

**Міністерство освіти і науки України**  
**Одеський національний технологічний університет**

Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім.  
В.С. Мартиновського  
Кафедра процесів, обладнання та енергетичного менеджменту  
Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»  
Спеціальність: 133 Галузеве машинобудування  
Освітня програма: «Енергетичний менеджмент та ІТ-сервіс обладнання»



**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

**на тему Розробка мікрохвильового вакуумного екстрактора для вилучення**  
**олії із кавового шלאму. Для ПрАТ «ЄННІ ФУДЗ»**  
(назва кваліфікаційної роботи згідно наказу ОНТУ)

Здобувача: Вінницький Я.Е.

Курсу IV групи ГМ-40

Керівник: доцент Терзієв С.Г.

Консультант: доцент Всеволодов О.М.

**Кваліфікаційна робота допускається до захисту**

Рішення кафедри ПОЕМ від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р., протокол № \_\_\_

Завідувач кафедри ПОЕМ \_\_\_\_\_

Олег БУРДО

Одеса – 2025 рік

# ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій та екоенергетики

Кафедра: Процесів, обладнання та енергетичного менеджменту

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Спеціальність: 133 Галузеве машинобудування

Освітня програма: Енергетичний менеджмент та IT-сервіс обладнання

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

Олег БУРДО

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Вінницького Яна Едуардовича

1. Тема роботи: Розробка мікрохвильового вакуумного екстрактора для вилучення олії із кавового шламу. Для ПрАТ «ЄННІ ФУДЗ»  
Затверджена наказом ОНТУ від 25.11.2024 р. наказ №738-03
2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 11.06.2025 р.
3. Вихідні дані роботи: продуктивність екстрактора 10 кг/год
4. Перелік питань, які потрібно розробити: критичний огляд обладнання аналогічного призначення, патентний пошук, обґрунтування конструкції, технічне завдання, проведення технологічного, силового та конструктивного розрахунків, охорона праці.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначення обов'язкових креслень): креслення лінії екстрагування рослинних олій – 1 аркуш А1, креслення загального виду мікрохвильового вакуумного екстрактора – 2 аркуші А1, креслення кінематичної схеми приводу мішалки – 1 аркуш А1, креслення складальних одиниць: редуктор – 1 аркуш А1, муфта пружна втулко-пальцева – 1 аркуш А1, специфікація на загальний вид – 1 аркуш А4, специфікації на складальні одиниці: редуктор – 3 аркуші А4, муфта пружна втулко-пальцева – 1 аркуш А4.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх.

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Безпека життєдіяльності та охорона праці	Доц. Всеволодов О.М.		

2. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Керівник \_\_\_\_\_ Терзієв С.Г.

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Вінницький Я.Е.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Збір матеріалів до проекту. Розробити реферат та вступ до дипломного проекту.	До 17.02.2025 р.	
2.	Аналіз існуючого обладнання. Патентний пошук	До 04.03.2025 р.	
3.	Обґрунтування технічного рішення. Креслення загального виду	До 10.03.2025 р.	
4.	Підбір конструкційних матеріалів. Розробка технічного завдання	До 21.03.2025 р.	
5.	Проведення розрахунків	До 01.04.2025 р.	
6.	Монтаж, експлуатація та ремонт обладнання. Охорона праці	До 10.04.2025 р.	
7.	Креслення складальних одиниць та деталювання	До 22.04.2025 р.	
8.	Внесення коректив та оформлення РПЗ.	До 08.06.2025 р.	
9.	Підписання проекту, друк. Отримання рецензії.	До 16.06.2025 р.	

Здобувач-дипломник \_\_\_\_\_ Вінницький Я.Е.

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Терзієв С.Г.

*Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.*

*Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.*

Здобувач-дипломник: Вінницький Я.Е. \_\_\_\_\_

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота на тему: «Розробка мікрохвильового вакуумного екстрактора для вилучення олії із кавового шламу. Для ПрАТ «ЄННІ ФУДЗ» містить 56 сторінок машинописного тексту, рисунків – 8, формул – 11, використаних джерел – 7, листів специфікацій – 5.

Мета даної роботи полягає у розробці мікрохвильового вакуумного екстрактора для вилучення олії із кавового шламу. Головна ідея розробки полягає в підвищенні ресурсо- та енергоефективності процесу екстрагування цільових компонентів з харчової сировини шляхом залучення мікрохвильових технологій та вакууму.

Об'єкт досліджень – мікрохвильовий вакуумний екстрактор.

Ключові слова: *мікрохвильовий вакуумний екстрактор, тепломасоперенесення, кавовий шлам, кавова олія.*

					<i>КРБ.ПОтаЕМ.1.738-03.3.2</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Вакуумний МХ екстрактор</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>		<i>Вінницький Я.Е.</i>					4	56
<i>Перевірив</i>		<i>Терзієв С.Г.</i>						
<i>Рецензія</i>								
<i>Зав. каф.</i>		<i>Бурдо О.Г.</i>						
<i>Затвердив</i>							<i>ОНТУ</i>	

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
1. ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЕКСТРАГУВАННЯ ОЛІЇ З ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ .....	8
1.1. Методи екстрагування рослинних олій. ....	8
1.2. Вимоги до сировини, екстрагенту і тари. ....	14
2. КРИТИЧНИЙ ОГЛЯД ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ .....	19
3. ОГЛЯД ПАТЕНТНИХ МАТЕРІАЛІВ .....	28
4. ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ ОБРАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ.....	41
5. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ НА РОЗРОБКУ МІКРОХВИЛЬОВОГО ВАКУУМНОГО ЕКСТРАКТОРА.....	42
5.1. Найменування і галузь застосування результатів розробки.....	42
5.2. Мета і призначення розробки. ....	42
5.3. Основні вузли та системи установки. ....	42
5.4. Технічні вимоги.....	43
6. ОПИС РОЗРОБЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ МІКРОХВИЛЬОВОГО ВАКУУМНОГО ЕКСТРАКТОРА.....	45
7. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК МІКРОХВИЛЬОВОГО ВАКУУМНОГО ЕКСТРАКТОРА.....	47
7.1. Об'єм екстрактора.....	47
7.2. Швидкість обробки сировини.....	47
7.3. Кінематичний розрахунок.....	47
7.4. Силовий розрахунок. ....	50
7.5. Розрахунок на міцність.....	51

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.3.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		5

8. ІНСТРУКЦІЯ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ РОБОТІ З МІКРОХВИЛЬОВИМ ВАКУУМНИМ ЕКСТРАКТОРОМ.....	54
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	56

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.3.2</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.ш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		6

## ВСТУП

Проблеми утилізації відходів є одним із важливих питань виробництва харчових концентратів. Серед найбільш розповсюджених не лише в Україні, а й в Європі в цілому є проблема утилізації кавового шламу, що є відходами при виробництві розчинної кави. В результаті поховання кавового шламу на полігонах дана вторинна сировина несе серйозну шкоду навколишньому середовищу, оскільки за своїм складом і структурою не може використовуватись як добриво, а є забруднювачем ґрунту.

Разом із цим, кавовий шлам містить певний ряд поживних та цінних речовин, що втрачаються в результаті його викидання на смітник. Найбільш високовартісним компонентом шламу є кавова олія, яка за своїм складом є достатньо вітамінізованою, а її органолептичні властивості відкривають їй шлях до кулінарії, парфумерії тощо. Через невеликий відсоток кавової олії в зерні кави ціна її досить висока. Відповідно до цього, перспективність вилучення кавової олії з відходів виробництва розчинної кави лежить на поверхні.

Приватне акціонерне товариство «ЄННІ ФУДЗ» веде свою активну діяльність у виробництві харчових концентратів високої якості [1]. Не є винятком і виробництво розчинної кави, яке також супроводжується утворенням відходів у вигляді кавового шламу. Таким чином, в роботі пропонується розробити конструкцію мікрохвильового вакуумного екстрактора, який би дав змогу вилучити кавову олію зі шламу, відкривши таким чином додатковий резерв прибутку та зробивши крок в безпечній для довкілля утилізації шкідливих відходів.

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.3.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		7

# 1. ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЕКСТРАГУВАННЯ ОЛІЇ З ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ

## 1.1. Методи екстрагування рослинних олій.

Основні методи вилучення рослинних олій – це віджим та екстрагування. Екстрагування, в свою чергу, реалізується трьома способами: з допомогою органічних розчинників, зріджених газів і ферментів. Також існують методи, що базуються на фізичних властивостях речовин, такі як дистиляція та кристалізація.

**Віджим.** Механічне пресування насіння та горіхів для вилучення олії. Може бути холодним (за низьких температур) або гарячим (з попереднім нагріванням).

### Переваги холодного віджиму:

- при холодному віджимі олія зберігає більше вітамінів, мінералів та інших корисних речовин, що містяться в насінні або горіхах.
- олія холодного віджиму має більш насичений смак та аромат, близький до вихідної сировини.
- олія холодного віджиму ідеально підходить для додавання в салати, соуси та інші страви, де не потрібна термічна обробка.
- холодний віджим часто вважається більш екологічним способом отримання масла, так як не вимагає нагрівання та використання розчинників.
- олії холодного віджиму багаті на антиоксиданти та інші корисні сполуки, які можуть позитивно впливати на здоров'я.

### Недоліки холодного віджиму:

- при холодному віджимі з тієї ж кількості сировини виходить менше олії, ніж гарячому.
- олія холодного віджиму зазвичай має більш короткий термін зберігання через відсутність додаткової обробки.

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.3.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		8

- через низьку продуктивність і більшу цінність, масло холодного віджиму зазвичай коштує дорожче.
- при холодному віджимі в домашніх умовах, особливо на низькоякісному устаткуванні, можливе попадання сторонніх домішок у олію.

Переваги гарячого віджиму:

- гарячий віджим дозволяє отримати більше олії з тієї ж кількості сировини.
- олія гарячого віджиму, як правило, має більший термін зберігання.
- гарячий віджим часто призводить до зниження собівартості масла.

Недоліки гарячого віджиму:

- термічна обробка при гарячому віджимі руйнує частину вітамінів, мінералів та інших корисних сполук.
- олія гарячого віджиму має менш виражений смак і аромат, ніж олія холодного віджиму.
- олія гарячого віджиму може бути менш корисною для вживання в сирому вигляді.

Зрештою, вибір між холодним і гарячим віджимом залежить від пріоритетів: якщо важливіше зберегти максимум корисних речовин і ціна не має значення, то холодний віджим є більш пріоритетним. Якщо ж ціна і більш тривалий термін зберігання є ключовими параметрами при виборі, то олія гарячого віджиму може бути кращим варіантом.

**Екстракція розчинником.** Вилучення олії з сировини за допомогою органічних розчинників, таких як гексан, етанол або інші. Після екстракції розчинник видаляють зазвичай шляхом випаровування.

Переваги:

- екстракція розчинником дозволяє отримати більше олії з сировини в порівнянні з іншими методами, такими як пресування;

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.3.2</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.ш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		9

- макуха, що отримується після екстракції, містить мінімальну кількість олії, що робить його більш цінним для подальшого використання в кормах для тварин;
- білки у шроті, отриманому після екстракції, зберігають високу поживну цінність;
- метод екстракції підходить для широкого спектру олійних культур, таких як соняшник, соя, ріпак та інші;
- екстракцію можна легко автоматизувати та зробити безперервною, що підвищує ефективність виробництва.

#### Недоліки:

- у сирій олії, отриманій методом екстракції, може бути залишковий розчинник, хоча при дотриманні технологічних норм його вміст має бути незначним;
- екстракція розчинником пов'язана з використанням легких органічних розчинників, таких як гексан, пари яких при контакті з повітрям можуть утворювати вибухонебезпечні суміші;
- екстракція вимагає наявності спеціального обладнання та суворого дотримання технологічних процесів для забезпечення безпеки та ефективності;
- у процесі екстракції олія може зазнавати деяких змін у складі, хоча наступна рафінація видаляє небажані домішки;
- неправильне використання та утилізація розчинників можуть негативно впливати на навколишнє середовище.

