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>					ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>	<i>Хорольський</i>							

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА РОСЛИННОЇ ОЛІЇ

1.1 Властивості соняшникової олії

Соняшник є важливою олійною культурою, яка походить з Південної Америки і в даний час культивується в усьому світі. Як правило, соняшник вважається значущим через харчову та лікувальну цінність. Завдяки своєму сприятливому впливу на здоров'я був визнаний функціональним продуктом харчування. Соняшник містить мінеральні елементи та фітохімічні речовини, такі як харчові волокна, марганець, вітаміни, токофероли, фітостерини, глікозиди, флавоноїди, фенольні кислоти, каротиноїди, пептиди [1, 3, 6, 9]. Відомо, що екстракт соняшнику є потенційним джерелом антимікробних, протизапальних та антиоксидантних засобів, які захищають клітини людини від шкідливих активних молекул кисню та патогенних мікроорганізмів. Крім того, фармакологічні дослідження соняшнику виявило його лікувальну силу при різних видах захворювань. Користь соняшнику для здоров'я включає сприятливий вплив на кров'яний тиск і контроль діабету, захист шкіри, зниження рівня холестерину.

Соняшникова олія є одним з найпоширеніших видів харчової олії на ринку України. Існує два способи отримання соняшникової олії: пресуванням та екстракцією розчинником [1, 4, 6]. Як відомо, незалежно від того, чи використовується метод пресування або метод екстрагування у соняшниковій олії можуть бути присутні домішки від процесу пресування або екстракції розчинником, а також пігменти, неприємний запах, віск тощо. Вони впливають на якість соняшникової олії. Існує чотири види домішок, присутніх у соняшниковій олії: механічні, домішки вологи, колоїдні домішки і жиророзчинні домішки, табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Домішки, які можуть бути присутні в олії

Тип домішок	Характеристика	Спосіб видалення домішок
Механічні домішки	Наявність сторонніх домішок, таких як осад, залишки волокон і твердих речовин змішаних з олією під час виробництва або зберігання, може знизити якість і споживчу цінність рослинної сировини.	Такі домішки не розчиняються в жирах і маслах, тому можуть бути видалені фільтраційним методом.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Ларін</i>				Удосконалення обладнання для виробництва рослинної олії	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Омельченко</i>						7	12
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО			
<i>Затверд.</i>	<i>Хорольський</i>							

Продовження таблиці 1.1

Домішки вологи	Наявність домішок вологи робить колір масла більш темним, невідповідний запах, що не сприяє безпечному зберіганню рослинної олії.	Використання нагрівання для видалення домішок вологи в умовах атмосферного тиску або зниженого тиску.
Колоїдні домішки	Колоїдні домішки легко піддаються впливу вологи, температури і електролітів.	Видаляються гідратацією або додаванням електроліту для підкислення.
Жиророзчинні домішки	Наявність вільних жирних кислот в жиророзчинних домішках впливає на смак і харчову цінність масла і збільшує швидкість прогоркання масла.	У процесі рафінації рослинної олії жиророзчинні домішки часто видаляються шляхом рафінування та дистиляції лугів.

Для отримання соняшникової олії високої якості на заводі з переробки соняшникової олії сировина відстоюється, фільтрується, а потім проходить дегумування, розкислення, знебарвлення, дезодорацію та депарафінізацію в п'ять етапів до абсорбуючої речовини для освітлення продукту. Всі ці етапи призначені для отримання більш високої якості соняшникової олії.

Метою рафінації соняшникової олії є видалення шкідливих для здоров'я домішок і збереження біологічних властивостей, корисних речовин. Таким чином, процес рафінування соняшникової олії не руйнує поживні речовини в соняшниковій олії, і є більш сприятливим для засвоєння організмом цих поживних речовин [1, 4, 6, 9]. Рафінована соняшnikова олія може зберігатися тривалий час без окислення і осаду; мати світлий й прозорий колір, не пінитися, і не утворювати накипу при нагріванні. Рафінована соняшnikова олія має досить тривалий термін зберігання і не вимагає особливих вимог до зберігання. Соняшnikова олія бурштинового кольору, містить невелику кількість фосфоліпідів і воску. Як правило, має низький кислотний показник і світло-жовтий колір після рафінування. Соняшnikова олія містить велику кількість ненасичених жирних кислот, з-поміж яких є лінолева та олеїнова. Завдяки своїм властивостям рафінована соняшnikова олія має м'який смак і яскравий колір.

Нерафінована олія зберігається не так довго, як рафінована соняшnikова, тому є зберігають у скляній тарі в прохолодному місці; легко окислюється і не підлягає тривалому зберіганню, має сильний запах і виражений смак, темний колір, при тривалому невикористанні з'являється осад. У цьому випадку її не можна використовувати для вживання та смаження, так як в ній утворюються шкідливі для здоров'я людини канцерогени.

У соняшниковій олії високий вміст воску, який впливає на якість та смак рафінованої соняшnikової олії, тому сировина потребує депарафінізації. Технологія депарафінізації соняшnikової олії зазвичай використовується на заводі з переробки соняшnikової олії. Прозорість і яскравість депарафінованої соняшnikової олії мають відповідати стандартам для продажу в супермаркетах.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Перед депарафінізацією соняшникова олія повинна бути очищена на заводі з переробки соняшникової олії, потім рафінована соняшникова олія перекачується в резервуари для кристалізації. Спочатку рафіновану соняшкову олію нагрівають до 55°C, щоб переконатися, що всі кристали в соняшковій олії розбиті. Потім соняшкову олію повільно охолоджують до 7-8°C. У процесі охолодження поступово з'являються нові кристали. Цей процес триватиме 12-24 години. Далі соняшникова олія перекачується у фільтрувальну машину для відділення воску із олії.

1.2 Технологія виробництва рослинних олій

Існує два методи вилучення соняшникової олії з насіння соняшнику: метод пресування соняшникової олії та метод екстракції соняшникової олії. Метод пресування соняшникової олії засновано на принципі фізичної екструзії для вичавлювання соняшникової олії з насіння соняшнику при цьому залишкова швидкість олії відносно висока. Розглянемо процес виготовлення соняшникової олії на олійнопресовій установці.

Перед пресуванням насіння соняшнику попередньо обробляють, щоб запобігти пошкодженню машин домішками в насінні соняшнику та збільшити вихід соняшникової олії. У технологічному процесі застосовують:

1. Магнітний барабан, вібруюче сито та стоунер, необхідні для видалення домішок з насіння соняшнику, щоб зробити насіння соняшнику більш чистим, а також запобігти пошкодженню обладнання (рис. 1.1). Процес очищення дуже важливий для процесу попередньої обробки соняшникової олії. Сторонні матеріали можуть вклинюватися в обладнання, що призведе до блокування та пошкодження, скорочення терміну використання та зниження ефективності роботи машин перероблювальної технологічної лінії. Тому для видалення великих домішок необхідно очищати екран за допомогою магнітного сепаратора для видалення металевих предметів.



Рисунок 1.1 – Очисне сито (вібруюче)

Очисне сито підтримує режим вібрації, який виконує рух вперед і назад протягом робочого часу. Конструкція складається з частин подачі, корпусу екрану, поверхні екрану, частин для очищення екрану, вібраційних частин, частин для сушіння, частин для уловлювання пилу тощо.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стоунер використовується для відділення насіння від каменю, відповідно до різної питомої ваги та швидкості переміщення. Каміння переміщається до отвору для вивантаження каменю. У той час як насіння на верхньому поверсі буде надходити в отвір для вивантаження насіння під дією ефекту самонесучості (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Стоунер

2. За допомогою лущильної машина видаляють шкаралупу насіння соняшнику. Лущильник відноситься до основного обладнання (рис. 1.3, рис. 1.4).

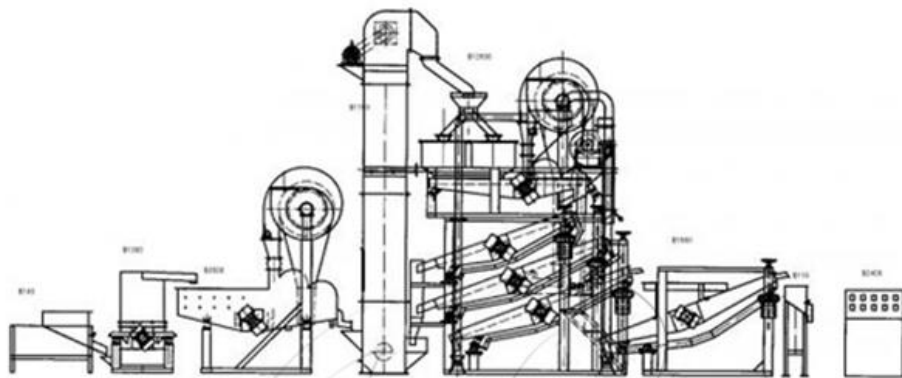


Рисунок 1.3 – Схема машини для лущення насіння соняшнику

Метою лущення є руйнування клітинної тканини насінини, задля плавного відокремлення сировини та виконання наступних операцій. Машина має легкосплавний ролик, термін служби якого в 1 раз довший, ніж звичайний ролик, а також автоматичну гідравлічну систему затягування роликів вся машина добре герметична.



Рисунок 1.4 – Машина для лущення насіння соняшнику та відділення оболонки ядра

3. Наступне обладнання необхідне для зміни внутрішньої структури та температури насіння соняшнику, щоб полегшити пресування.

4. Використання машини попереднього пресування соняшникової олії необхідне для отримання частини соняшникової олії із сировини. У пресуванні за допомогою механічної енергії створюється тиск, достатній для виділення з капілярно-пористої структури олійної сировини рідкої фази або олії. Після пресування виходить твердий олійний залишок.

На підприємствах найбільш поширені одношнекові машини для пресування соняшникової олії (рис. 1.5). Одношнековий прес складається з п'яти елементів (бункер, коробка передач, прес, пресовий шнек та головний корпус). Спочатку запускається одношнековий прес для соняшникової олії, а оброблене насіння соняшнику завантажують із робочого бункера в пресувальник для олії [4, 6]. Коли черв'як обертається, насіння соняшнику безперервно проштовхується усередину, що забезпечує видавлюванню та витіканню олії з отвору для олії.

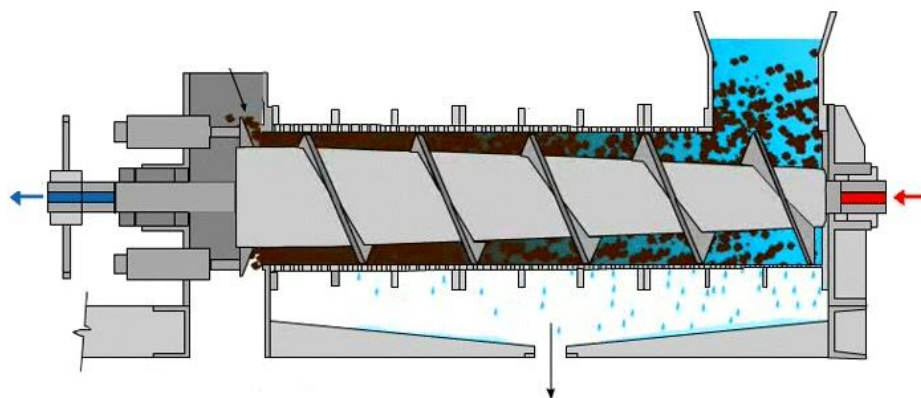


Рисунок 1.5 – Одношнекова машина для пресування соняшникової олії

Як зазначалося вище, у виготовленні соняшникової олії на виробництві застосовують два способи отримання олії з олійного матеріалу – це пресування (механічний спосіб) та екстрагування (хімічний спосіб). Розглянемо метод екстракції розчинником (рис. 1.6).