**Екстракція зрідженими газами.** Використання пропану, бутану або інших зріджених газів для вилучення олії.

#### Переваги:

- зріджені газу, як правило, мають високу розчинну здатність, що дозволяє витягувати максимальну кількість олії з сировини;

					<i>КРБ.ПОтаЕМ.1.738-03.3.2</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.ш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		10

- екстракція зрідженими газами може проводитися за більш низьких температур порівняно з традиційними методами, що дозволяє зберегти більше корисних речовин в олії;
- при правильній організації процесу екстракція зрідженими газами може бути більш екологічною порівняно з використанням деяких інших розчинників, таких як гексан;
- завдяки низькій температурі процесу та високій ефективності вилучення, можна отримати олію з більш високим вмістом корисних речовин та кращими органолептичними властивостями.

Недоліки:

- зріджені гази, такі як пропан і бутан, легкозаймисті, що вимагає дотримання суворих заходів безпеки при роботі з ними;
- після екстракції необхідно ретельно видалити залишки розчинника з олії, що може бути складною та дорогою процедурою;
- якщо видалення розчинника не повне, залишки можуть утримуватися в кінцевому продукті, що може вплинути на його якість і безпеку;
- екстракційне обладнання для роботи зі зрідженими газами може бути більш складним та дорогим, ніж для інших методів.

**Ферментна екстракція.** Застосування ферментів для руйнування клітинних стінок та вивільнення олії.

Переваги:

- ферменти дозволяють отримати більше олії з сировини в порівнянні з механічним віджиманням або екстракцією розчинниками, що робить процес більш ефективним;
- шрот, отриманий після ферментної екстракції, має більш високий вміст білка та менший вміст жиру, що робить його цінним кормовим продуктом;

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.3.2</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.ш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		11

- ферментна екстракція вимагає менше розчинників у порівнянні з традиційною екстракцією, що знижує екологічне навантаження та вартість виробництва;
- ферменти можуть покращити органолептичні властивості олії, такі як колір, смак та запах, а також підвищити вміст корисних речовин;
- ферментна екстракція може застосовуватися для вилучення олії з різних видів насіння та плодів, включаючи ті, що важко піддаються іншим методам.

Недоліки:

- обладнання для ферментної екстракції може бути дорожчим, ніж для традиційних методів, що потребує великих початкових інвестицій;
- ферментна екстракція вимагає ретельного контролю параметрів, таких як температура, рН, концентрація ферментів, щоб забезпечити ефективність процесу якості продукту;
- залишки ферментів після процесу екстракції необхідно утилізувати, що може вимагати додаткових витрат та запобіжних заходів;
- ферментна екстракція може тривати більше часу, ніж інші методи.

**Молекулярна дистиляція.** Поділ речовин на основі різниці у довжині вільного пробігу молекул.

Переваги молекулярної дистиляції при екстракції олії:

- молекулярна дистиляція працює при низьких температурах та тисках, що дозволяє мінімізувати термічне розкладання та зберігати корисні властивості олії;
- метод дозволяє видаляти небажані домішки, такі як розчинники, важкі метали та інші сполуки, що призводить до отримання більш чистого продукту;
- молекулярна дистиляція може поділяти речовини, які важко відокремити іншими методами;

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.3.2</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.ш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		12

- метод особливо ефективний для вилучення олій з рослинної сировини, чутливої до нагрівання, таких як риб'ячий жир або деякі види олії.

Недоліки молекулярної дистиляції при екстракції олії:

- у порівнянні з іншими методами екстракції молекулярна дистиляція може бути менш продуктивною, особливо при великих обсягах сировини;
- молекулярні дистилятори можуть бути дорогими, що підвищує витрати на виробництво;
- перед молекулярною дистиляцією часто потрібна попередня підготовка сировини, така як екстракція або фільтрація;
- управління обладнанням та процесом молекулярної дистиляції потребує певних знань та навичок.

В цілому, молекулярна дистиляція є ефективним методом для отримання високоякісних олій, особливо термолабільних речовин. Однак, перед вибором цього методу необхідно ретельно проаналізувати його переваги та недоліки, а також порівняти їх із вимогами конкретного виробництва.

**Кристалізація.** Поділ речовин на основі різних температур кристалізації.

Переваги:

- кристалізація дозволяє отримувати олії з дуже високим ступенем чистоти, так як домішки, як правило, не включаються в кристалічні ґрати;
- процес кристалізації може бути налаштований селективно на вилучення певних компонентів, що дозволяє видаляти небажані домішки.

Недоліки:

- кристалізація може бути складним процесом, чутливим до температури, пересичення та домішок, що вимагає точного контролю та оптимізації;

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.3.2</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.ш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		13

- у порівнянні з іншими методами, такими як екстракція розчинником, кристалізація може бути повільнішим через необхідність утворення кристалів;
- процес кристалізації, особливо в промислових масштабах, може вимагати значної витрати енергії, особливо якщо потрібне охолодження для утворення кристалів;
- обладнання та матеріали для кристалізації екстракції можуть бути дорожчими в порівнянні з іншими методами, що збільшує вартість кінцевого продукту;
- кристалізація не завжди підходить для всіх типів олій і може бути утруднена, якщо олія має складний склад або низьку розчинність;
- в цілому екстракція кристалізацією є цінним методом для отримання високочистих олій, але її застосування може бути обмежене складністю, повільною швидкістю та високою вартістю.

Кожен з цих методів має свої переваги та недоліки, і вибір конкретного способу залежить від типу сировини, необхідної якості олії та економічних міркувань.

## 1.2. Вимоги до сировини, екстрагенту і тари.

### *Вимоги до сировини*

При екстрагуванні рослинних олій, сировина повинна відповідати певним вимогам для забезпечення ефективного та якісного вилучення олії. Основні вимоги включають: якість та чистоту сировини, вологість, ступінь подрібнення, вміст домішок, а також відповідність вимогам безпеки.

### Вимоги до сировини при екстрагуванні рослинних олій:

1. **Якість та чистота.** Сировина має бути здоровою, не ураженою шкідниками, хворобами або пліснявою. Не допускається наявність сторонніх домішок, таких як пісок, каміння, сміття та інші забруднення.

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.3.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		14

2. **Вологість.** Вологість сировини має бути оптимальною для конкретного виду сировини та методу екстракції. Занадто висока вологість може призвести до погіршення якості олії та збільшення витрат на сушіння, а дуже низька – до зниження ефективності екстракції.
3. **Ступінь подрібнення.** Подрібнення сировини необхідно збільшення площі контакту з екстрагентом і прискорення процесу екстракції. Ступінь подрібнення залежить від виду сировини та методу екстракції.
4. **Вміст домішок.** Сировина має містити мінімальну кількість домішок, таких як жирні кислоти, фосфоліпіди та інші речовини, які можуть погіршити якість олії.
5. **Відповідність вимогам безпеки.** Сировина має відповідати санітарно-гігієнічним вимогам та не містити шкідливих речовин, таких як пестициди, важкі метали та інші.
6. **Вибір методу екстракції.** Залежно від виду сировини та цільових компонентів можуть застосовуватися різні методи екстракції, такі як екстракція розчинником, пресування, а також комбіновані методи.
7. **Дотримання пропорцій.** Співвідношення сировини та екстрагента має бути оптимальним для забезпечення повноти екстракції та запобігання технологічним проблемам, наприклад, труднощам з перемішуванням або поділом фаз.

Загалом, якісна сировина є запорукою отримання високоякісної рослинної олії, що відповідає вимогам безпеки та споживчим стандартам.

#### *Вимоги до екстрагенту*

При екстрагуванні рослинних олій, екстрагент повинен володіти такими ключовими характеристиками: високою вибірковістю (селективністю), гарною здатністю, що змочує, здатністю перешкоджати розвитку мікрофлори, високою леткістю і низькою температурою кипіння для полегшення регенерації, а також бути хімічно інертним і нетоксичним.

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.3.2</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.ш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		15

Детальні вимоги до екстрагенту:

1. **Селективність (виборчість).** Екстрагент повинен краще розчиняти цільові компоненти (олії) з рослинної сировини, ніж воду та інші домішки.
2. **Змочує здатність.** Екстрагент повинен добре проникати в структуру рослинного матеріалу, забезпечуючи ефективне вилучення олій.
3. **Антимікробна активність.** Бажано, щоб екстрагент перешкодив розвитку мікроорганізмів в екстракті, запобігаючи псуванню продукту.
4. **Леткість та низька температура кипіння.** Ці властивості полегшують відокремлення екстрагента від екстракту після вилучення олій, що дозволяє його регенерувати та використовувати повторно.
5. **Хімічна інертність.** Екстрагент не повинен вступати в небажані хімічні реакції з компонентами, що виймаються, або з іншими речовинами, присутніми в рослинній сировині.
6. **Нетоксичність.** Екстрагент не повинен загрожувати здоров'ю людини або навколишньому середовищу.
7. **Низька вартість та доступність.** Це важливий чинник для комерційного виробництва.
8. **Розчинність в речовині, що екстрагується.** Екстрагент повинен добре розчиняти цільову олію.
9. **Низька теплоємність.** Це сприяє ефективнішому процесу екстракції, мінімізуючи енерговитрати.
10. **Відмінності у температурах кипіння.** Екстрагент повинен мати температуру кипіння, відмінну від температури кипіння цільової олій, що спрощує їх поділ.
11. **Мінімальна розчинність у воді.** Ця властивість допомагає уникнути втрат екстрагента при розподілі фаз.

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.3.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		16

## *Вимоги то тари*

При екстракції рослинних олій, тара повинна відповідати ряду вимог, що забезпечують безпеку, якість та ефективність процесу. Основні вимоги включають: високу міцність та стабільність форми, бар'єрні властивості, практичність, зносостійкість та ударостійкість. Для деяких видів олій також важливою є непрозорість тари, щоб уникнути фотодеградації.

### Основні вимоги до тари:

**Міцність та стабільність.** Тара повинна витримувати механічні навантаження в процесі екстракції та транспортування, а також зберігати свою форму, не деформуючись під впливом температури та тиску.

**Бар'єрні властивості.** Тара повинна забезпечувати захист олії від проникнення кисню, вологи та інших речовин, здатних погіршити його якість.

**Інертність.** Матеріал тари не повинен вступати в реакцію з маслом або екстрагентом, щоб уникнути зміни властивостей продукту.

**Зручність у використанні.** Тара повинна бути зручною для заповнення, спорожнення, зберігання та транспортування.

**Безпека.** Матеріал тари повинен бути безпечним для харчових продуктів та не містити токсичних речовин.

**Непрозорість.** Для олій, чутливих до світла, тара має бути непрозорою або мати затемнені стінки, щоб запобігти фотоокисленню.

**Стійкість до перепадів температур.** Залежно від умов виробництва та зберігання, тара може впливати на високі або низькі температури. Вона має витримувати ці перепади без деформації чи втрати герметичності.

**Легкість утилізації.** Бажано, щоб тара була виготовлена з матеріалів, що підлягають переробці, щоб знизити негативний вплив на довкілля.

**Відповідність вимогам безпеки харчових продуктів.** Матеріал тари повинен відповідати вимогам до матеріалів, що контактують з харчовими продуктами.

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.3.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		17

Вибір конкретного типу тари залежить від багатьох факторів, включаючи вид екстрагованої олії, екстрагент, що використовується, умови виробництва та зберігання, а також вимоги до кінцевого продукту.

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.3.2</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.ш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		18

## 2. КРИТИЧНИЙ ОГЛЯД ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Пресовим способом неможливо досягти повного знежирення олійного матеріалу, так як на поверхні макухи залишаються шари олії, що утримуються значними поверхневими силами.

Екстракційний спосіб забезпечує практично повне вилучення олії. Ефективність екстракції олії органічними розчинниками зумовлена якісною підготовкою екстракційного матеріалу. Основна вимога до матеріалу, що екстрагується, — максимальна руйнація клітинних структур. Перед подачею на екстракцію форпресову макуху обробляють для надання їй структури, що забезпечує максимальне вилучення олії органічними розчинниками. До такої структури відносяться крупка, форпресові пелюстки та гранули.

Для отримання крупки мушлі з форпресового цеху направляють на дискові або молоткові дробарки. У деяких схемах олійний матеріал у вигляді крупки направляють безпосередньо в екстрактор. Крупку піддають вологотепловій обробці в жаровнях (зволоження та підігріву), щоб підвищити проникність для розчинника, а потім вона надходить на плющильні вальці. В результаті виходять частинки матеріалу у вигляді пелюстки (пластинки завтовшки 0,25...0,50 мм).

Після плющильних вальців сировина транспортерами направляється до екстрактору, призначеного для вилучення олії розчинником при протиточному контактуванні. Розчин олії в бензині називають місцеллою, а знежирений матеріал – шротом. Залишкова олійність шроту близько 1%.

Екстракцію рослинних олій в даний час виконують двома основними способами: зануренням матеріалу, що екстрагується, в протиточно рухомий розчинник і ступінчастим зрошенням матеріалу в протитоці з розчинником. Відомі комбінації цих двох способів [2].

За способом занурення працює вертикальний екстрактор шнековий НД-1250 (рис. 1).

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.3.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		19

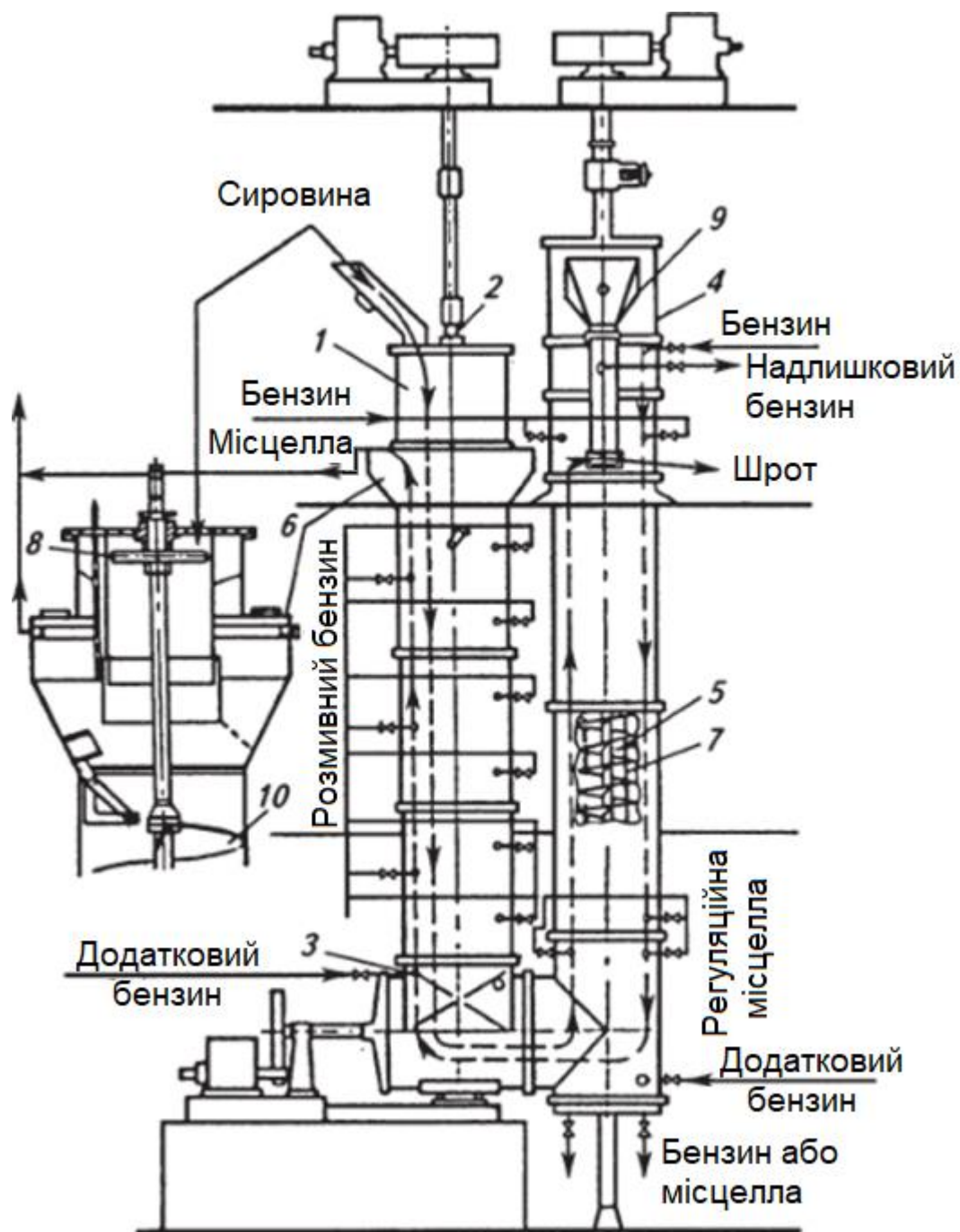


Рис. 1. Шнековий екстрактор НД-1250:

- 1 – завантажувальна колона; 2, 5 – шнекові вали; 3 – передавальний шнек;  
 4 – вертикальна екстракційна колона; б – декантатор–відстійник;  
 7 – напрямна планка; 8 – мішалки; 9 – люк; 10 верхній виток валу  
 завантажувальної колони

Екстрактор вертикальний шнековий НД-1250 розроблений ще у 20-ті роки ХХ ст. і в даний час експлуатується у промисловості у вигляді модернізованого екстрактора НД-1250. Він складається з завантажувальної

					КРБ.ПОтаЕМ.1.738-03.3.2	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		20

колони 1 з шнековим валом 2, горизонтальної колони з передавальним шнеком 3 і вертикальної екстракційної колони 4 з шнековим валом 5. Горизонтальний шнек виконує роль транспортного елемента, який подає матеріал, що екстрагують, на шнековий вал 5. На завантажувальній колоні розташований декантатор 6 - пристрій, в якому місцелла, що відходить з екстрактора очищається шляхом відстоювання від основної кількості великих зважених в ній частинок. У верхній частині екстракційної колони на валу 5 розташований механізм скидача шроту, що відходить з екстрактора. Шнеки всіх трьох колон мають індивідуальні приводи. В екстракційній колоні для запобігання провертання матеріалу разом зі шнеком передбачені напрямна планка 7 і система зрошувальних форсунок для введення розчинника екстрактор.

Екстрактор працює в такий спосіб. Матеріал, що екстрагується у вигляді пелюстки, крупки або гранул надходить у завантажувальну колону. У верхній частині колони матеріал мішалками рівномірно розподіляється в колоні екстрактора. Олійний матеріал переміщається вниз при одночасному поданні бензину йому назустріч.

З останнього шнекового витка олійний матеріал опускається на витки горизонтального валу шнекового, які транспортують і проштовхують його в екстракційну колону. Матеріал переміщається по площині витка шнекового вгору до виштовхувача, який через люк екстрактора видаляє шрот з екстрактора. Чистий розчинник, що надходить назустріч матеріалу, що екстрагується, промиває шрот перед виходом його з екстрактора і стікає вниз. Зміст бензину у шроті 20...40 %. Проходячи через горизонтальний циліндр, бензин піднімається до декантатора-відстійника, з якого трубами у вигляді місцели виводиться з екстрактора.

Екстракція олійного матеріалу у шнековому екстракторі відбувається у протитоці. Розчинник відцентровим насосом подається у верхню частину екстракційної колони через форсунки і опускається вниз суцільним потоком,

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.3.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		21

заповнюючи весь вільний об'єм колони, включаючи простір між частинками матеріалу, що екстрагується. На всьому шляху по трьом колонам екстрактора рідка фаза послідовно насичується маслом, що видобувається. В результаті найбільша концентрація олії у місцеллі на виході з екстрактора. Відведення місцелли з екстрактора виробляють нижче рівня форсунок, що подають розчинник екстрактор. Різниця рівнів точок входу розчинника і виходу його із завантажувальної колони створює надлишковий гідростатичний напір, що забезпечує перебіг рідкої фази екстракційної колони, горизонтального циліндра і завантажувальної колони екстрактора.

Місцелла, що надходить знизу в декантатор, самофільтрується через шар макухи, що опускається, а потім відстоюється в розширеній частині декантатора. В результаті вміст частинок матеріалу, що екстрагується в місцеллі, що виходить з екстрактора, 0,4... 1,0 %. Тривалість екстракції олії з пелюстки або крупки 45...60 хв.

Основні характеристики екстрактора відображені в таблиці 1.

Таблиця 1.

#### Основні технічні дані екстрактора НД-1250

Параметр	Найменування
Продуктивність по сировині, т/добу:	
Соняшник	500
За схемою прямого екстрагування пелюсток	160
За схемою форпресування – екстракція жмихових пелюсток	250
За схемою форпресування – екстракція жмихової крупки	220
Встановлена потужність електродвигунів приводів, кВт:	
Завантажувальної колони	4,4
Горизонтального шнеку	3,5
Екстракційної колони	5,0

Габаритні розміри, мм:	
Довжина	5838
Ширина	2535
Висота	13340
Маса, кг	13340

Стрічковий екстрактор МЕЗ-350 (рис. 2) працює за способом ступінчастого зрошення. Всі робочі органи екстрактора укладені в корпус 4, який виконаний з листової сталі та швелерів у вигляді коробчастої конструкції. У середині корпусу розташований горизонтальний сітчастий стрічковий транспортер 5 – основний робочий орган екстрактора. Він складається з рамок, прикріплених болтами до щік двох ланцюгів, які утворюють каркас горизонтального сітчастого транспортера. До рамок прикріплено сталеві листи з перфорацією (отвори розміром 8x8 або 20x20 мм). Сталеві листи, які називаються підкладними, затягнуті зверху плетеною металевією сіткою з осередками 0,8x0,8 мм.

Ланцюги стрічки одягнені на зірочки ведучого 3 і веденого 13 валів. Відстань між осями 15 м, тому довжина верхньої робочої гілки транспортера 14,4 м. Стрічка рухається від електродвигуна через редуктор і храповий механізм. Швидкість стрічки можна змінювати у широкому діапазоні (від 2,5 до 5 м/год). Стрічковий транспортер в екстракторі встановлений не строго горизонтально. Вісь провідних зірочок розташована на 150 мм вище осі ведених зірочок. Це перешкоджає стіканню бензину поверхнею шару матеріалу у вивідний бункер 2.