Насіння олії, що надходить, пропускають через магніти, щоб видалити будь-які сліди металу перед видаленням лушпиння. Очищене насіння крупно подрібнюють, щоб забезпечити більшу площу пресованої поверхні. Застосують вальці або молоткові млини для подрібнення матеріалу до потрібної консистенції. Отриманий шрот нагрівають, щоб полегшити вилучення олії поки ця процедура дозволяє віджати більше олії, також виділяється більше домішок олії, і їх потрібно видалити, перш ніж олію можна вважати їстівною.

1. Соняшникова сировина відправляється в екстрактор, потім замочується в розчиннику, потім змішане масло витікає з екстрактора.

2. Волога сировину з насіння соняшника направляється на переробку шляхом десольвентивації, підсмажування, сушіння, охолодження в чотири етапи. Потім отримується суха сировина з насіння соняшника, яка містить менше 1% залишкової олії.



Рисунок 1.6 – Обладнання, що використовуються для екстракції соняшникової олії розчинником

3. Змішане масло перекачується в систему випаровування. Через дворазове випаровування і одноразову зачистку розчинник буде відокремлюватися від соняшникової олії.

Приклад класичної технологічної схеми виробництва соняшникової масла за схемою пресування-екстракція наведено на рисунку 1.7.

Цикл виробництва починається зі стадії очищення олійної сировини від сторонніх домішок. Очищення насіння від домішок ґрунтується на відмінності основних фізичних властивостей насіння та очищеної олійної культури, відмінності їх властивостей, таких як форма, розмір, щільність, аеродинамічні властивості.

Наступною стадією виробництва є відокремлення плодової оболонки від ядра або обрушення з подальшою сепарацією. Процес обвалення насіння дуже важливий, тому що містяться в оболонці речовини, що потрапляють при подальшій обробці насіння в олію, дуже сильно знижують його харчові якості.

Після сепарації ядро прямує на вологотеплову обробку – жаріння, яка у деяких випадках може передувати подрібненню. Основним завданням даної операції є руйнування клітинної структури та надання матеріалу певної зовнішньої структури, яка буде оптимальна для наступних операцій та забезпечує максимальний вихід олії з матеріалу.

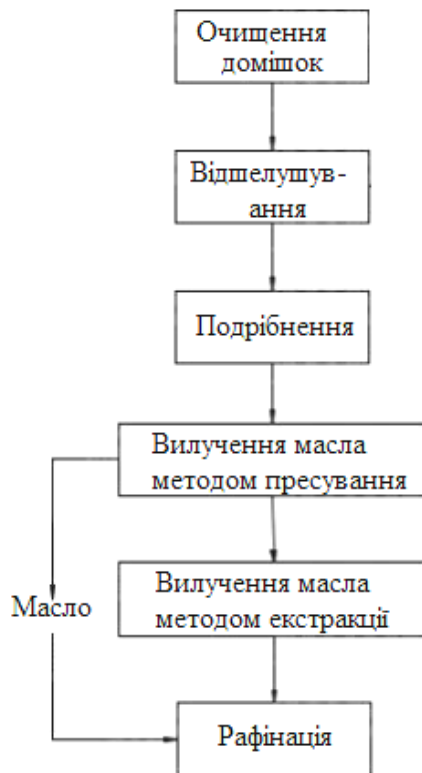


Рисунок 1.7 – Технологічні етапи виробництва олії

Далі з олійної сировини відбувається виділення цільового продукту, а саме олії. Застосовуються два послідовні способи отримання олії з олійного матеріалу – це пресування (механічний спосіб) та екстрагування (хімічний спосіб).

У пресуванні за допомогою механічної енергії створюється тиск, достатній для виділення з капілярно-пористої структури олійної сировини рідкої фази або олії. Після пресування виходить твердий олійний залишок, який надходить на екстракцію. Екстракція соняшникових масел ґрунтується на їх розчинності в органічні розчинники. Екстракція істотно збільшує вихід олії з вихідної сировини, що забезпечує економічну вигоду цього способу.

1.3 Обладнання для виготовлення рослинної олії

Зазвичай використовуються три типи обладнання для виробництва соняшnikової олії: обладнання для пресування соняшnikової олії, обладнання для екстракції розчинників соняшnikової олії та обладнання для переробки соняшnikової олії.

Обладнання для пресування соняшnikової олії використовує дію зовнішніх механічних сил для пресування попередньо обробленого насіння соняшnikу, видавлюючи з нього жир для отримання пресованої соняшnikової олії. Соняшnikова олія, отримана завдяки використанню обладнання для

пресування соняшникової олії, не містить добавок і має ідеальний вміст поживних речовин [2, 4, 6]. Однак залишки після пресування можуть містити велику кількість залишкової олії, що може призвести до втрати жиру, якщо використовувати його в одній екстракції. Тому при виробництві соняшникової олії часто використовують допресову екстракцію розчинником для збільшення виходу соняшникової олії, що вимагає використання обладнання для екстракції соняшникової олії розчинником.

Обладнання для екстракції розчинників соняшникової олії використовує розчинник, що повністю контактує з олією, а жир, що міститься в соняшниковій олії, вилугується для отримання змішаної олії. Температура кипіння розчинника і жиру різна, і розчинник випарюють для отримання вилуженого соняшникової олії. Обладнання для екстракції сольвентом соняшникової олії може виробляти соняшкову олію з високою ефективністю екстракції розчинником, але сира олія, вилужована обладнанням для екстракції розчинниками соняшникової олії, містить невелику кількість залишку розчинника [2, 4, 6]. Вилужена олія повинна бути очищена, перш ніж її можна буде вживати в їжу. Рафінована соняшникова олія може добре видалити розчинник з олії та зберегти олію безпечною. Вилужений шрот має гарну якість, може використовуватися на корм худобі або тваринам і має високий коефіцієнт використання продукту.

Пресоване масло і масло для екстракції розчинниками містять певні домішки. Деякі домішки вводяться у процесі виробництва, такі як осад, порошок вичавок, рослинні волокна та інші домішки, тоді як інші присутні в оліях і жирах, таких як фосфоліпіди, вільні жирні кислоти, пігменти тощо. Домішки впливають на якість соняшникової олії. Тому, незалежно від того, чи це пресування, чи екстракція розчинником, її необхідно очищати за допомогою обладнання для рафінації соняшникової олії, щоб видалити домішки з олії. Обладнання для переробки соняшникової олії цілеспрямовано видаляє домішки з соняшникової олії за допомогою таких процесів, як дегумування, розкислення, зневоднення, знебарвлення та дезодорація жиру, щоб забезпечити якість та харчову безпеку соняшникової олії [2, 4, 6]. Рафінована соняшникова олія більше підходить до смаку широкому загалу, а також може продовжити термін зберігання. Рафінована соняшникова олія може надходити на ринок для реалізації лише після проходження перевірки.

Екстракційний спосіб отримання соняшникової олії можна розділити на два етапи: екстрагування та дистиляція. Отриманий розчин олії в розчиннику називають місцелю. З місцели розчинник відганяється відповідно в дистиляторах та випарниках різних конструкцій. У харчових процесах дистиляція або іншими словами, перегонка ґрунтується на відмінностях температур кипіння, парціальних тисків та леткості окремих речовин, що входять до складу суміші.

Більше летючими у процесі випаровування є компонент з нижчою температурою кипіння. Дистиляція місцели рослинної олії це процес поділу місцели рослинної олії на масло і розчинник відгоном розчинника з місцели рослинної олії з наступною конденсацією його парів.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Традиційно прийнято розділяти дистиляцію місцели на дві стадії: попередню та остаточну. Системи дистиляції місцели у всіх виробників обладнання принципово мало різняться згідно здійснюваних процесів та підходах [6, 9]. Як правило це системи, що складаються з трьох або чотирьох ступенів, з урахуванням, що останній ступінь – остаточна дистиляція одно-або двосекційна. Однак поряд із багатокорпусним оформленням систем дистиляції місцели відомі апарати, що поєднують всі етапи та щаблі в єдиному корпусі. Відповідно, виробництво рослинних олій це енергоємний процес. Для того, щоб масла не втрачали свої корисні властивості необхідно уважно відстежувати їх параметри на всіх етапах виробництва, а також створювати сучасне енергоефективне обладнання.

Під системою дистиляції місцели розуміються і самі способи проведення процесу видалення розчинника та їх апаратне оформлення. У системі дистиляції місцели використовуються різні процеси: механічні, гідромеханічні, теплові, масообмінні. При дистиляції місцели в устаткуванні відбувається постійне споживання та трансформація енергії, при цьому неминучі її втрати. Велика частина енергії трансформується через теплові процеси.

При високих концентраціях олії в місцелі різко зростає температура кипіння. Існує критична межа концентрації місцели по маслу, де дистиляцію реалізують принципово різними способами, різним оцінкам це 95-98% мас. Тому дистиляція місцели рослинного олії складається з двох етапів: попередньої та остаточної.

Враховуючи властивості рослинних олій, всі процеси повинні відбуватися в максимально шадних умовах. На стадії попередньої дистиляції це досягається простим кипінням місцели: використовується теплова обробка місцели у висхідних та низхідних двофазних газорідних потоків [5, 6, 9]. Застосовуються засоби стимулювання тепломасообмінних процесів. Остаточна дистиляція більше складна і складається з кількох послідовних методів відгону розчинника.

Застосовують і процес ведуть і випаровуванням розчинника з крапель і плівок, і за допомогою барботажу. Барботаж – це фінальна стадія остаточної дистиляції, яка полягає в обробці місцели перегрітою водяною парою з метою повного видалення розчинника. Відігнаний розчинник у газоподібному стані має значну теплову енергію, яку тим чи іншим способом використовують для дистиляції на попередніх щаблях дистиляції.

Початкові щаблі попередньої дистиляції – це кожухотрубні тепломасообмінні апарати вертикального або горизонтального типу сепараторами. Рух місцели в них може бути висхідним і низхідним і найчастіше усередині труб. У міжтрубний простір подається теплоносій [5, 6, 9]. Для обігріву використовується як свіжа водяна пара, так і відігнані пари розчинника з інших ділянок виробництва. Останнє переважно для першого ступеня попередньої стадії. Наприклад, масова концентрація місцели на виході першого ступеня може бути 60-70% мас. Ступінь працює при атмосферному тиску або невеликому розрідженні до 0,2 від атмосферного тиску.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

У другому ступені процес організований аналогічно, з тією лише різницею у міжтрубний простір у більшості дистиляторів подається водяна пара. На виході з другої стадії місцел має вже концентрацію 95-98% мас [5, 6, 9]. На остаточній стадії дистиляції застосовують апарати з протиточним рухом теплоносія та місцели, які знаходяться в безпосередньому контакті. Найчастіше на цій стадії використовують різні пристрої для розпилення (форсунки) та барботажа. У барботаажній частині дистилятора проводиться обробка шару олії водяною парою. Прямий контакт з паром забезпечує ефективне нагрівання місцели, знижує тиск парів розчинника. Парові бульбашки забирають розчинник у простір над шаром олії і таким чином видаляють його з майже готової олії.

Остаточна стадія ведеться також під розрідженням до 0,98 від атмосферного тиску. Усі зазначені параметри можуть змінюватись і носять усереднений характер, оскільки кожна фірма виробник пропонує свої технологічні режими.

Розглянемо види дистиляції.

Набивні колони часто використовуються для абсорбції та дистиляції парорідинних сумішей. У такому обладнанні рідина тече вниз, а пара переміщується вгору (рис. 1.8).

Переваги:

- витратоефективна;
- менший перепад тиску;
- добре підходить для термочутливих рідин.

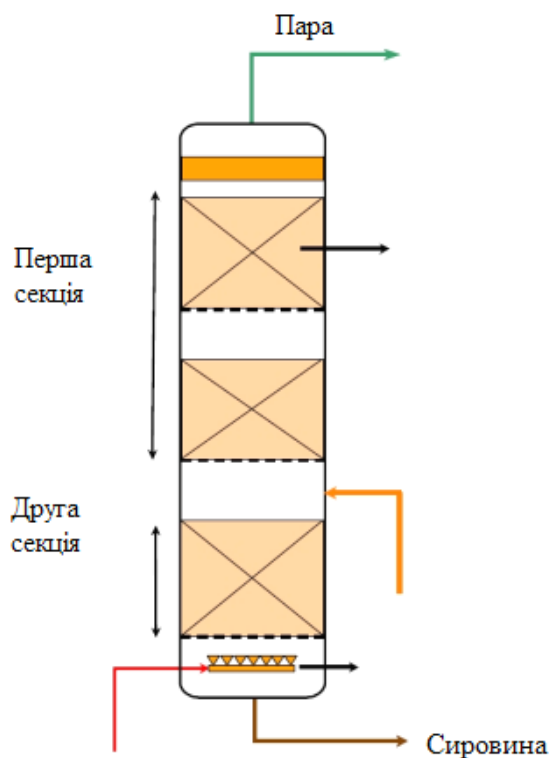


Рисунок 1.8 – Набивна колона

Недоліки:

- може зламатися під час встановлення;
- порушення розподілу рідини.

Колонка з лотками: кількість лотків залежить від кількості ступенів рівноваги (рис. 1.9).

Переваги:

- кращий розподіл;
- витримує високу швидкість потоку рідини.

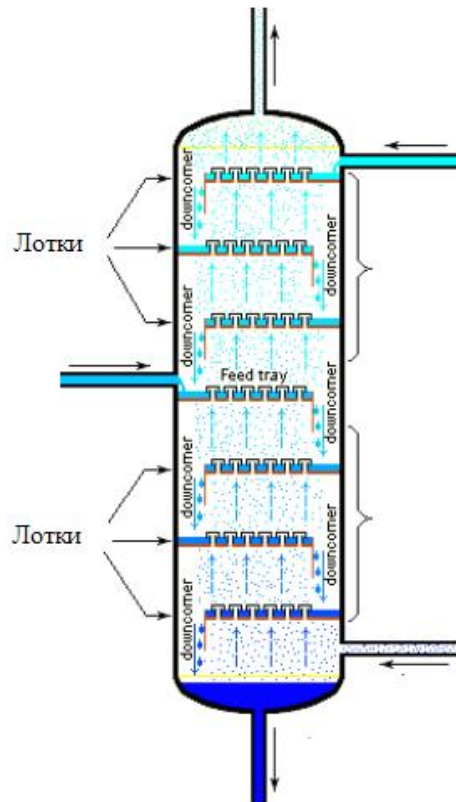


Рисунок 1.9 – Колонка з лотками

Недоліки:

- вищий перепад тиску, ніж у насадкових колонах;
- піноутворення може виникнути внаслідок індукованого перемішування.

На основі вищезазначеного можна вважати, що соняшник є важливою олійною культурою, яка походить з Південної Америки і в даний час культивується в усьому світі. Як правило, соняшник вважається значущим через харчову та лікувальну цінність. Завдяки своєму сприятливому впливу на здоров'я був визнаний функціональним продуктом харчування. Соняшник містить мінеральні елементи та фітохімічні речовини, такі як харчові волокна, марганець, вітаміни, токофероли, фітостерини, глікозиди, флавоноїди, фенольні кислоти, каротиноїди, пептиди. Екстракт соняшнику є потенційним джерелом антимікробних, протизапальних та антиоксидантних засобів, які захищають клітини людини від шкідливих активних молекул кисню та патогенних мікроорганізмів.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Метою рафінації соняшnikової олії є видалення шкідливих для здоров'я домішок і збереження біологічних властивостей, корисних речовин. Таким чином, процес рафінування соняшnikової олії не руйнує поживні речовини в соняшnikовій олії, і є більш сприятливим для засвоєння організмом цих поживних речовин [1, 4, 6, 9]. Рафінована соняшnikова олія може зберігатися тривалий час без окислення і осаду; мати світлий й прозорий колір, не пінитися, і не утворювати накипу при нагріванні. Рафінована соняшnikова олія має досить тривалий термін зберігання і не вимагає особливих вимог до зберігання. Соняшnikова олія бурштинового кольору, містить невелику кількість фосфоліпідів і воску. Як правило, має низький кислотний показник і світло-жовтий колір після рафінування. Соняшnikова олія містить велику кількість ненасичених жирних кислот, з-поміж яких є лінолева та олеїнова. Завдяки своїм властивостям рафінована соняшnikова олія має м'який смак і яскравий колір.

Нерафінована олія зберігається не так довго, як рафінована соняшnikова, тому є зберігають у скляній тарі в прохолодному місці; легко окислюється і не підлягає тривалому зберіганню, має сильний запах і виражений смак, темний колір, при тривалому невикористанні з'являється осад. У цьому випадку її не можна використовувати для вживання та смаження, так як в ній утворюються шкідливі для здоров'я людини канцерогени.

Існує два методи вилучення соняшnikової олії з насіння соняшнику: метод пресування соняшnikової олії (механічний спосіб) та метод екстрагування (хімічний спосіб). Метод пресування соняшnikової олії засновано на принципі фізичної екструзії для вичавлювання соняшnikової олії з насіння соняшнику при цьому залишкова швидкість олії відносно висока.

Зазвичай використовуються три типи обладнання для виробництва соняшnikової олії: обладнання для пресування соняшnikової олії, обладнання для екстракції розчинників соняшnikової олії та обладнання для переробки соняшnikової олії.

Екстракційний спосіб отримання соняшnikової олії можна розділити на два етапи: екстрагування та дистиляція. Отриманий розчин олії в розчиннику називають місцелю. З місцели розчинник відганяється відповідно в дистиляторах та випарниках різних конструкцій. У харчових процесах дистиляція або іншими словами, перегонка ґрунтується на відмінностях температур кипіння, парціальних тисків та леткості окремих речовин, що входять до складу суміші.

Процес дистиляції місцели є одним із основних процесів у технології екстракції виробництва рослинних олій. Якість отриманої рослинної олії при дистиляції місцели залежить як від технологічних параметрів процесу – кінцевої температури масла і тривалості обробки місцели, так і від вмісту і складу ліпідів, екстрагованих під час екстракції (фосфоліпідів, каротиноїдів та інші жиророзчинні пігменти), а також вмісту вітамінів і провітамінів. Тепловий вплив на ці ліпідні групи призводить до їх зміни і не тільки знижує якість олії, а й значно ускладнює перегонку місцели.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

РОЗДІЛ 2

УДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА РОСЛИННОЇ ОЛІЇ

2.1 Порівняльна характеристика багатокорпусної та однокорпусної установок для дистиляції олії

Сьогодні спостерігається високе зростання виробництва рослинної олії, яка є однією з провідних у харчовій промисловості. Дистиляція в екстракційній системі є однією з найбільш складних і енергоємних процесів. Тому впровадження інтенсивних методів є необхідним для виробництва рослинних олій та створення сучасної техніки і технології.

Останнім часом науковці у своїх дослідженнях приділяють велику увагу процесам переробки та інтенсифікації, створенню обладнання, що відповідатиме сучасним вимогам виробництва. Приділяється увага гідродинамічній структурі течій і створенню сучасного вискоефективного методу для остаточної перегонки рослинних олій [5, 7, 9]. Як зазначалося вище, здійснюється виробництво рослинної олії з олійних культур на підприємствах двома способами: пресуванням і екстракцією, які супроводжуються різними технологіями з використанням комплексу механічних, гідравлічних, теплообмінних, масообмінних процесів.

Процес дистиляції міцели є одним із основних процесів у технології екстракції виробництва рослинних олій. Якість отриманої рослинної олії при дистиляції міцели залежить як від технологічних параметрів процесу – кінцевої температури масла і тривалості обробки міцели, так і від вмісту і складу ліпідів, екстрагованих під час екстракції (фосфоліпіди, каротиноїди та інші жиророзчинні пігменти), а також вмісту вітамінів і провітамінів. Тепловий вплив на ці ліпідні групи призводить до їх зміни і не тільки знижує якість олії, а й значно ускладнює перегонку міцели.

Метод перегонка – це процес термічної обробки розчину олії в розчиннику. Він полягає в переведення розчинника в пароподібний стан, видалення парів і їх конденсації. Розчинник слід якомога повніше видалити з олії при найнижчих температурах за найкоротший можливий час. Перегонка проводиться в два періоди: попередня і остаточна.

У першому періоді здійснюється випаровування, яке може проводити як при атмосферному тиску, так і під вакуумом. За цей період міцела повинна досягти такої концентрації, щоб температура кипіння не перевищувала 100⁰С. У другому періоді додатково подається гаряча водяна пара, отже, закономірності процесу інші.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Ларін</i>			Удосконалення обладнання для виробництва рослинної олії	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Омельченко</i>					19	16
<i>Н. Контр.</i>		<i>Омельченко</i>				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>		<i>Хорольський</i>						

Система буде складатися з трьох компонентів: розчинник, масло, вода, які представляють три фази: дві рідини (місцела, вода) і одна пара – розчинник. За правилом фаз така система має дві ступенів свободи. Це означає, що, не порушуючи рівноваги, можна змінити два параметри, в даному випадку – загальний тиск і концентрацію місцели.

Зазвичай процес перегонки рослинних олій проводять в режимах розбризкування, проточного і підняття в плівку. Під час розпилювальної дистиляції місцела виходить із сопла у вигляді струменя, який подрібнюється в краплі. Поверхня розділу між рідкою і газоподібною фазами значно збільшується, що збільшується продуктивність процесу і скорочує його тривалість [3, 5, 7, 9]. Відповідно до гідродинамічних змін в рідкій фазі умовно виділяють три періоди: утворення окремих крапель та розвиток турбулентності всередині окремих крапель і затухання цього процесу. У газовій фазі, стан і властивості парів однакові в будь-якій точці внаслідок змішування. Для попередньої перегонки розпиленням характерний тільки один період – кип'ятіння. У кінці дистиляції розпиленням, як правило відбувається кип'ятіння або випарювання.

Дистиляція – це розділення суміші взаєморозчинних компонентів за рахунок випаровування і конденсації парів, збагачених легколетучими компонентами. Під час перегонки або дистиляції, молекули, що залишають поверхню випаровування, рухаються в тому ж напрямку, поки не досягнуть конденсаційної поверхні [3, 6, 9]. Поділ компонентів залежить від багатьох факторів і, в першу чергу, від фізико-хімічних властивості суміші, гідродинаміки фаз, геометричних характеристик апаратів та умов їх експлуатації. Процес кінцевої перегонки здійснюється в апаратах різної конструкції.