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.3.2</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.ш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		23

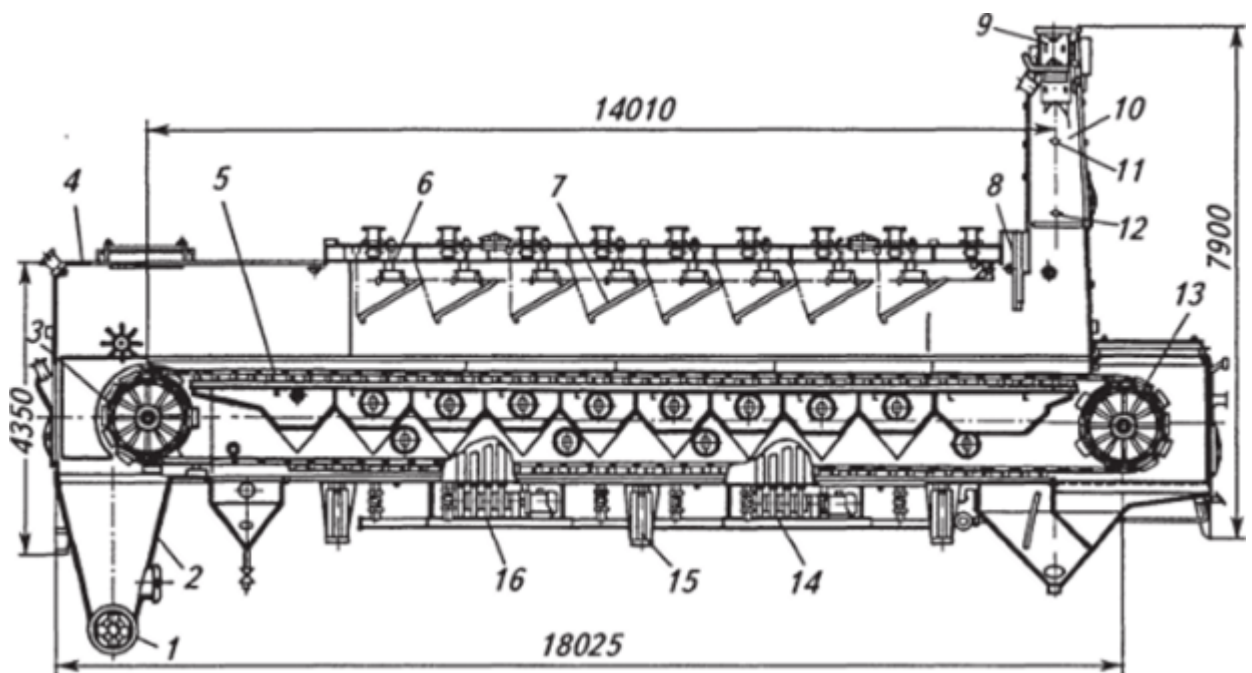


Рис. 2. Стрічковий екстрактор МЕЗ-350:

1 – лопатевий шнек; 2 – вивідний бункер; 3, 13 – ведучий і ведений вали; 4 – корпус; 5 – стрічковий транспортер; 6 – форсунка; 7 – розпушувачі; 8 – регулювальний шибер; 9 – шлюзовий затвор; 10 – завантажувальний бункер; 11, 12 – обмежувачі завантажувального бункера; 14, 16 – чотирьокорпусні насоси

Особливість екстрактора стрічкового типу - використання в робочому процесі (транспортування шару матеріалу, що екстрагується) тільки верхньої гілки стрічкового транспортера. Вся верхня частина транспортера умовно розбита на вісім зон зрошення, тому під верхньою гілкою стрічки розташовані вісім збірників місцели і один для збирання місцели, що промиває екстракторну стрічку. Збірники з'єднані з відповідними насосами, які об'єднані в два чотирьокорпусні насоси 14, 16.

Кожен із восьми відцентрових окремих насосів живить місцеллюю відповідну форсунку 6. Нижня гілка транспортера неробоча, і в цій зоні стрічка піддається допоміжним операціям (очищенню круглою щіткою та промиванню частиною місцели з дозувального бака).

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.3.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		24

Для забезпечення рівномірного розподілу зрошуючої мисцели по шару матеріалу, що екстрагується, а також хорошої проникності шару поверхня екстрагованого матеріалу розпушується на глибину 100 мм грабельними розпушувачами 7, підвішеними на ланцюгах до кришки екстрактора.

Місцелосбірники розділені перегородками з отворами для перетікання мисцели послідовно зі збірки в хвостовій частині екстрактора в головній.

У верхній частині корпусу розташований бункер завантаження 10, над яким змонтований шлюзовий затвор 9 з індивідуальним електроприводом. Завантажувальний бункер екстрактора забезпечений двома обмежувачами 11 і 12 (верхній і нижній) прапорця типу з мікроперемикачами МП-1 для автоматичного управління завантаженням апарату матеріалом, що екстрагується. При цьому забезпечується створення шару матеріалу, що грає роль затвора, який перешкоджає прориву парів розчинника за межі об'єму екстрактора. У нижній частині завантажувального бункера розташований вертикальний регульовальний шибер 8, з покажчиком, за допомогою якого встановлюється певна висота (0,8...1,4 м) шару матеріалу. У хвостовій частині екстрактора знизу знаходиться розвантажувальний бункер, в самому низу якого розташований двосторонній шнек лопатевий 1 і шлюзовий затвор.

Для запобігання прориву парів бензину з робочого об'єму екстрактора в цех у місці стикування корпусу та кришки в жолоб наливають воду, тобто створюють гідравлічний затвор. Корпус екстрактора встановлений на опорах 15.

Екстрактор працює в такий спосіб. Матеріал, що екстрагується, у вигляді пелюстки або крупки подається транспортером і після проходження електромагніта через шлюзовий затвор надходить в завантажувальний бункер, звідки поступово захоплюється стрічковим транспортером.

При русі стрічки матеріал, що екстрагується, зрошується через форсунки спочатку концентрованою мисцеллою, а потім мисцеллою все більш слабкої концентрації. Свіжий матеріал зрошується міцною мисцеллою, а

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.3.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		25

матеріал наприкінці шляху на стрічці – чистим розчинником. Міцелла або розчинник, фільтруючись через шар матеріалу, екстрагує з нього олію. Пройшовши через шар матеріалу та сітчасту стрічку, міцелла стікає у відповідний місцелосбірник, звідки відкачується і подається знову на зрошення.

У хвостовій частині екстрактора матеріал, що пройшов екстрагування, після зони стоку розпушується розвантажувальним розпушувачем і скидається в розвантажувальний бункер. Тут матеріал двостороннім лопатевим шнеком подається на два шлюзові затвори і виводиться з екстрактора.

Міцелла при фільтрації через високий шар матеріалу очищається від суспензій і не потребує спеціального очищення на фільтрах після виходу з екстрактора.

Загальні технічні характеристики екстрактора МЕЗ-350 наведені в таблиці 2.

Таблиця 2.

Основні технічні дані екстрактора МЕЗ-350

Параметр	Найменування
Продуктивність по сировині, т/добу:	
Соняшник та бавовник	380
Соя	140
Швидкість подачі в екстрактор розчинника, м <sup>3</sup> /год	5–6
Олійність шроту при переробці сировини, %:	
Соняшник та бавовник	1,0
Соя	0,6–0,7
Концентрація міцелли при переробці сировини, %:	
Соняшник та бавовник	25–30
Соя	25–35

Встановлена потужність електродвигунів приводів, кВт:	
Екстрактора	3
Шлюзового затвора завантажувального бункера	0,6
Розвантажувального бункера	1,5
Габаритні розміри, мм:	
Довжина	18450
Ширина	3950
Висота	9750
Маса, кг	57400

Екстракція способом зрошення забезпечує отримання місцелли підвищеної концентрації, що дозволяє знизити кількість розчинника в системах і вихід чистої місцелли в результаті самофільтрації через шар екстрагованого матеріалу. До недоліків цього способу відносяться: велика тривалість екстракції, невисокий коефіцієнт використання геометричного об'єму (не більше 45%) апарату та можливість утворення вибухонебезпечних концентрацій суміші парів розчинника та повітря всередині апарату, складна система прокачування розчинника та велика кількість насосів у ній.

					<i>КРБ.ПОтаЕМ.1.738-03.3.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		27

### 3. ОГЛЯД ПАТЕНТНИХ МАТЕРІАЛІВ

*Патент на винахід US20100029965 «Екстрагування олії з харчових відходів».*

Метою цього винаходу є створення процесу та апарату, здатного витягувати олію з широкого спектру матеріалів, що складають відходи органічного походження [3]. Згідно з винаходом, апарат для вилучення олії з харчових відходів містить засоби для тонкого подрібнення харчових відходів, засоби для контрольованого нагрівання дрібнодисперсного продукту та засоби відцентрового сепаратора, що забезпечують окремі виходи для твердих речовин, рідин та маслянистого компонента, а також для зберігання маслянистого компонента. Винахід також пропонує спосіб вилучення олії з харчових відходів, що включає тонке подрібнення харчових відходів, контрольоване нагрівання дрібнодисперсного продукту та розділення отриманого продукту за допомогою відцентрового сепаратора на окремі виходи для твердих речовин, рідин та маслянистого компонента, а також зберігання маслянистого компонента. Маслянистий компонент може містити суміш тваринних та/або рослинних жирів, а також деяких вільних жирних кислот тощо, починаючи від легких олій з низькою молекулярною масою до воскоподібних компонентів з високою молекулярною масою. Суміш часто називають «жировим жиром». Сировину перед обробкою можна просканувати металошукачем, а будь-які сторонні предмети або забруднені металом частини видалити. Потім матеріал бажано подрібнювати або розмочувати в м'ясорубці або подрібнювачі. Це може бути спіральний пристрій, що складається з ротора та статора, кожен з яких має зубці, ребра або канавки, що підходять для подрібнення різних матеріалів. Потім подрібнений матеріал можна нагрівати, наприклад, протягом 20 хвилин, наприклад, до 80°C у вбудованому нагрівачі, а потім перекачувати до трифазного декантерного відцентрового сепаратора. Тверді речовини можуть бути видалені за допомогою поршневого насоса або іншого конвеєра для

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.3.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		28

подальшої обробки або утилізації відходів, а вода – самопливом у стічні води. Відцентровий насос може бути використаний для перекачування маслянистого компонента в резервуар для зберігання.

Варіант реалізації апарату та способу екстракції олії з харчових відходів проілюстровано на прикладі з посиланням на супровідне креслення, яке є блок-схемою способу та апарату (рис. 3).