Для того, щоб з'ясувати, який із підходів (багатокорпусний або однокорпусний) краще, необхідно провести їх порівняння, наприклад, з позиції використання теплоносія. Для оцінки енергоефективності дистиляційної системи, як і будь-якої іншої, потрібно розглянути деякі фактори.

Важливими критеріями, що використовуються при порівняльній багатфакторній оцінці однотипного обладнання є «питома енергоемність» та «відносна енергоефективність».

Питома енергоемність $Q_{уд}$ – це сумарна кількість енергії, витраченої на виробництва одиниці однієї й тієї ж продукції, протягом одного і того ж часу τ_c [3, 5]

$$Q_{уд} = \frac{Q_{сум}}{M} = \frac{W_{сум} \cdot \tau_c}{G \cdot \tau_c}$$

де $Q_{сум}$ – сумарна кількість енергії (Дж), що витрачається на виробництво продукції у кількості M (кг) протягом контрольного відрізка часу порівняння τ_c (с);

$W_{сум}$ – сумарна потужність потоку енергії, Вт;

G – масовий потік продукції, кг/с. Розмірність цього критерію Дж/кг.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Критерій відносної енергоефективності $K_{\text{від.еф}}$ виражається у відсотках. Різниця питомої енергоемності порівнюваної технології $Q_{\text{уд}}^A$ та питомої енергоемності технології з найменшою питомою енергоемністю $Q_{\text{уд}}^B(\text{min})$ [3, 5]

$$K_{\text{отн.эф}} = \frac{(Q_{\text{уд}}^A - Q_{\text{уд}}^B(\text{min}))}{Q_{\text{уд}}^B(\text{min})} \cdot 100\% =$$

$$= \frac{\left(\frac{Q_{\text{сумм}}^A}{M^A} - \frac{Q_{\text{сумм}}^B(\text{min})}{M^B}\right)}{\frac{Q_{\text{сумм}}^B(\text{min})}{M^B}} \cdot 100\% .$$

Відносна енергоефективність показує на скільки відсотків ефективність використання енергії для виробництва продукції в найкращій технології вище кожної з тих, що порівнюються з нею. Для порівняння необхідно встановити початкові умови.

Потрібно уточнити, що входить у поняття дистиляційна установка. У даному випадку під цим розуміються тільки дистилятори або зони дистиляції, у кожному з яких послідовно реалізується тепломасообмінний процес певного типу. При цьому розчинник переводиться в газоподібний стан за рахунок енергії вихідної водяної пари та вторинного теплоносія, що складається із суміші парів розчинника та води. Продуктивність порівнюваних дистиляційних установок приймається однаковою. Концентрації та температури місцели як на вході в установку, так і по сходах теж однакові. Для видалення однакової кількості розчинника для кожної стадії витрачається однакова кількість енергії.

Для порівняння було розглянуто класичну триступеневу систему дистиляції, схема якої представлена на рисунку 2.1 з двома попередніми та одним остаточним ступенями та колонний апарат, схема якого представлена на рисунку 2.2 в якому також існують три зони дистиляції.

Модель триступеневої дистиляційної установки є послідовність з кількох окремих дистиляторів, кожен з яких має власний індивідуальний корпус. Далі називатимемо її багатокорпусна модель та у розрахунках використовувати індекс «М» [2, 5, 7, 10]. Корпуса установки з'єднані між собою для передачі місцели. Два попередні дистилятори, обігріваються глухою водяною парою, забезпечують видалення розчинника від початкової концентрації місцели $C_{\text{нач}}^M = C_{\text{вх1}}^M$ до концентрації $C_{\text{вих2}}^M$. Місцела з початковою концентрацією $C_{\text{вх1}}^M$ та початковою температурою $t_{\text{вх1}}^M$ подається в перший дистилятор і видаляється з нього до другого дистилятора з концентрацією $C_{\text{вих1}}^M$ і температурою $t_{\text{вих1}}^M$ за допомогою перекачування насосом. Протягом часу порівняння τ_c витрачається електрична енергія у кількості $E_{\text{ел}^*}^M = Q_{\text{вп}^*}^M$ (Дж) із потужністю її потоку $W_{\text{ел}^*}^M$ (Дж/год). В обох дистиляторах процес видалення здійснюється в рухомому потоці або плівці місцели, яка розподіляється по внутрішній поверхні труб, що обігріваються, а в міжтрубний простір подається глуха водяна пара.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

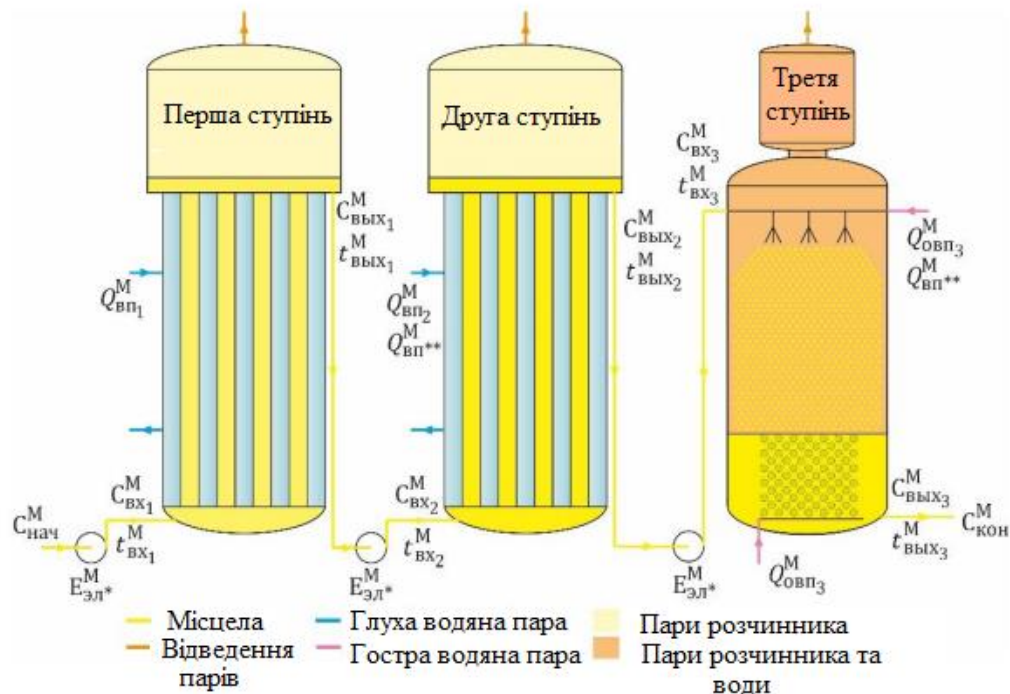


Рисунок 2.1 – Триступенева система дистиляції

Після другого ступеня видалення розчинника з місцели від концентрації $C_{вих2}^M = C_{вих3}^M$ до кінцевої концентрації розчинника $C_{вих3}^M = C_{кін}^M$ відбувається у третьому дистиляторі (остаточна стадія), у якому як теплоносія використовується гостра водяна пара. Це стадія остаточної дистиляції місцели. Слід зазначити, що у вхід кожного наступного дистилятора місцела надходить за температури нижче, ніж температура місцели на виході з попереднього дистилятора через втрати теплової енергії при перекачуванні. Тому цілком обґрунтовано вважати, що на кожному шаблі багатокорпусної дистиляції потрібна додаткова теплова енергія для компенсації цих втрат у загальній кількості $Q_{вп**}^M$ із потужністю її потоку $W_{эл**}^M$. Для того, щоб випарувати протягом часу порівняння τ_c загальна кількість розчинника в розмірі M^M з потужністю потоку $G_{сум}^M$ необхідно витратити теплової енергії первинної водяної пари $Q_{сум.пер.вп}^M$ при потужності теплового потоку $W_{сум.пер.вп}^M$. Питома кількість теплової енергії первинного водяного пара визначається виразом [3, 5]

$$Q_{уд.пер.вп}^M = \frac{Q_{сум.пер.вп}^M}{M^M}$$

Для випаровування розчинника на кожному ступені дистиляції багатокорпусної моделі дистиляційної установки з потужністю G_1^M , G_2^M , G_3^M необхідно за час τ_c витратити $Q_{вп1}^M$ і $Q_{вп2}^M$ теплової енергії «первинної» глухої водяної пари і $Q_{овп3}^M$ теплової енергії гострої водяної пари. Він підводиться до зони теплообміну з потужністю W_1^M , W_2^M та W_3^M відповідно.

Для визначення ефективності використання первинної водяної пари визначимо загальні витрати теплової енергії $Q_{\text{сум}}^M$ [3, 5, 9]

$$Q_{\text{сум}}^M = Q_1^M + Q_2^M + Q_3^M + E_{\text{эл}}^M + Q_{\text{вп}}^{M^*}$$

$$Q_1^{MM} = Q_{\text{вп1}}^{MM}, \quad Q_2^M = Q_{\text{вп2}}^M, \quad Q_3^M = Q_{\text{овп3}}^M, \quad E_{\text{эл}}^M = Q_{\text{вп}}^{M^*}$$

$$Q_{\text{сум.пер.вп}}^M = Q_{\text{сум}}^M = Q_{\text{вп1}}^M + Q_{\text{вп2}}^M + Q_{\text{овп3}}^M + Q_{\text{вп}}^{M^*} + Q_{\text{вп}}^{M^{**}}$$

У наведеній моделі однокорпусної дистиляційної установки (рис. 2.2) є три секції: дві попередньої та одна остаточної дистиляції. У розрахунках для неї використовуватиметься індекс «О».

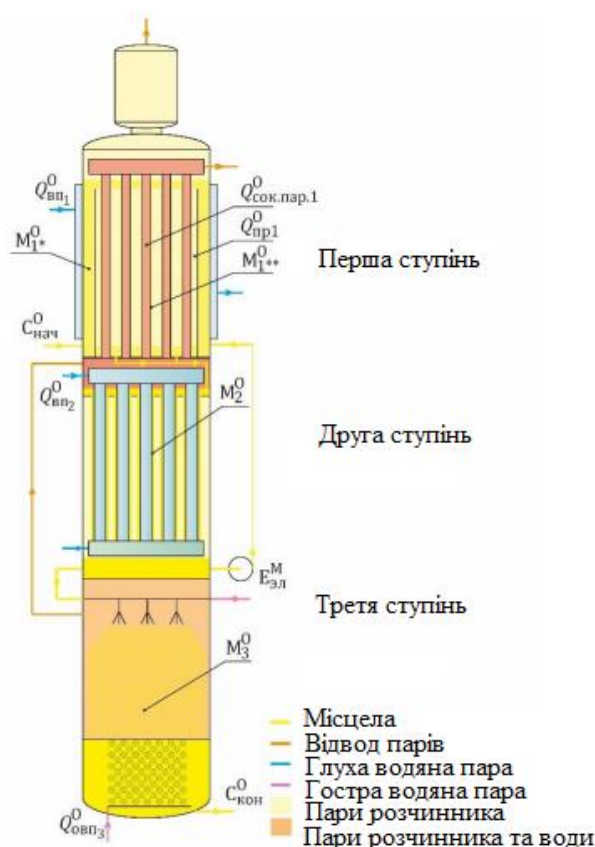


Рисунок 2.2 – Дистиляційна колона

Місцела в цій установці надходить у простір між стінкою корпусу та стінкою кожуха в нижній частині верхньої секції. У верхній частині даної тепломасообмінної зони у просторі між стінкою корпусу та стінкою кожуха відбувається видалення M_{1*}^0 розчинника з потужністю його потоку G_{1*}^0 . Для цього витрачається тепла енергія $Q_{\text{вп1}}^0$ за контрольний час τ_c . [4, 3, 6, 9]. Ця тепла енергія складається з енергії глухої пари, що підводиться через сорочку, що гріє, закріплену на зовнішній поверхні корпусу колони та теплової

енергії парів розчинника, видалених у внутрішній частині колони $Q_{\text{пр1}}^0$ та підведених через стінку кожуха. Потім місцела надходить через розподільні ґрати у внутрішню частину верхньої секції колони і стікає по зовнішній поверхні трубок де з неї видаляється маса розчинника M_{1**}^0 з потужністю його потоку G_{1**}^0 .

Видалення розчинника ведеться за рахунок теплової енергії суміші парів розчинника і води, що надходять з другої та третьої секції колони. Ця суміш парів кількості $Q_{\text{сок.пар1}}^0$ надходить усередину труб з потужністю $W_{\text{сок.пар1}}^0$. Щоб видалити кількість розчинника, що дорівнює $M_1^0 = M_{1*}^0 + M_{1**}^0$ протягом часу порівняння τ_c необхідна сумарна тепла енергія першого ступеня: $Q_1^0 = Q_{\text{вп1}}^0 + Q_{\text{пр1}}^0 + Q_{\text{сок.пар.1}}^0$ [3, 5, 7, 10]. Потім місцела прямує до середньої частини колони (друга секція). У цій зоні тепломасообміну видаляється M_2^0 розчинника з потужністю його потоку G_2^0 . Для цього використовується глуха водяна пара $Q_2^0 = Q_{\text{вп2}}^0$ з потужністю $W_{\text{вп2}}^0$. Місцела у вигляді плівок розподіляється на зовнішній поверхні труб, а теплоносій подається усередину труб.

Далі через розподільно-об'ємну зону, яку називають кубовою, місцела потрапляє в так звані пароежекторні форсунки і розпорошується. На видалення розчинника M_3^0 з потужністю його потоку G_3^0 витрачається тепла енергія гострої водяної пари в кількості $Q_3^0 = Q_{\text{овп3}}^0$. У цій зоні передбачено можливість примусової рециркуляції місцели на яку витрачається енергія $M_{\text{сл}}^0 = Q_{\text{вп*}}^0$.

У дистиляційній системі, оформленій в єдиному корпусі, переміщення місцели між зонами, здійснюється самопливом, що виключає витрати на перекачування $E_{\text{сл*}}^0$ та втрати теплової енергії при переміщенні $Q_{\text{вп**}}^0$.

Для випаровування розчинника $M^0 = M_1^0 + M_2^0 + M_3^0$ з потужністю потоків $G_0 = G_1^0 + G_2^0 + G_3^0$ загальні витрати теплової енергії становитимуть [3, 5, 10]

$$Q_{\text{Оум}}^0 = Q_1^0 + Q_2^0 + Q_3^0 + Q_{\text{вп*}}^0$$

$$Q_{\text{сум}}^0 = Q_{\text{вп1}}^0 + Q_{\text{пр1}}^0 + Q_{\text{сок.пар.1}}^0 + Q_{\text{вп2}}^0 + Q_{\text{овп3}}^0 + Q_{\text{вп*}}^0$$

Питома кількість теплової енергії первинної водяної пари визначається виразом [3, 5]

$$Q_{\text{уд.пер.вп}}^0 = \frac{Q_{\text{сум.пер.вп}}^0}{M^0}$$

Визначаючи сумарну теплову енергію первинної водяної пари, як $Q_{\text{сум.пер.вп}}^0$ для колони необхідно виключити теплову енергію так званих вторинних теплоносіїв – $Q_{\text{пр1}}^0$, а також суміші водяної пари та парів розчинника, що виводяться з другого та третього ступеня дистиляції через тепломасообмінні трубки першого ступеня дистиляції – $Q_{\text{сок.пар.1}}^0$. В підсумку виходить співвідношення [3, 5, 8]

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{сум.пеп.вп}}^0 = Q_{\text{сум}}^0 - Q_{\text{пр1}}^0 - Q_{\text{сок.пар.1}}^0 = Q_{\text{вп1}}^0 + Q_{\text{вп2}}^0 + Q_{\text{овп3}}^0 + Q_{\text{вп*}}^0$$

Визначимо показник відносної енергоефективності $K_{\text{отн.эф}}$ для питомої теплової енергії глухої та гострої водяної пари в багатокорпусній дистиляційній установці – $Q_{\text{уд.пер.вп}}^{\text{ДМ}}$ і для питомої теплової енергії водяної пари в моделі однокорпусної системи – $Q_{\text{уд.пер.вп}}^0$. Враховуючи умови рівної продуктивності по олії $G_{\text{прод}}^{\text{М}} = G_{\text{прод}}^0$ та часу порівняння $\tau_{\text{с}}$, що встановлюють рівність $M_{\text{прод}}^{\text{М}} = M_{\text{прод}}^0$

$$K_{\text{отн.эф}} = \frac{(Q_{\text{уд}}^0 - Q_{\text{уд}}^{\text{МБ}})}{Q_{\text{уд}}^{\text{М}}} \cdot 100\% =$$

$$= \frac{((Q_{\text{вп1}}^{\text{Д}} + Q_{\text{вп2}}^{\text{Д}} + Q_{\text{овп3}}^{\text{Д}} + Q_{\text{вп*}}^{\text{Д}} + Q_{\text{вп**}}^{\text{Д}}) - (Q_{\text{вп1}}^{\text{С}} + Q_{\text{вп2}}^{\text{С}} + Q_{\text{овп3}}^{\text{С}} + Q_{\text{вп*}}^{\text{С}}))}{(Q_{\text{вп1}}^{\text{С}} + Q_{\text{вп2}}^{\text{С}} + Q_{\text{овп3}}^{\text{С}} + Q_{\text{вп*}}^{\text{С}})} \cdot 100\%$$

Приймаючи принцип рівності теплових енергій теплоносіїв, які витрачаються протягом часу $\tau_{\text{с}}$ на різних стадіях дистиляції для обох порівнюваних систем можна записати: $Q_{\text{вп1}}^{\text{М}} = Q_{\text{вп1}}^0 + Q_{\text{пр1}}^0 + Q_{\text{сок.пар.1}}^0$; $Q_{\text{вп2}}^{\text{М}} = Q_{\text{вп2}}^0$; $Q_{\text{овп3}}^{\text{М}} = Q_{\text{овп3}}^0$. Враховуючи, що $Q_{\text{вп*}}^{\text{М}} + Q_{\text{вп**}}^{\text{М}} \gg Q_{\text{вп*}}^0$ [3, 5]

$$K_{\text{отн.эф}} = \frac{(Q_{\text{пр1}}^0 + Q_{\text{сок.пар.1}}^0 + Q_{\text{вп*}}^0 + Q_{\text{вп**}}^0)}{(Q_{\text{вп1}}^0 + Q_{\text{вп2}}^0 + Q_{\text{овп3}}^0 + Q_{\text{вп*}}^0)} \cdot 100\%$$

Умова $K_{\text{отн.эф}} > 0$ виконується за будь-яких значень параметрів, що однозначно підтверджує співвідношення $Q_{\text{уд.пер.вп}}^{\text{М}} > Q_{\text{уд.пер.вп}}^0$.

Для однокорпусного апарату дистиляції місцели (колони) витрата теплової енергії первинної водяної пари на одиницю продукції менше, ніж у багатокорпусній установці. Порівняння багатокорпусної та однокорпусної системи дистиляції наведено в таблиці 2.1 за основу прийнято багатокорпусну конструкція.

Таблиця 2.1 – Порівняльна характеристика багатокорпусної та однокорпусної установок

Найменування характеристики	Багатокорпусна система дистиляції	Однокорпусна система дистиляції
Металоемність конструкції	1,00	0,90-0,95

Об'єм, що займає у виробничому приміщенні (з трубопроводами, насосами, газоходами)	1,00	0,70-0,80
Площа, що займає у виробничому приміщенні	1,00	0,40-,50

Аргументами на користь однокорпусної конструкції буде явне зниження металоємності системи дистиляції та значний вигреш у використанні виробничих площ. Розглянемо недоліки існуючої конструкції дистиляційної колони [3, 5, 6, 9, 10].

У верхній секції (перший ступінь) відмічені такі недоліки конструктивних рішень:

– інтенсивне видалення розчинника з місцели в кільцеподібному зазорі між корпусом колони та кожухом верхньої секції неможливо через низьку сумарної площі теплопередаючих поверхонь (парова сорочка та стінка кожуха), значної товщини їх стінок та низької температури стінки кожуха;

– повернення частини більш концентрованої місцели з другої секції при допомозі насоса в нижню частину кільцеподібного зазору верхньої секції змінює теплофізичні властивості рідини в обсязі, знижує сумарну енергоефективність та стійкість процесу дистиляції в колоні;

– вертикальні труби верхньої секції на яких місцела дистилується у плівці на їх зовнішній поверхні, обігріваються за рахунок теплової енергії суміші парів, що надходять з другої та третьої секцій у внутрішньотрубний простір. Температура та об'ємна швидкість високотемпературної водяної пари, містить невелику кількість розчинника з нижньої секції, значно нижче об'ємної швидкості низькотемпературних парів розчинника, міжтрубного простору теплообмінника середньої секції. Використання такої суміші парів як теплоносій не ефективно;

– внаслідок того, що форсунки у нижній секції не можуть працювати одночасно з барботером, об'ємна швидкість високотемпературного водяного пара, що містить невелику кількість розчинника тільки з форсунок нижньої секції не достатня для подачі у внутрішньотрубний простір вертикальних труб та забезпечення тепловою енергією плівкового випаровування розчинника з місцели у верхній секції з необхідною інтенсивністю. Це обмежує питому площу теплопередаючої поверхні вертикальних труб щодо об'єму верхньої секції корпусу колони, а також діаметри їх прохідних перерізів для забезпечення режиму кипіння місцели в плівках на них зовнішньої поверхні;

– місцела у верхній частині труб теплообмінника верхньої секції не може прогрітися в плівці до кипіння через зниження теплової енергії, що надходить у внутрішньотрубний простір суміші парів, які втрачають більшу частину своєї енергії у нижній половині труб. Кипіння місцела досягає тільки в середній частині труб теплообмінника;

– пристрої для закрутки плівки, розташовані на зовнішній поверхні вертикальних труб теплообмінника верхньої секції, призначені для закрутки плівку місцели, що утворюється в зазорах кришки і трубної дошки поверхні труб. Стрічкові змійовики кріпляться до поверхні труб без зазорів. Конструкція пристрою для закрутки плівки призводить до того, що, починаючи з верхніх ділянок труб, що стікають вертикально плівки перетворюються на спіралеподібні струмені, швидкість руху яких буде вищою. Площа контакту струменів, що рухаються по спіралі на поверхні вертикальних труб, буде істотно менше фактичної площі зовнішньої поверхні теплообмінних труб, а процес теплопередачі суттєво погіршиться;

– у середній секції (другий ступінь) зазначені такі недоліки конструктивних рішень: у коаксіальних плівках, що формуються за допомогою тарілчастих форсунок, дистильована рідина має температуру нижче температури кипіння, тому в умовах великої швидкості низхідного потоку дистилляту, мінімальної різниці температур та часу контакту зустрічних потоків стікаючої рідини та висхідних парів легкокиплячого компонента відбувається як незначне нагрівання стікаючого потоку дистилляту без помітного випаровування розчинника, так і незначне збагачення низхідних плівок дистилляту висхідними з міжтрубного простору теплообмінника парами легкокиплячого компонента, за рахунок їх конденсації в більш холодному низхідному потоці рідини;