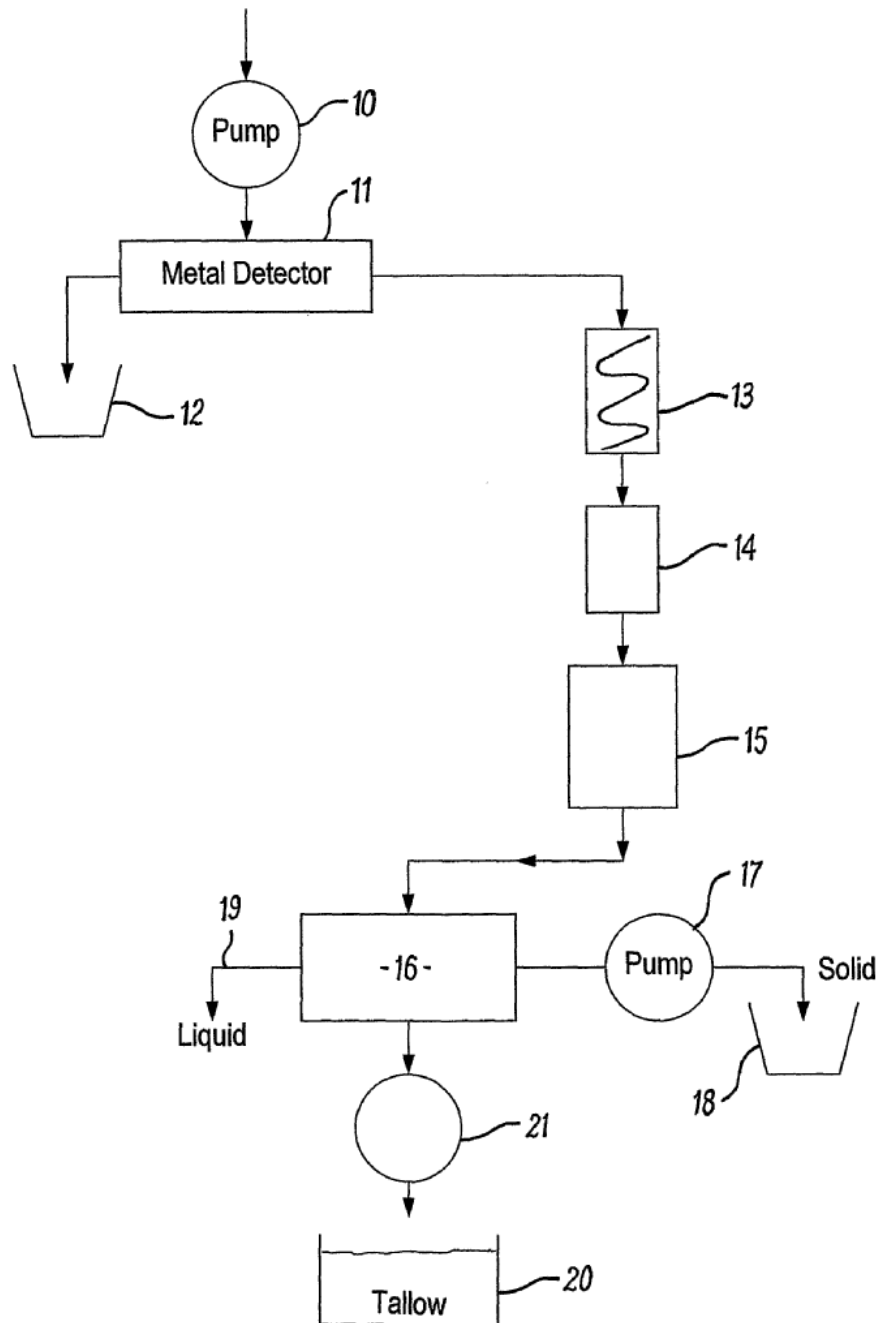


Рис. 3. Схема лінії екстрагування олії з харчових відходів за патентом

US20100029965

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.3.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		29

Сировина подається у вигляді суспензії або пульпи за допомогою насоса 10 на етап попереднього контролю 11, де використовується металошукач для виявлення наявності металевих частин або предметів у матеріалі. Це дозволить виявити сторонні предмети, такі як столові прибори, такі як ножі або виделки, що викидаються разом із залишками їжі з ресторану, наприклад, свинцеві дробини в тушах дичини тощо. Після видалення таких предметів та забрудненого матеріалу, їх розміщення у контейнері для відходів 12, чистий матеріал подається до дезінтегратора 13, де матеріал подрібнюється до однорідної суспензії за допомогою подрібнювача/мацератора. Він складається з одного або кількох зубчастих або канавчастих роторів та статора з переплетеними зубцями або канавками, між якими матеріал продавлюється під тиском насоса. Зуби подрібнювача можуть мати різну форму для роботи з різноманітними матеріалами.

З дезінтегратора 13 розмочений матеріал перекачується через вбудований сталевий котел 14, який нагріває суспензію. Котел використовує гостру пару як нагрівальне середовище. Це має перевагу в тому, що його можна точно контролювати, наприклад, за допомогою центрального комп'ютера керування, який, у свою чергу, реагує відповідно до програми керування, а дані, отримані від датчиків, що визначають такі характеристики, як температура та в'язкість вхідних та вихідних потоків матеріалу, дозволяють постійно підтримувати їх у бажаних межах.

Суспензія, що виходить з вбудованого котла 14, потім подається до вбудованого нагрівача 15, де вона нагрівається шляхом підвищення температури до 80°C та підтримки її протягом 20 хвилин.

Продукт, що виходить з нагрівача 15, потім перекачується до сепаратора 16, який складається з трифазної декантерної центрифуги. Центрифуга призначена для розділення суспензії на тверді речовини, водні відходи та жир.

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.3.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		30

Тверді речовини скидаються за допомогою поршневого насоса 17, який подає їх у сміттєвий контейнер або інший контейнер 18.

Рідкі або водні відходи скидаються самопливом до виходу для стічних вод 19.

Жир перекачується з сепаратора 16 в окремий резервуар-сховище 20 за допомогою відцентрового насоса 21.

Процес здійснюється безперервно, при цьому матеріал, що переробляється, безперервно подається на вхід, а безперервний вихід жиру, твердих і рідких залишків підтримується під час роботи.

«Жир» стосується всіх олійних компонентів, витягнутих з вхідного матеріалу, незалежно від температури плавлення, молекулярної маси, точної структури чи складу. Жир – це суміш усіх олійних компонентів, і це може змінюватися залежно від природи вихідного матеріалу. Він може містити алифатичні та ароматичні олії, мати будь-яке відповідне число атомів вуглецю та варіюватися від високолетких олій з низькою молекулярною масою до воскоподібних олій з високою молекулярною масою.

Як зазначалося, процес здійснюється під керуванням попередньо запрограмованого мікропроцесора. Це включає процедури запуску та зупинки, а також забезпечення моніторингу кожного етапу, зокрема центрифуги сепаратора 16. Процедура запуску доводить апарат до робочої температури та по черзі запускає різні компоненти для перевірки їхньої роботи. Процедура зупинки системи включає послідовність очищення, яка гарантує, що машина буде готова до запуску, коли це необхідно, без участі оператора в очищенні. Обладнання апарату включає промивку та інші очищувальні апарати, які працюють під керуванням цієї послідовності.

Мікропроцесор має водонепроникний сенсорний екран для забезпечення інтерфейсу оператора та відображення інформації про продуктивність операції.

					<i>КРБ.ПОтаЕМ.1.738-03.3.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		31

Оператор, використовуючи інтерфейс введення, що надається сенсорним екраном, може встановлювати різні параметри, такі як точні робочі температури, пропускна здатність, час витримки тощо, а також передбачено можливість реєстрації даних з мікропроцесора.

Апарат побудований на закритій рамі, яка забезпечує кріплення для всіх різних компонентів. Рама має монококову конструкцію та виготовлена зі сталі зі спеціальним покриттям, оснащена ніжками та монтажними кронштейнами для всіх компонентів.

Усі етапи переміщення здійснюються в герметичних трубах, щоб запобігти витоку будь-яких запахів з машини, а остання також повністю захищена від погодних умов і призначена для встановлення на відкритому повітрі на рівній бетонній основі. Розміри апарату аналогічні розмірам транспортного контейнера, наприклад, від 6 до 12 метрів завдовжки, залежно від місткості.

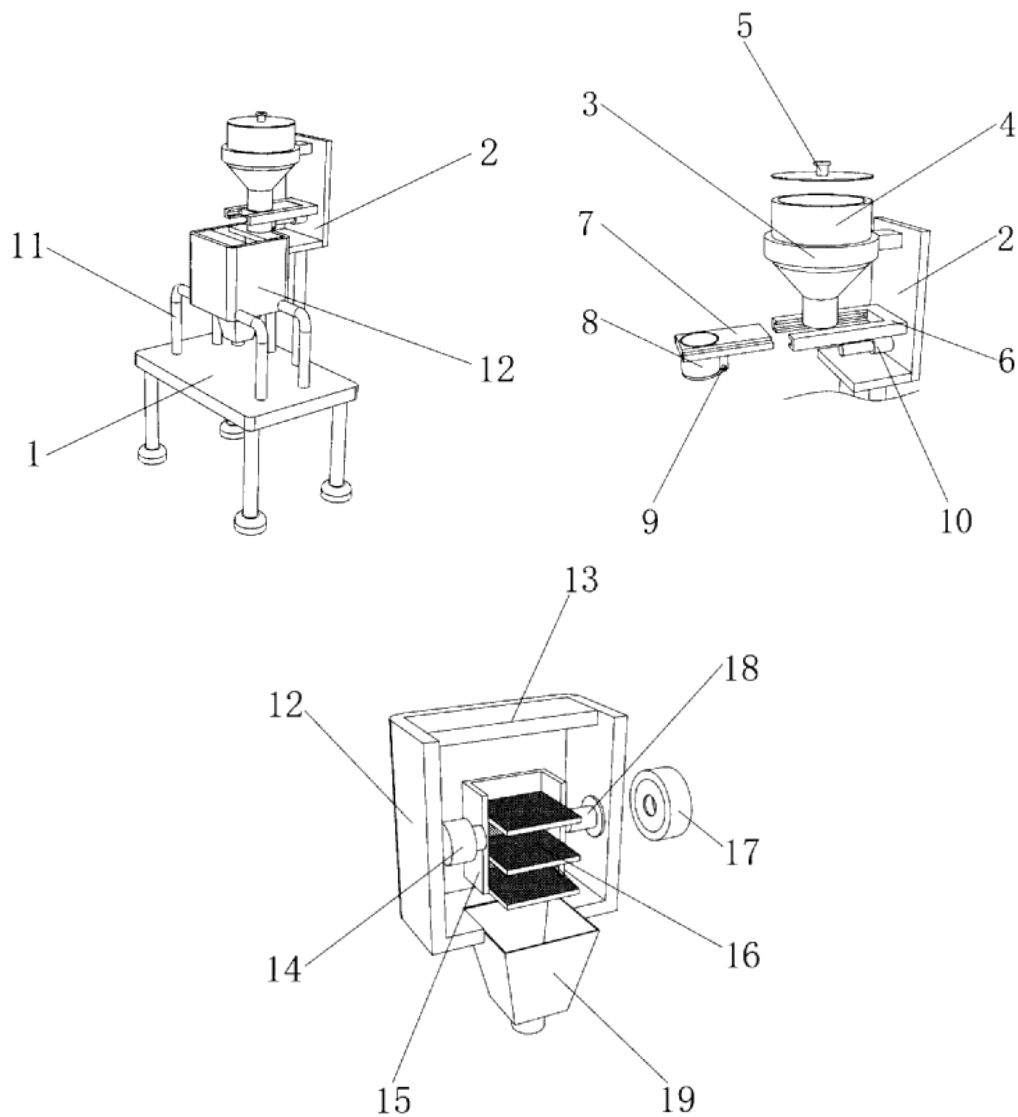
Апарат призначений для постачання у готовому до роботи стані та може бути розміщений там, де виробляються харчові відходи на харчовому заводі, бойні або великомасштабному закладі громадського харчування, такому як кухня установи.

Жир може бути оброблений після збору для отримання корисних продуктів, у тому числі для переробки для використання в якості паливного палива, такого як біодизель або мастила, або як паливо для виробництва електроенергії.

*Патент на корисну модель CN221044761 «Пристрій для екстракції та підйому кавової олії».*

Згідно рисунку 4, корисна модель пропонує наступний варіант виконання [4].

					<i>КРБ.ПотаЕМ.1.738-03.3.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		32



1. Верстак; 2. Кронштейн; 3. Нерухоме кільце; 4. Коробка для зберігання;  
 5. Кришка; 6. Ковзна пластина; 7. Ковзний блок; 8. Дозувальна коробка;  
 9. Нижня пластина; 10. Гідравлічний шток 1; 11. Нерухомий шток;  
 12. Нерухомий короб; 13. Верхня пластина; 14. Гідравлічний шток 2;  
 15. Сітчаста коробка; 16. Сітчаста пластина; 17. Обмежувальне кільце;  
 18. Ковзна колона; 19. Випускний отвір.

Рис. 4. Схема пристрою для екстрагування кавової олії за патентом  
 CN221044761.

Пристрій для екстракції та підйому кавової олії, що включає робочий стіл 1, кронштейн 2 нерухомо з'єднаний з верхньою стінкою робочого столу 1, кріпильне кільце 3 нерухомо з'єднане з бічною стінкою кронштейна 2,

					<i>КРБ.ПОтаЕМ.1.738-03.3.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		33

контейнер для зберігання 4 розташований всередині кріпильного кільця 3, кришка 5 розташована на верхній стінці контейнера для зберігання 4, ковзна пластина 6 нерухомо з'єднана з бічною стінкою кронштейна 2, повзунок 7 ковзно з'єднаний всередині ковзної пластини 6, кількісний контейнер 8 розташований всередині повзунка 7, нижня пластина 9 обертально з'єднана з бічною стінкою кількісного контейнера 8, гідравлічний шток 10 розташований на бічній стінці кронштейна 2, а вихідний кінець гідравлічного штока 10 нерухомо з'єднаний з кількісним контейнером 8. Кавовий порошок у контейнері для зберігання 4 потрапляє всередину кількісного контейнера 8. У цей час гідравлічний шток 10... почав рухати кількісний контейнер 8, тим самим змушуючи повзунок 7 ковзати всередину повзункової пластини 6. Коли повзунок 7 рухається, задня сторона повзунка 7 блокує дно контейнера для зберігання 4, так що кавовий порошок всередині контейнера для зберігання 4 більше не може падати. Коли нижня пластина 9 внизу кількісного контейнера 8 переміщується за верхню пластину 13, вона повертається вниз, щоб висипати кавовий порошок, зібраний у кількісному контейнері 8, всередину просіювального контейнера 15, а потім гідравлічний шток 10 переміщує кількісний контейнер 8 у нульове положення, так що повзунок 7 скинеться, і дно контейнера для зберігання 4 знову витікає, так що внутрішній кавовий порошок продовжуватиме падати всередину кількісного контейнера 8, а потім повторює роботу для досягнення ефекту кількісного вивантаження. Верхня стінка робочого столу 1 нерухомо з'єднана з одним кінцем нерухомого стрижня 11, а інший кінець нерухомого стрижня 11 нерухомо з'єднаний з нерухомою коробкою 12. Верхня стінка нерухомої коробки 12 нерухомо з'єднана з верхньою пластиною 13, а внутрішня стінка нерухомої коробки 12 оснащена гідравлічним стрижнем 2 14, а внутрішня стінка нерухомої коробки 12 нерухомо з'єднана з обмежувальним кільцем 17. Вихідний кінець гідравлічного стрижня 2 14 нерухомо з'єднаний з просіювальною коробкою 15, а всередині просіювальної коробки 15

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.3.2</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.ш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		34

розташовано кілька просіювальних пластин 16. Просіювальна пластина 16 може розпушувати кавовий порошок, що робить його екстракцію зручнішою. Бічна стінка просіювального ящика 15 нерухомо з'єднана з розсувною колоною 18. Розсувна колона 18 ковзно з'єднана всередині обмежувального кільця 17. Гідравлічний шток 2 14 приводить просіювальний ящик 15 у рух під обмеженням розсувної колони 18 для просіювання кавового порошку. Нижня стінка верхньої пластини 13 має випускний отвір 19. Нижня пластина 9 прикріплена до верхньої пластини 13. Принцип роботи: Під час використання пристрою спочатку відкрийте кришку 5, щоб помістити кавовий порошок всередину ящика для зберігання 4, а потім він паде в кількісний ящик 8. У цей час запусить гідравлічний шток 10, щоб привести кількісний ящик 8 у рух, тим самим змушуючи повзунок 7 ковзати всередині розсувної пластини 6. Коли повзунок 7 рухається, задня сторона повзунка 7 блокуватиме дно ящика для зберігання 4, так що кавовий порошок всередині ящика для зберігання 4 більше не зможе падати. Коли нижня пластина 9 у нижній частині кількісного контейнера 8 переміщується за верхню пластину 13, вона повертається вниз, щоб розмістити кількісний контейнер 8. Кавовий порошок, зібраний у контейнері 8, засипається всередину просіювального контейнера 15, а потім гідравлічний шток 10 переміщує кількісний контейнер 8 у нульове положення, так що повзун 7 переміщується, а дно контейнера для зберігання 4 знову протікає, так що кавовий порошок всередині продовжує падати всередину кількісного контейнера 8, і потім робота повторюється для досягнення ефекту кількісного вивантаження. Коли кавовий порошок падає всередину просіювального контейнера 15, гідравлічний шток 2 14 запускає рух просіювального контейнера 15 під обмеженням ковзної колони 18, і кавовий порошок просіюється. Просіяний кавовий порошок розсипається, а потім випадає з випускного отвору 19 і збирається.

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.3.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		35

Патент на корисну модель CN215914165 «Пристрій для екстрагування».

Пристрій складається з трьох основних частин, покладених одна на одну (рис. 5) [5].

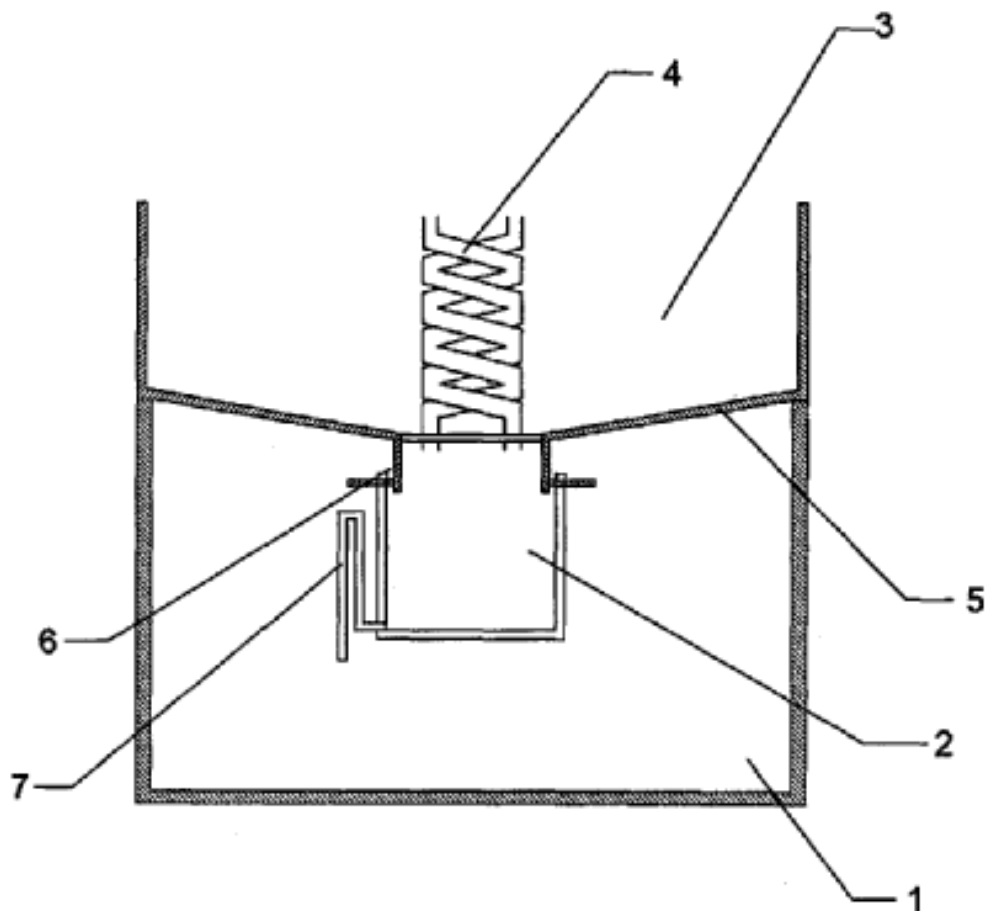


Рис. 5. Схема пристрою для екстрагування за патентом CN215914165.

Дно – це збірна камера, яка має форму банки та містить екстракційний розчинник. Над збірною камерою знаходиться екстракційна камера, а над екстракційною камерою – охолоджувальна камера. Між екстракційною камерою та охолоджувальною камерою встановлено зазор для полегшення надходження пари розчинника в охолоджувальну камеру та потоку конденсованої рідкої речовини в середню екстракційну камеру. Пара розчинника конденсується на дні охолоджувальної камери. Дно охолоджувальної камери має певний нахил для полегшення потоку конденсованої рідкої речовини в екстракційну камеру. Надлишок пари

					КРБ.ПОтаЕМ.1.738-03.3.2	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		36

розчинника повністю контактуватиме з охолоджуючою рідиною в спіральній охолоджувальній вежі охолоджувальної камери для обміну теплом, охолодження перетворюється на рідину та під дією сили тяжіння потраплятиме в екстракційну камеру через наскрізний отвір у середині охолоджувальної камери. Рідкий розчинник контактує з цільовою речовиною в екстракційній камері та розчиняє необхідну речовину. Охолоджений розчинник накопичується в екстракційній камері, а рівень рідини в екстракційній камері та сифоні поступово підвищується. Коли він досягає вершини, рідка речовина з екстракційної камери перетікає в збірну камеру з усіма розчиненими речовинами завдяки феномену сифона. Вищезазначене є одним циклом екстракції, а наступний цикл автоматично входить без виконання будь-яких операцій на пристрої. Кілька циклів можуть покращити якість розчинених екстрагованих речовин у збірній камері.

Порядок роботи з екстрактором. Налийте екстракційний розчинник (воду, спирт тощо) у збірну камеру. Помістіть цільову речовину, яку потрібно екстрагувати, в екстракційну камеру пристрою та встановіть екстракційну камеру під отвором в охолоджувальній камері за допомогою підвісного пристрою. Помістіть пакети з льодом та воду в охолоджувальну камеру в певній пропорції. Розмістіть збірку охолоджувальної камери та екстракційної камери, підвішуючи екстракційну камеру над збірною камерою. Підключіть всю систему до джерела тепла (електричне опалення, газ тощо). Розчинник у збірній камері поглинає тепло та починає кипіти, а кипляча пара розчинника спочатку конденсується на нижній поверхні охолоджувальної камери. Нижня поверхня охолоджувальної камери має нахил у формі воронки, яка з'єднана з екстракційною камерою за допомогою підвісного пристрою, і між нею та верхньою частиною екстракційної камери є певний зазор. Конденсований рідкий розчинник може надходити в екстракційну камеру через зазор. У середині охолоджувальної камери спроектовано наскрізний отвір. Під наскрізним отвором знаходиться

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.3.2</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.ш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		37

екстракційна камера, а над ним – градирня. Пара розчинника, яка не конденсується під охолоджувальною камерою, спочатку потрапляє в наскрізний отвір посередині охолоджувальної камери через зазор між охолоджувальною камерою та екстракційною камерою, а потім потрапляє в охолоджувальну вежу через наскрізний отвір. Пара розчинника додатково охолоджується та конденсується в охолоджувальній вежі. Надлишок пари розчинника потрапляє в охолоджувальну вежу через наскрізний отвір. Мішок з льодом та вода, розміщені в охолоджувальній камері, повністю контактують з парами розчинника в охолоджувальній вежі та обмінюються теплом. Зрештою, пара розчинника конденсується в рідину. Після збагачення конденсованою рідиною розчинника вона потрапляє в екстракційну камеру через наскрізний отвір охолоджувальної камери. Розчинник розчиняє екстрагент у цільовій речовині (теофілін у чаї, кофеїн у каві тощо) в екстракційній камері. Кількість розчинника в екстракційній камері поступово збільшується з часом, і більше екстрагентів може розчинитися, а рівень розчинника в екстракційній камері поступово підвищується. Рівень розчинника в сифоні з одного боку екстракційної камери також відповідно підвищується, і коли він досягає піку, починається сифонний ефект. Завдяки сифонному ефекту розчинник з екстракційної камери перетікає в збірну камеру разом з розчиненим екстрактом. Розчинник у збірній камері продовжує випаровуватися під впливом тепла та конденсується в рідину через охолоджувальну камеру та охолоджувальну вежу, а потім повертається в екстракційну камеру, де продовжує розчиняти екстракт у цільовій речовині та поступово накопичується. Коли рівень накопиченої рідини досягає найвищої точки сифонної трубки, вона перетікає в збірну камеру завдяки сифонному ефекту та переносить екстракт у збірну камеру. Повторення вищезазначеного циклу дозволяє витягти якомога більше екстракту в цільовій речовині для досягнення максимальної ефективності використання. Опис креслень Рисунок 1 – це схематичне зображення поперечного перерізу