– за допомогою тарілчастих форсунок дистиллят, за великої середньої температури дистилляту та теплоносія в теплообміннику, подається на трубну дошку, через отвори якої потрапляє на зовнішню поверхню труб теплообмінника та у верхній частині вертикальних теплообмінних труб підігривається до кипіння в плівковому режимі, а в середній та нижній частині відбувається випаровування легкокиплячого компонента, що знижує інтенсивність дистиляції на даному пристрої і знижує інтенсивність дистиляції в середньої секції корпусу апарату у нижній секції (третій ступінь) відмічені такі недоліки конструктивних рішень:

– у нижній секції колони випаровування розчинника з місцели відбувається за рахунок її розпилення в струменях гострої водяної пари пароежекторними форсунками, спрямованими зверху на порожню сферу, а також радіально знизу, через шар місцели. При цьому сопла форсунок розташовані на незначному відстані від поверхні порожнистої сфери, а також від поверхні шару рідини. Це створює несприятливий режим випаровування легкокиплячого компонента крапель місцели в струмені гострої пари пароежекторних форсунок за рахунок мінімізації часу контакту теплоносія – гострої пари та крапель рідини, що нагрівається у факелі пароежекторних форсунок, так як відбувається їх швидка конденсація як у поверхні сфери, і у шарі готового продукту;

– при працюючих пароежекторних форсунках у нижній секції корпусу робота барботера в принципі неможлива, тому в апараті виключено можливість досягнення вищої інтенсивності тепломасоперенесення та чистоти готового

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

продукту за рахунок безперервної роботи барботера одночасно з пароежекторними форсунками на заключній стадії дистиляції масляних місцел.

– через нижчу температуру шару рідини, в якому функціонує нижня форсунка, а також через нижчу температуру поверхні сфери, конденсатом, що обігрівается з нижнього колектора теплообмінника середньої секції, ніж температура гострої водяної пари факелів пароежекторних форсунок у шарі рідини та на поверхні сфери;

– висока турбулентність гострої пари в нижній секції супроводжується інтенсивним краплеуносом дистиляту в паропровід. При цьому на внутрішній стінці паропроводу на рівні трубного пучка теплообмінника відбувається часткова конденсацією парової суміші за рахунок охолодження гарячішого потоку парової суміші низькотемпературними парами розчинника в міжтрубному простір теплообмінника. Конденсат, що стікає з паропроводу безперешкодно потрапляє до шару рідини;

Таким чином, не висока питома площа поверхні теплообмінних елементів на яких відбувається випаровування розчинника в режимі кипіння (площа поверхні кипіння в одиниці об'єму апарату), порівняно із загальною питомою площею поверхні теплообміну (площа поверхні теплообміну в одиниці об'єму апарату), низькі значення часів контакту місцели з різною концентрацією олії з високотемпературними зонами теплопередачі від глухої та гострої водяної пари, а також відсутності технічної можливості забезпечення стійкості режиму дистиляції масляних місцел не дозволяють забезпечити необхідну інтенсивність процесу дистиляції, чистоту олійних місцел, і навіть їх стійкість у процесі дистиляції масляних місцел.

2.2 Стадії дистиляції у однокорпусної установці

Дистиляція це процес, у якому суміш рідини або пари з двох або більше речовин розділяється на його складові фракції бажаної чистоти. Заснований на тому, що коли пара кипить то суміш буде багатшою компонентами, які мають нижчі точки кипіння. Споживає величезну кількості енергії з точки зору охолодження та обігріву.

Розглянемо принцип дистиляції:

– переохолоджена рідина («А») нагрівається і її концентрація залишається постійною до тих пір, поки вона досягає точки кипіння, а саме коли вона починає кипіти («В»);

– під час кипіння виділяється пара, яка має рівноважний склад («С»);

– це приблизно на 50% більше за компонент «А», ніж вихідна рідина;

– різниця між рідиною і паровою складовою є основою для дистиляційних операцій (рис. 2.3).

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

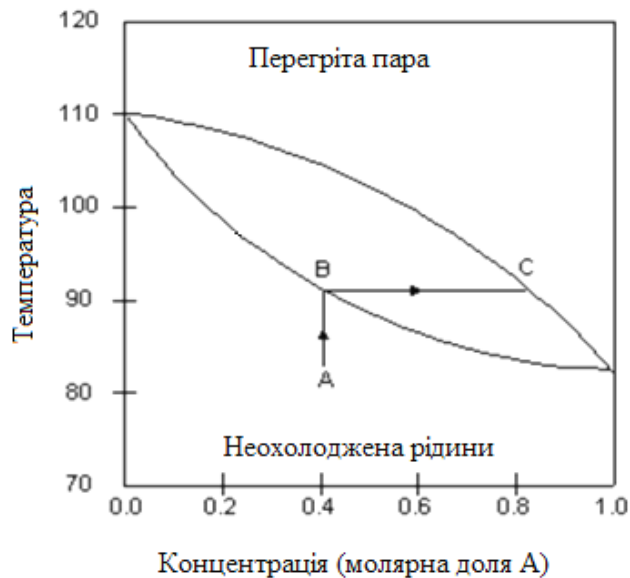


Рисунок 2.3 – Принцип дистиляції

Дистиляція, безумовно, є найбільш енергозатратною технікою розділення, яка використовується в різних галузях виробництва. Дистиляція – це каскад стадій рівноваги на яких засновано розділення суміші парів з рідкою сумішшю. Поглиблене розуміння парорідинної рівноваги є важливим для проектування процесів дистиляції.

Основними компонентами дистиляційних колон є ректифікаційна колона, яка складається з кількох компонентів, кожен з яких використовується або для передавання теплової енергії або посилення передачі речовини. Типова дистиляційна установка містить кілька основних компонентів:

- вертикальна оболонка де здійснюється відокремлення рідких компонентів;
- внутрішні елементи колони, такі як лотки/тарілки, що забезпечують покращення розділення компонентів;
- конденсатор для охолодження та конденсації пари, що виходить з верхньої частини колони.

Періодична дистиляція з ректифікаційною колоною зображена на рисунку 2.4.

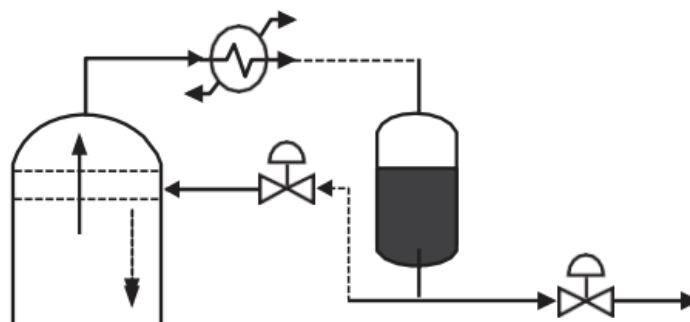


Рисунок 2.4 – Періодична дистиляція з ректифікаційною колоною

Вертикальна оболонка містить внутрішні елементи колони і разом з конденсатором і ребойлером (теплообмінний апарат) утворюють ректифікаційну колону. Схема дистиляційна установка показано на рисунку 2.5.

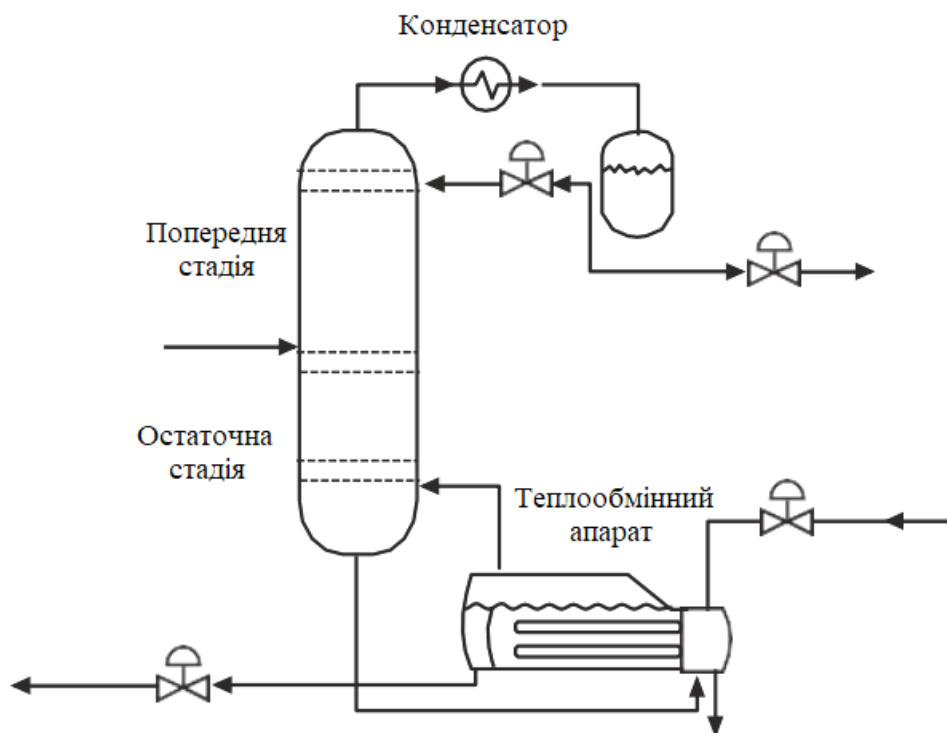


Рисунок 2.5 – Типова ректифікаційна колона

Рідка суміш, яка підлягає обробці зазвичай вводиться десь біля середини колони. Лотки поділяють колону на дві секції попередньої та остаточної обробки. Олія стікає по колонні де вона збирається внизу в ребойлері. Тепло подається в ребойлер для генерації пари. Джерело підведення тепла як правило це пара. Пара, що утворюється в ребойлері, знову вводиться в блок у нижній частині колонка. Пара рухається вгору по колоні і коли віна виходить із верхньої частини пристрою, конденсатор охолоджує її.

Попередня стадія дистиляції. З усіх відомих застосовуваних методів ведення попередньої дистиляція кипіння в плівках є найпрогресивнішим і найуспішнішим. Ведення процесів у плівках давно і успішно застосовується в харчовій промисловості і володіє безліччю переваг. В першу чергу плівки забезпечують рівномірний прогрів рідини та помірний рівень робочих температур з позиції гідродинаміки та теплообміну формування стійких плівкових течій рідини.

Плівкове випаровування застосовується в теплообмінниках, які називаються плівковими або тонкошаровими випарниками. Вони характеризуються малим перепадом тиску та коротким часом перебування фаз в апараті. Це означає також мінімальний час контакту рідини з гарячою поверхнею стінки випарника. Ці особливості випарника призводять до того, що він застосовується для концентрування термочутливих або термолабільних рідких розчинів, особливо з високою в'язкістю. Саме таким розчином є місцела рослинної олії.