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.3.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		38

цього пристрою. Конкретний спосіб реалізації Пристрій, показаний на рисунку 1, – це схематичне зображення поперечного перерізу цього пристрою. Екстракційний розчинник поміщається в колектор 1, а цільова речовина, що підлягає екстракції, – в екстракційну камеру 2. Весь пристрій розміщується на джерелі тепла для нагрівання. Розчинник у колекторі 1 випаровуватиметься під дією тепла, а частина випарованого розчинника конденсуватиметься на нижній поверхні охолоджувальної камери 3. Оскільки нижня поверхня охолоджувальної камери 3 має нахил, конденсована рідина розчинника під дією сили тяжіння тече до середини нижнього похилого напрямку і, зрештою, потрапляє в екстракційну камеру через зазор між охолоджувальною камерою 3 та екстракційною камерою 2. Інша частина неконденсованого розчинника потрапляє в охолоджувальну вежу 4 у газоподібному стані через зазор 6 між охолоджувальною камерою 3 та екстракційною камерою 2 та конденсується в ній. Суміш кубиків льоду, пакетів з льодом та води або інших охолоджуючих рідин попередньо поміщається в охолоджувальну камеру 3. Охолоджуюча рідина контактує з нижньою поверхнею охолоджувальної камери 3 та охолоджувальною вежею 4, охолоджує пару розчинника та конденсує її в рідину. Конденсований розчинник у рідкому стані витікає з градирні 4 та капає в екстракційну камеру 2. У цей час рідкий розчинник екстрагує цільову речовину в екстракційній камері 2 та розчиняє екстраговану речовину. Коли більше рідкого розчинника надходить в екстракційну камеру 2 двома вищезазначеними методами, рівень рідини в екстракційній камері 2 підвищується. Одночасно рівень рідини в сифоні 7 з одного боку екстракційної камери 2 також підвищується. Коли рівень рідини піднімається до верху сифона 7, починається сифонний ефект. Вся рідина стікає в колектор 1 через сифон 7 з розчиненою екстрагованою речовиною. Після кількох циклів охолоджувач в охолоджувальній камері 3 поглинає тепло та поступово втрачає свій конденсаційний ефект. У цей час необхідно замінити

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.3.2</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.ш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		39

новий охолоджувач або замінити мішок з льодом, щоб продовжити екстракцію. Повторення вищезазначеного циклу може екстрагувати всі екстраговані речовини з цільової речовини та досягти максимальної ефективності використання.

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.3.2</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.ш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		40

#### 4. ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ ОБРАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

Розглянуте існуюче обладнання та установки, представлені в патентному пошуку, мають певні переваги у використанні на виробництві. Проте наявний ряд проблем, пов'язаних з не екологічністю процесу за рахунок використання технічних розчинників, високими температурами обробки, що негативно впливають на чутливі до нагрівання компоненти сировини, змушує шукати інші підходи в організації процесу екстрагування.

Традиційне обладнання базується на поверхневому підведенні енергії, в той час як вже давно існують методи об'ємного підведення. До таких здебільшого відноситься мікрохвильове поле, яке здатне проникати вглиб продукту та впливати на його компоненти по всьому об'єму, призводячи до прискорення процесу екстрагування.

Окремим фактором, що має позитивний вплив на протікання процесу, є створення вакууму. За низьких температур екстрагування є можливість зберегти якомога більше корисних та цінних сполук в готовому продукті.

На основі цього пропонується поєднати ці дві умови з метою організації безпечного та ефективного процесу вилучення цільових компонентів з сировини.

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.3.2</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.ш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		41

## **5. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ НА РОЗРОБКУ МІКРОХВИЛЬОВОГО ВАКУУМНОГО ЕКСТРАКТОРА**

### **5.1. Найменування і галузь застосування результатів розробки.**

5.1.1. Найменування: «Конструкція мікрохвильового вакуумного екстрактора».

5.1.2. Галузь застосування:

- харчова промисловість (технології екстрагування олій, харчових концентратів та консервування);
- фармацевтична промисловість (технології екстрагування олій лікарської сировини).

### **5.2. Мета і призначення розробки.**

5.2.1. Мета:

Створення обладнання для виробництва екстрактів олії з рослинної сировини.

5.2.2. Призначення: підвищення якості екстрактів олії з рослинної сировини, а також з відходів виробництв харчової та фармацевтичної галузі.

5.2.3. Технічне завдання не містить відомостей, заборонених до відкриття опублікування.

### **5.3. Основні вузли та системи установки.**

5.3.1. Сировина:

- харчова сировина (харчові відходи);
- лікарські рослини.

5.3.2. Джерела енергії – магнетрони.

5.3.3. Екстрагент: вода, етанол.

5.3.4. Реактор має бути радіопрозорим.

5.3.5. Система подачі сировини та екстрагенту – ручне завантаження.

5.3.6. Системи контролю та реєстрації:

					<i>КРБ.ПОтаЕМ.1.738-03.3.2</i>	Арк.
						42
<i>Змн.</i>	<i>Арк.ш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- витрати початкової сировини, відпрацьованої сировини, екстрагенту та екстракту;
- температури початкової сировини, відпрацьованої сировини, екстрагенту та екстракту;
- рівня заповнення ємності реактора;
- насиченості екстракту;
- потужності магнетронів.

5.3.7. Системи автоматичного управління: робочими циклами апарату (регулювання часу дії мікрохвильового поля).

5.3.8. Системи аварійного відключення апарату:

- при витоку електромагнітної енергії;
- при відсутності мінімально допустимого рівня сировини в реакторі;
- при перевищенні температури сировини.

#### 5.4. Технічні вимоги.

5.4.1. Мікрохвильовий вакуумний екстрактор має забезпечити підвищення якості екстрактів олій, зменшення витрат енергії, скорочення часу процесу та зменшення температури екстрагування.

5.4.2. Робочий цикл: завантаження реакційного об'єму початковою сировиною – подача екстрагенту – підведення мікрохвильової енергії – витримка необхідного проміжку часу – відключення мікрохвильової енергії – виведення відпрацьованої сировини з екстрактом.

5.4.3. Тип установки модульний із вертикальним реактором.

Продуктивність: до 10 кг екстракту на годину.

5.4.4. Електрична потужність установки: 1,1 – 3,3 кВт.

5.4.5. Електрична мережа: 220В, 50 Гц.

5.4.6. Габарити резонаторної камери (циліндрична форма): 900x1400 мм.

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.3.2</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.ш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		43

5.4.7. Габарити реакційного об'єму (циліндрична форма): 800x1000 мм.

5.4.8. Охолодження силової електроніки: автономне, повітряне.

5.4.9. Температура екстракту на виході із установки: не більше 100°C.

5.4.10. Управління режимом роботи: автоматичне.

5.4.11. Оптимізація режиму роботи установки: періодичне (не більше ніж раз за годину) корегування параметрів налаштувань блоків управління магнетронами в залежності від характеристик сировини.

5.4.12. Вимоги щодо техніки безпеки: наявність автоматичної системи аварійного відключення установки при витіканні електромагнітної енергії.

5.4.13. Вимоги щодо обслуговування: доступ до системи із силовою електронікою дозволяється лише виключно підготовленому, висококваліфікованому фахівцю.

					<i>КРБ.ПОтаЕМ.1.738-03.3.2</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.ш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		44

## 6. ОПИС РОЗРОБЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ МІКРОХВИЛЬОВОГО ВАКУУМНОГО ЕКСТРАКТОРА

Розроблена конструкція мікрохвильового вакуумного екстрактора зображена на рисунку 6.

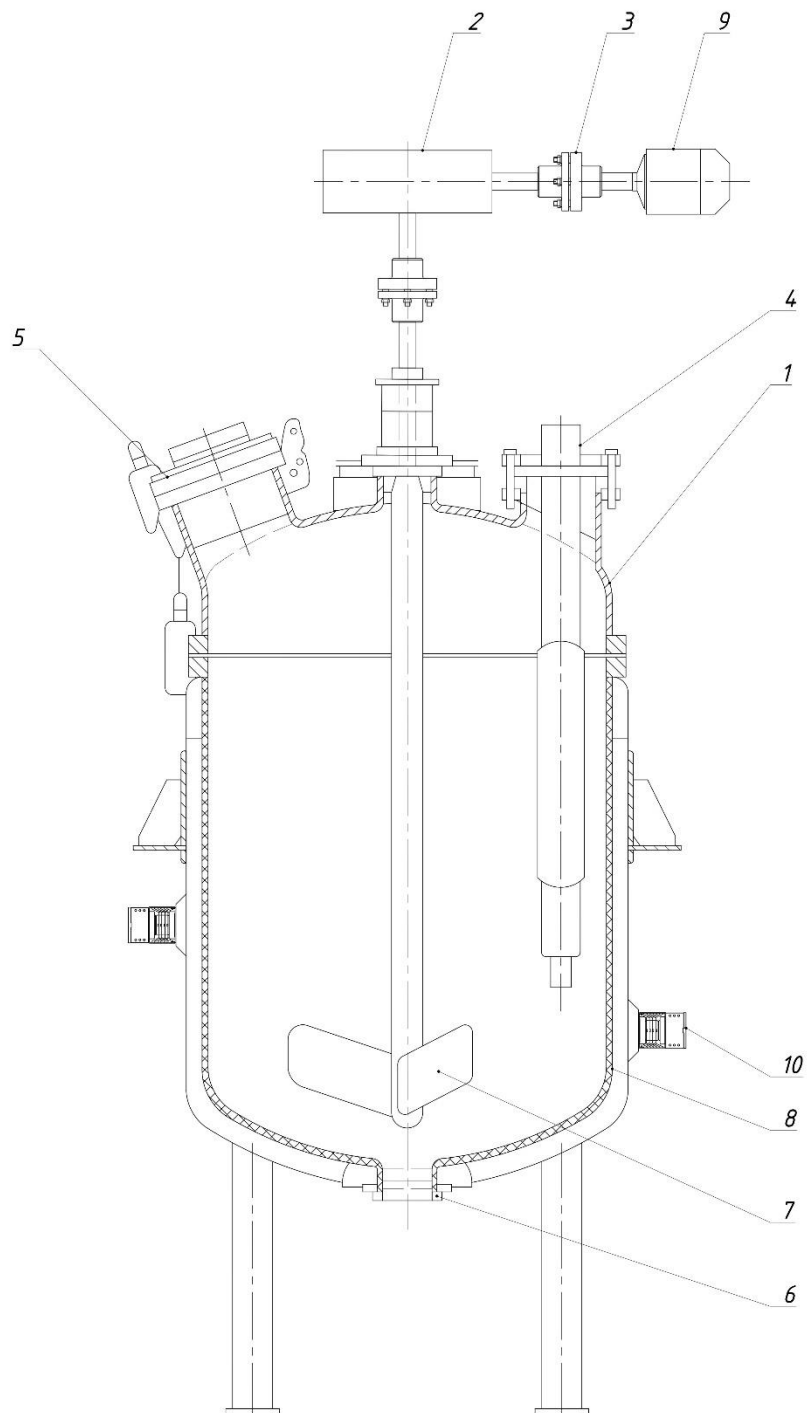


Рис. 7. Схема мікрохвильового вакуумного екстрактора.