Практично всі діючі дистиляційні системи на попередній стадії побудовані за принципом обробки місцели всередині обігрівачих каналів. Відомо безліч методів, що стимулюють тепломасообмін всередині труб, але, на жаль, не всі вони застосовні для дистиляції місцели рослинної олії. Існує окремий напрямок інтенсифікації тепломасообміну в плівках, що стікають – це закручування потоків. При цьому відбувається організований рух навколо деякої осі, що забезпечує реновацію поверхні [4, 7, 9]. Найбільш яскраво закручені потоки реалізуються в спіралеподібних та концентричних траєкторіях. З відомих доступних способів закрутки потоків можна виділити використання напрямних нерухомих елементів та тангенціальне введення рідини.

Як зазначалося вище, організація плівкового режиму руху по зовнішньої поверхні виключає негативні прояви, що мають місце при русі киплячої рідини в трубах, а саме, геометрично зберігаючи поверхню теплообміну, забезпечуючи більш вільний рух газової фази, що утворюється. Причому доцільно вести процес у стікаючій вниз рідині у вигляді так званої гравітаційної плівки. На рисунку 2.6 показана характерна картина киплячої плівки рідини.

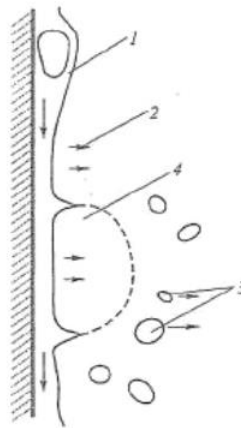


Рисунок 2.6 – Структура двофазної киплячої плівки

На рисунку 2.6 позначено: 1 – рідина; 2 – потік пари; 3 – краплі рідини у паровій фазі; 4 – паровий пузир.

Процес кипіння у плівці відбувається в такий спосіб. Бульбашки з’являються на поверхні, що гріє, і майже відразу, не закінчивши своє повне формування, відриваються і потрапляють у перегрітий шар рідини. Збільшення пузиря залежить прямо від впливу стінки. Вони ніби рухається по шару рідини. На пузир впливає декілька різноспрямованих векторів, які визначають взаємодію сил архімедової, поверхневого натягу та тяжкості з основними силами руху плівки рідини вздовж поверхні.

Остаточна стадія дистиляції. При дистиляції місцели під барботажем розуміється пропускання перегрітої водяної пари у вигляді пухирів через шар місцели. У дистиляторах зону барботажу розміщують у нижній частині. Барботаж застосовується для забезпечення великої площі міжфазної поверхні при прямому контакті взаємодіючих середовищ.

Основне завдання, яке вирішує барботаж, полягає у видаленні з нього залишків розчинника: у процесі спливання парового пузиря до нього переходить розчинник у газоподібній формі, тим самим утворюючи в ньому суміш газів. Поступово рухаючись нагору, пузир «наповнюється» парами розчинника і в результаті залишає шар рідкої фази і тим самим здійснює відведення суміші газів (пара і розчинника).

Важливо, що протягом всього процесу дистиляції місцели на попередній та остаточній стадіях із зменшенням кількості розчинника в місцелі стає дедалі складніше його видаляти. Практична величина залишкової масової концентрації розчинника в місцелі при надходження в зону барботажу вкрай невелика і найчастіше це в межах часток та кількох відсотків. Застосування барботажу як фінального етапу остаточної дистиляції, дозволяє видалити залишки розчинника та отримати рослинна олія необхідної чистоти.

Барботаж як газорідна система має кілька режимів: конвективно-бульбашковий, пазирковий і факельний або канальний [2, 5, 8, 12]. Найбільш ефективним є пазирковий режим, коли в рідині спливає велика кількість бульбашок пара приблизно рівного розміру, що називається «групою». При факельному режимі пазирі, що виходять з одного отвору, зливаються разом як би в єдиний канал яким фактично починає рухатися пара. При цьому здебільшого він виривається на поверхню, не взаємодіючи з місцелою. А ось початковий режим барботажу – конвективно-бульбашковий не створює потрібної поверхні розділу фаз, тому кількість бульбашок мало.

Прийнято розрізняти кілька режимів барботажу: бульбашковий, струминний, пінний та інжекційний. Умови існування тієї чи іншої режиму залежить від безлічі умов та факторів. Визначальними є:

- витрата місцели на вході в камеру;
- витрата гострої водяної пари;
- фізичні властивості середовища;
- температурний режим;
- діаметр барботажної камери;
- висота шару рідини;
- діаметр та кількість отворів барботера.

Процес барботажу в бульбашковому режимі можна розділити на дві стадії: утворення пазирів та вільного спливання. Під час зростання бульбашок фігурує швидкість подачі пари через отвір, а при спливанні – швидкість спливання. Перегріта водяна пара надходить у висококонцентровану місцелу через отвори барботера діаметром $d_{отв}$. При малих витратах пари діаметр бульбашок, при якому вони відриваються від барботера, визначається рівністю сил Архімеда та поверхневого натягу [7, 10]

$$F_A = \frac{\pi \cdot d^3}{6} \cdot (\rho_{ж} - \rho_{п}) \cdot g$$

$$F_{\sigma} = \pi \cdot d_o \cdot \sigma$$

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

де d – діаметр бульбашки, м;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

$\rho_{ж}, \rho_{п}$ – щільності рідини та пари відповідно, кг/м³;

σ – коефіцієнт поверхневого натягу рідини, Дж/м².

Тоді відривний діаметр бульбашки [3, 5]

$$d = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot d_0 \cdot \sigma}{g \cdot (\rho_{ж} - \rho_{п})}}$$

Пухирці відриваються і виходять з отвору з періодом $\Delta\tau$, а при переході до струминного режиму спливання діаметр окремої бульбашки може бути визначено за формулою [3, 5]

$$d = w_{ср} \cdot \Delta\tau$$

де $w_{ср}$ – середня швидкість спливання бульбашок, м/с.

Як відомо, період – це величина зворотна частоті

$$f = \frac{1}{\Delta\tau}$$

Таким чином, критична витрата перегрітої водяної пари, визначальний перехід від бульбашкового до струминного або факельного режиму може бути визначений за формулою [3, 5]

$$G_{V_{ПК}} = \frac{\pi \cdot w_{ср}}{6} \cdot \left(\frac{6 \cdot d \cdot \sigma}{g \cdot (\rho_{ж} - \rho_{п})} \right)$$

Але це справедливо за умови сферичних форм бульбашок та малих витрати пари [3, 5]

$$f = A \cdot \left(\frac{\rho_{ж} \cdot g}{\rho_{п} \cdot G_{V_{ПК}}} \right)$$

де A – постійна для цієї рідини.

Там же запропоновано формулу для розрахунку діаметра бульбашки [3, 5]

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d = \left[\frac{c}{\pi} \cdot \left(\frac{\rho_{ж} \cdot G_{VПК}^6}{\rho_{п} \cdot g^3} \right)^{0,2} \right]$$

де С – постійна, для цієї рідини.

Після відриву від отвору барботера, на бульбашку перегрітої водяної пари, спливає в місцелі діють кілька сил, в першу чергу також Архімедова сила.

На основі вищезазначеного можна вважати, що дистиляція це процес у якому суміш рідини або пари з двох або більше речовин розділяється на його складові фракції бажаної чистоти. Заснований на тому, що коли пара кипить то суміш буде багатшою компонентами, які мають нижчі точки кипіння. Споживає величезну кількості енергії з точки зору охолодження та обігріву.

Метод перегонка – це процес термічної обробки розчину олії в розчиннику. Він полягає в переведення розчинника в пароподібний стан, видалення парів і їх конденсації. Розчинник слід якомога повніше видалити з олії при найнижчих температурах за найкоротший можливий час. Перегонка проводиться в два періоди: попередня і остаточна.

Попередня стадія дистиляції проводиться із застосуванням методів ведення попередньої дистиляція кипіння в плівках. Ведення процесів у плівках давно і успішно застосовується в харчовій промисловості і володіє безліччю переваг. В першу чергу плівки забезпечують рівномірний прогрів рідини та помірний рівень робочих температур з позиції гідродинаміки та теплообміну формування стійких плівкових течій рідини.

Остаточна стадія дистиляції місцели заснована на принципі барботажу. При дистиляції місцели під барботажем розуміється пропускання перегрітої водяної пари у вигляді пухирів через шар місцели. У дистиляторах зону барботажу розміщують у нижній частині. Барботажем застосовується для забезпечення великої площі міжфазної поверхні при прямому контакті взаємодіючих середовищ.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Оптимізація процесу дистиляції місцели у однокорпусної установці

Дистиляція, безумовно, є найбільш переважаючою технікою розділення, яка використовується в різних галузях виробництва. Дистиляція – це каскад стадій рівноваги на яких засновано розділення суміші парів з рідкою сумішшю. Як зазначалося раніше, процес дистиляції поділяється на дві стадії: попередню та остаточну.

Попередня стадія дистиляції. Багаторічна практика застосування в олійноекстракційному виробництві показала ефективність використання саме плівкових апаратів для попередньої дистиляції місцели рослинних олій. Організуються як висхідні, так і вільно стікають плівки і як правило всередині обігриваються каналів. Основним недоліком організації руху газорідних сумішей каналах і трубах є те, що потоки в цьому випадку мають дуже високу газомістоту. Тобто всередині труби знаходиться значно більше газу, ніж рідини, а газ вміст зростає по довжині труби від входу до виходу [4, 7, 9]. Через обмеженості внутрішнього об'єму труби неминучі утворення так званих неконтрольованих сухих плям контакту газової фази з гріючою поверхнею стінки. При цьому від стінки витісняється сама рідина – тобто формально зменшується поверхня теплообміну, і не повністю оброблена місцела потрапляє в ядро газорідного потоку.

Остаточна стадія дистиляції. При дистиляції місцели під барботажем розуміється пропускання перегрітої водяної пари у вигляді бульбашок через шар місцели. У дистиляторах зону барботажу розміщують у нижній частині. Барботаж застосовується для забезпечення великої площі міжфазної поверхні при прямому контакті взаємодіючих середовищ.

При барботажі розчинів з метою видалення одного з компонентів, з'являється ще й такий параметр, як концентрація летючого компонента. Для дистиляції місцели доцільно застосовувати пузирковий режим при якому досягається максимальна площа контакту та час взаємодії фаз. Геометричні параметри камери такі, що вертикальна швидкість руху місцели у ній дуже мала. Процес барботажу в бульбашковому режимі можна розділити на дві стадії: утворення пузирів та вільне спливання.

Для отримання інформації щодо характеристик спливання парових бульбашок у висококонцентрованій місцелі науковцями у своїх роботах було зроблено кілька сотен фото і відео зображень, які аналізувалися за допомогою спеціалізованих програм [6, 8, 14]. При обробці досвідних даних приймалась наступна схема (рис. 3.1).

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Ларін				Удосконалення обладнання для виробництва рослинної олії	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Омельченко						35	3
Н. Контр.	Омельченко					ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
Затверд.	Хорольський							

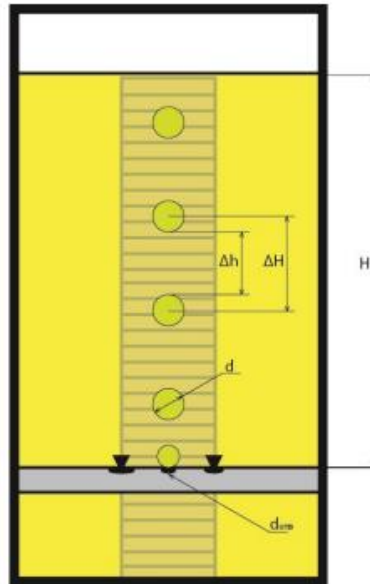


Рисунок 3.1 – Схема спливу бульбашок перегрітого водяного пара з одного отвору в місцелі

де H – висота шару рідини,
 ΔH – крок між бульбашками,
 Δh – дистанція між сусідніми бульбашками,
 d – середній діаметр впливаючих пазирів
 $d_{\text{отв}}$ – діаметр отвору барботера.

Більшість бульбашок при розвиненому бульбашковому режимі мають форму, хоча і симетричну, але відрізняються від ідеальної кулі. Для того щоб порівнювати бульбашки розраховувалися їх еквівалентні діаметри, виходячи з рівності об'ємів, або як середню величину двох лінійних розмірів фігури. Наявна фотоінформація дозволила прийняти під час обробки даних для розрахунків форми еліпсоїда [4, 6, 10]. При барботажі місцели не можна допустити зайвого нагрівання олії, а також його обводнення за рахунок передчасної конденсації водяної пари. Водяна пара має бути перегрітою та сухою. Крім того, водяна пара безпосередньо контактує з кінцевим продуктом – олією, тому вимоги до її чистоти дуже високі.

У системі дистиляції доцільно використовувати розпилення та барботажи місцели, як ефективні, перевірені багаторазово в промисловості процеси видалення розчинника з висококонцентровані місцели. Для зони розпилення можна використовувати пароежекторні форсунки. Відповідно до обраної концепції формування системи дистиляції в єдиному корпусі та на підставі загальних принципів дистиляції місцели пропонується розділити процес на три ступені, а саме, дві попередні та одну остаточну.

Запропоновано апарат поділити на три секції – дві секції попередньої дистиляції та одну остаточну. Колона компонування передбачатиме розташування секцій один над одною в яких місцела рухатиметься переважно зверху вниз під дією сил тяжіння.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Попередня стадія дистиляції проводиться із застосуванням методів ведення попередньої дистиляція кипіння в плівках. Ведення процесів у плівках давно і успішно застосовується в харчовій промисловості і володіє безліччю переваг. В першу чергу плівки забезпечують рівномірний прогрів рідини та помірний рівень робочих температур з позиції гідродинаміки та теплообміну формування стійких плівкових течій рідини.

Остаточна стадія дистиляції місцели заснована на принципі барботажу. При дистиляції місцели під барботажем розуміється пропускання перегрітої водяної пари у вигляді пухирів через шар місцели. У дистиляторах зону барботажу розміщують у нижній частині. Барботаж застосовується для забезпечення великої площі міжфазної поверхні при прямому контакті взаємодіючих середовищ.

На основі вищезазначеного пропонується за доцільне в системі дистиляції, використовувати розпилення та барботаж місцели, як ефективні, перевірені багаторазово в промисловості процеси видалення розчинника з висококонцентровані місцели. Для зони розпилення можна використовувати пароежекторні форсунки. Відповідно до обраної концепції формування системи дистиляції в єдиному корпусі та на підставі загальних принципів дистиляції місцели пропонується розділити процес на три ступені, а саме, дві попередні та одну остаточну. Апарат поділити на три секції – дві секції попередньої дистиляції та одну остаточну. В першій секція попередньої дистиляції пропонується розмістити блок підігріву і часткове видалення розчинника, в другій секції попередньої дистиляції вертикальні пучки труб в яких видалені розчинники із місцелли ведеться на їх зовнішній поверхні у вигляді плівок. Остаточна секція для видалення розчинника з місцели буде підтримувати процеси розпилювання та барботаж. Колона компонування передбачатиме розташування секцій один над одною в яких місцела рухатиметься переважно зверху вниз під дією сил тяжіння. На основі теоретичних досліджень та відповідно до обраної концепцією системи дистиляції місцели основними процесами є:

- для попередньої дистиляції – процес кипіння у вільно стікаючій плівці місцели по зовнішній поверхні труб, що обігріваються;
- для остаточної стадії дистиляції – процеси розпилення та барботажу місцели перегрітою водяною парою.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

ВИСНОВКИ

Магістерська робота присвячена удосконаленню обладнання для виробництва рослинної олії. У роботі зазначено, що соняшник є важливою олійною культурою, яка походить з Південної Америки і в даний час культивується в усьому світі. Як правило, соняшник вважається значущим через харчову та лікувальну цінність. Завдяки своєму сприятливому впливу на здоров'я був визнаний функціональним продуктом харчування. Соняшник містить мінеральні елементи та фітохімічні речовини, такі як харчові волокна, марганець, вітаміни, токофероли, фітостерини, глікозиди, флавоноїди, фенольні кислоти, каротиноїди, пептиди. Екстракт соняшнику є потенційним джерелом антимікробних, протизапальних та антиоксидантних засобів, які захищають клітини людини від шкідливих активних молекул кисню та патогенних мікроорганізмів.

Вважається, що метою рафінації соняшnikової олії є видалення шкідливих для здоров'я домішок і збереження біологічних властивостей, корисних речовин. Таким чином, процес рафінування соняшnikової олії не руйнує поживні речовини в соняшnikовій олії, і є більш сприятливим для засвоєння організмом цих поживних речовин. Рафінована соняшnikова олія може зберігатися тривалий час без окислення і осаду; мати світлий й прозорий колір, не пінитися, і не утворювати накипу при нагріванні. Рафінована соняшnikова олія має досить тривалий термін зберігання і не вимагає особливих вимог до зберігання. Соняшnikова олія бурштинового кольору, містить невелику кількість фосфоліпідів і воску. Як правило, має низький кислотний показник і світло-жовтий колір після рафінування. Соняшnikова олія містить велику кількість ненасичених жирних кислот, з-поміж яких є лінолева та олеїнова. Завдяки своїм властивостям рафінована соняшnikова олія має м'який смак і яскравий колір.

На основі аналізу наукових джерел обґрунтовано, що існує два методи вилучення соняшnikової олії з насіння соняшnikу: метод пресування соняшnikової олії (механічний спосіб) та метод екстрагування (хімічний спосіб). Метод пресування соняшnikової олії засновано на принципі фізичної екструзії для вичавлювання соняшnikової олії з насіння соняшnikу при цьому залишкова швидкість олії відносно висока. Зазвичай використовуються три типи обладнання для виробництва соняшnikової олії: обладнання для пресування соняшnikової олії, обладнання для екстракції розчинників соняшnikової олії та обладнання для переробки соняшnikової олії.

Екстракційний спосіб отримання соняшnikової олії можна розділити на два етапи: екстрагування та дистиляція. Отриманий розчин олії в розчиннику називають місцелою. З місцели розчинник відганяється відповідно в

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Ларін</i>			Удосконалення обладнання для виробництва рослинної олії	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Омельченко</i>					38	2
<i>Н. Контр.</i>		<i>Омельченко</i>				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>		<i>Хорольський</i>						

дистиляторах та випарниках різних конструкцій. У харчових процесах дистиляція або іншими словами, перегонка ґрунтується на відмінностях температур кипіння, парціальних тисків та леткості окремих речовин, що входять до складу суміші.

Сконцентровано увагу на тому, що дистиляція це процес у якому суміш рідини або пари з двох або більше речовин розділяється на його складові фракції бажаної чистоти. Заснований на тому, що коли пара кипить то суміш буде багатшою компонентами, які мають нижчі точки кипіння. Споживає величезну кількість енергії з точки зору охолодження та обігріву. Метод перегонка – це процес термічної обробки розчину олії в розчиннику. Він полягає в переведення розчинника в пароподібний стан, видалення парів і їх конденсації. Розчинник слід якомога повніше видалити з олії при найнижчих температурах за найкоротший можливий час. Перегонка проводиться в два періоди: попередня і остаточна.

Попередня стадія дистиляції проводиться із застосуванням методів ведення попередньої дистиляція кипіння в плівках. Ведення процесів у плівках давно і успішно застосовується в харчовій промисловості і володіє безліччю переваг. В першу чергу плівки забезпечують рівномірний прогрів рідини та помірний рівень робочих температур з позиції гідродинаміки та теплообміну формування стійких плівкових течій рідини.

Остаточна стадія дистиляції місцели заснована на принципі барботажу. При дистиляції місцели під барботажем розуміється пропускання перегрітої водяної пари у вигляді пухирів через шар місцели. У дистиляторах зону барботажу розміщують у нижній частині. Барботааж застосовується для забезпечення великої площі міжфазної поверхні при прямому контакті взаємодіючих середовищ.

Пропонується за доцільне в системі дистиляції, використовувати розпилення та барботааж місцели, як ефективні, перевірені багаторазово в промисловості процеси видалення розчинника з висококонцентровані місцели. Для зони розпилення можна використовувати пароежекторні форсунки. Відповідно до обраної концепції формування системи дистиляції в єдиному корпусі та на підставі загальних принципів дистиляції місцели пропонується розділити процес на три ступені, а саме, дві попередні та одну остаточну. Апарат поділити на три секції – дві секції попередньої дистиляції та одну остаточну. Колона компонування передбачатиме розташування секцій один над одною в яких місцела рухатиметься переважно зверху вниз під дією сил тяжіння. На основі теоретичних досліджень та відповідно до обраної концепцією системи дистиляції місцели основними процесами є:

- для попередньої дистиляції – процес кипіння у вільно стікаючій плівці місцели по зовнішній поверхні труб, що обігріваються;
- для остаточної стадії дистиляції – процеси розпилення та барботаажу місцели перегрітою водяною парою.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Oilseed crop sunflower (*Helianthus annuus*) as a source of food: Nutritional and health benefits. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7500752/>.
2. Complete castor oil mill machinery. URL: <https://www.doingroup.com/index.php?u=show-1511.html>
3. Alok Pandit. Efficiency improvement of distillation column. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*. Vol. 6, 2017. P. 505–508.
4. Fakhriddin Khabibov, Mirzo Narziev, Khayot Ismoilov. Study of the hydrodynamic structures of opposite flows of phases during the final distillation of miscella of vegetable oil. *Earth and environmental science*. Vol. 1, 2021. P. 126–130.
5. Shalabh Sharma, Raman Ghosh. Designing and process simulation of a single column crude distillation unit for refineries. *Imperial journal of interdisciplinary research (IJIR)*. Vol. 2, 2016. P. 985–996.
6. Semenyshyn Ye.M., Atamanyuk V.M. Oil extraction from the sunflower seeds, mechanism and kinetics of the process. *Technology and application of substances*. Vol. 3, 2020. P. 155–160.
7. Optimization of distillation processes. URL: http://egon.cheme.cmu.edu/papers/caballero_optimization_of_distillation_processes.pdf.
8. Distillation operations: methods, operational and design issues. URL: <https://chemrxiv.org/engage/api-gateway/chemrxiv/assets/orp/resource/item/62d9133fa7d17e222465a6bd/original/distillation-operations-methods-operational-and-design-issues.pdf>.
9. Optimization methods for the extraction of vegetable oils: a review. URL: <https://www.mdpi.com/2227-9717/8/2/209>.
10. Осадчук П. І. Сучасні технології очищення рослинної олії в умовах міні-цехів. *Удосконалення процесів і обладнання харчових і хімічних виробництв*. 2018 р. № 7. С. 185–188.
11. Автоматизація процесу дистиляції місцели. Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/353734885_AVТОМАТИЗАЦІЯ_ПРОЦЕСУ_DISTILACII_MISCELI.
12. Ректифікаційні колони: принцип роботи та рейтинг кращих моделей. Режим доступу: <https://vistiradio.com.ua/rektifikacijni-koloni-princip-roboti-ta-rejting-krashhix-modelej/>.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40