					<i>КРБ.ПОтаЕМ.1.738-03.3.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		45

До складу мікрохвильового вакуумного екстрактора входять:

- 1 – ємність екстрактора,
- 2 – черв'ячний редуктор,
- 3 – муфта пружна втулко-пальцева,
- 4 – отвір для подачі екстрагенту,
- 5 – отвір для завантаження сировини,
- 6 – отвір для вивантаження,
- 7 – лопатева мішалка,
- 8 – реакційний об'єм,
- 9 – електродвигун,
- 10 – магнетрон.

Екстрактор працює за наступним алгоритмом. До ємності у конкретній пропорції гідромодуля завантажуються початкова сировина та екстрагент через відповідні отвори. Наступним кроком відбувається вакуумування системи, після чого вмикаються магнетрони та лопатева мішалка. Електромагнітна енергія за рахунок взаємодії з полярними молекулами екстрагенту, що знаходиться всередині рослинної сировини, зумовлює перетворення її у пару, що призводить до розриву капілярів при досягненні необхідного значення різниці тисків в середині сировини і в середовищі екстрактора. Лопатева мішалка в свою чергу забезпечує рівномірне розподілення сировини та екстрагенту в установці. Таким чином відбувається винесення цільових компонентів зсередини сировини до загального об'єму екстрагенту. Після проходження відведеного часу обробки мішалка та магнетрони вимикаються і здійснюється вивантаження екстракту та відпрацьованої сировини.

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.3.2</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.ш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		46

## 7. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК МІКРОХВИЛЬОВОГО ВАКУУМНОГО ЕКСТРАКТОРА

### 7.1. Об'єм екстрактора.

Об'єм ємності екстрактора визначають за формулою:

$$W = \frac{M \cdot \tau_o}{\alpha \cdot \rho} = \frac{10 \cdot 600}{12 \cdot 670} = 0,52 \text{ м}^3 \quad (7.1)$$

де  $M$  – продуктивність екстрактора, кг/год,

$\alpha$  – коефіцієнт заповнення сировиною робочої ємності, або площі поперечного перерізу,

$\rho$  – густина сировини, кг/м<sup>3</sup>; (густина кавового шламу  $\rho_{ш} = 970$  кг/м<sup>3</sup>)

$\tau_o$  – час, за який здійснюється технологічна операція в обладнанні при існуючій технології, с.

### 7.2. Швидкість обробки сировини.

$$v = \pi \cdot D \cdot n = 3,14 \cdot 0,48 \cdot 0,33 = 0,5 \text{ м/с} \quad (7.2)$$

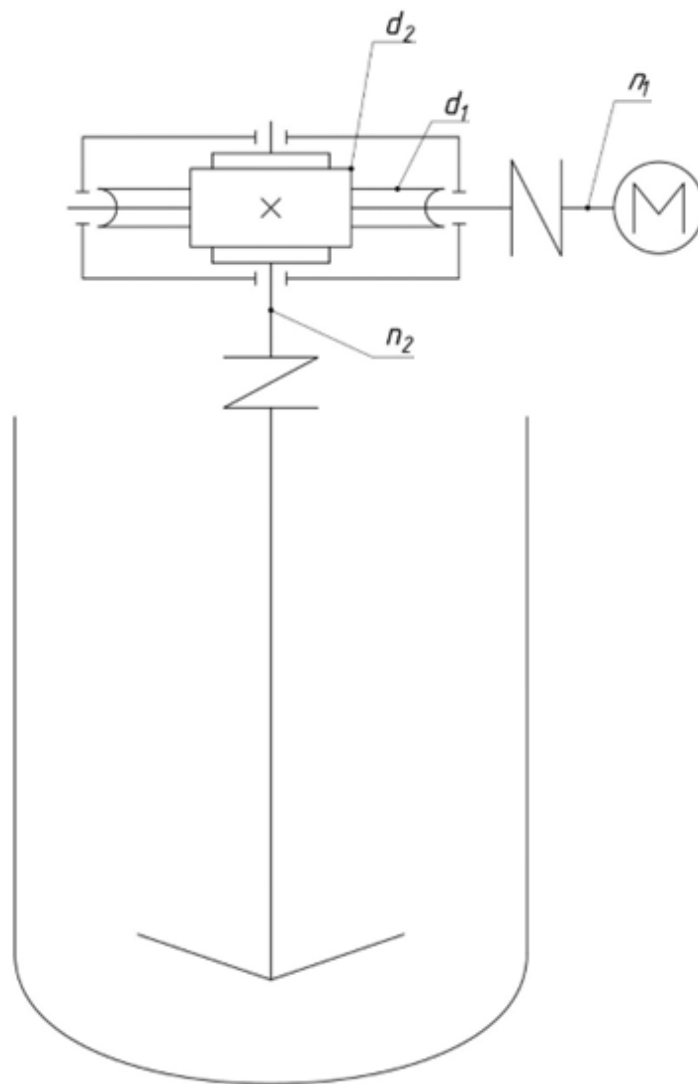
де  $D$  – середній діаметр перемішуючого пристрою, м,

$n$  – число обертів перемішуючого пристрою, с<sup>-1</sup>.

### 7.3. Кінематичний розрахунок.

Побудуємо кінематичну схему привода мішалки мікрохвильового вакуумного екстрактора.

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.3.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		47



**Рис. 8. Кінематична схема приводу мішалки.**

Згідно рисунку 8 видно, що привід мішалки складається з електродвигуна, черв'ячної передачі та двох муфт.

Вихідні дані для розрахунку:

Передаточне число черв'ячного редуктора:  $U = 50$ ,

Частота обертання валу двигуна:  $n_1 = 1000$  об/хв.

Згідно таблиці 3 обираємо наступні величини відповідно до передаточного відношення:

- Число витків черв'яка:  $z_1 = 1$ ,
- Число зубів зубчастого колеса:  $z_2 = 50$ ,
- Коефіцієнт ділильного діаметру черв'яка:  $q = 12,5$ .

					<i>КРБ.ПОтаЕМ.1.738-03.3.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		48

Таблиця 3.

## Параметри рекомендованих черв'ячних передач

$U$	$z_1$	$z_2$	$q$
8	4	32	8
10		40	10
12,5		50	12,5
16	2	32	8
20		40	10
25		50	12,5
31,5	1	32	8
40		40	10
50		50	12,5
63		63	16
80		80	20

З таблиці 4 обираємо модуль залежності від коефіцієнту діаметру черв'яка та числа його завитків:  $m = 1,25$ .

Таблиця 4.

Рекомендовані для використання у редукторах поєднання значень модулів  $m$  в залежності від коефіцієнту діаметру черв'яка  $q$  та числа його завитків  $z_1$

$m$	$q$	$z_1$
2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0 1,25; 1,6 4,0 (6,0) 1,6 (3,0; 3,5; 6,0) 2,0; 2,5 (3,0; 7,0) (1,5)	8,0; 10,0; 12,5 16,0; 20,0 12,5; 16,0; 20,0 9,0 10,0 12,0 14,0	1; 2; 4

1,0 (1,5)	16,0	
1,0 (1,5)	20,0	1; 2; 4

Частота обертання мішалки:

$$U = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow n_2 = \frac{n_1}{U} = \frac{1000}{50} = 20 \text{ об/хв} \quad (7.3)$$

Діаметр черв'яка:

$$d_1 = m \cdot q = 3,15 \cdot 12,5 = 39,38 \text{ мм} \quad (7.4)$$

Округлюємо отримане значення до найбільшого цілого:  $d_1 = 40 \text{ мм}$

Діаметр зубчастого колеса:

$$d_2 = m \cdot z_2 = 3,15 \cdot 50 = 157,5 \text{ мм} \quad (7.5)$$

Округлюємо отримане значення до найбільшого цілого:  $d_2 = 158 \text{ мм}$

Міжосьова відстань:

$$a_w = \frac{d_2 + d_1}{2} = \frac{158 + 40}{2} = 99 \text{ мм} \quad (7.6)$$

#### 7.4. Силовий розрахунок.

Характеристики приводу:

- ККД черв'ячної передачі  $\eta = 0,95$ ,
- ККД муфти пружної втулко-пальцевої  $\eta = 0,985$ .

Розраховуємо потужність електродвигуна для приводу:

$$N_{\text{дв}} = \frac{K \cdot \sum_{k=1}^n \frac{N_{E\Phi i}}{\eta_i}}{\eta} = \frac{2 \cdot \sum_{k=1}^n \frac{0,076}{0,95}}{0,95} = 0,17 \text{ кВт} \quad (7.7)$$

Згідно з отриманим значенням потужності підбираємо двигун 4ААМ63А6, що має наступні параметри [8]:

- Встановлена потужність 0,18 кВт
- Напруга електромережі – 380/660 В
- Частота мережі – 50, 60 Гц
- ККД – 56%

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.3.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		50

- Ступінь захищеності – IP54
- Маса – 6,3 кг
- Частота обертання – 1000 об/хв.

### 7.5. Розрахунок на міцність.

Пружність муфти забезпечується за рахунок гофрованих втулок, здатних деформуватися при передачі муфтою обертового моменту  $T_p$ . МПВП допускає зменшення валів:  $\Delta_0 = (1...5)$ мм,  $\Delta_r = (0,2...0,5)$ мм і  $\Delta\alpha = (0,5...1,0)$ мм°. Однак зміщення  $\Delta_r$  і  $\Delta\alpha$  збільшують спрацювання пружних елементів і нерівномірність розподілу навантаження між пальцями муфти. Крім цього, такі зміщення додатково навантажують вали у радіальному напрямі.

Працездатність МПВП визначається міцністю пальців та гумових втулок. Перевірений розрахунок гумових втулок виконують за умовою обмеження тиску на поверхні їхнього контакту із пальцями, а самих пальців – за умовою міцності на згин.

*Розрахунок муфти, що з'єднує вал редуктора з двигуном.*

Дані для розрахунку обираємо з даного джерела [8].

Навантаження, яке припадає на один палець, розраховуємо за формулою:

$$F_n = \frac{2 \cdot T_p}{D \cdot z} = \frac{2 \cdot 4000}{240 \cdot 10} = 3,3 \text{ Н} \quad (7.8)$$

де  $D$  – діаметр кола розміщення пальців,

$n$  – кількість пальців у муфті (переважно  $z = 4...8$ ).

Умова міцності втулок муфти:

$$P = \frac{F_n}{d_n \cdot d_e} = \frac{3,3}{30 \cdot 320} = 0,00034 \text{ МПа} \leq [P] \quad (7.9)$$

$$0,00034 \text{ МПа} \leq 2 \text{ МПа}$$

Умова міцності на згин пальців:

$$\sigma = \frac{M}{W_o} = \frac{32 \cdot F_n \cdot (0,5 \cdot l_g + c)}{\pi \cdot d_n^3} = \frac{32 \cdot 3,3 \cdot (0,5 \cdot 170 + 10)}{3,14 \cdot 30^3} = 0,12 \text{ МПа} \leq [\sigma] \quad (7.10)$$

$$0,12 \leq 60 \text{ МПа}$$

У формулах (7.9 та 7.10):

$d_n$  – діаметр пальця;

$l_g$  – довжина втулки;

$c$  – осьовий зазор між півмуфтами.

Допустимий тиск на ущільнюючу гуму беруть  $[p] = (2,0 \dots 2,5) \text{ МПа}$ , а допустиме напруження згину для пальців  $[\sigma] = (60 \dots 70) \text{ МПа}$ .

Якщо муфта пружна втулково - пальцева працює в умовах радіального зміщення валів, то виникає додаткове радіальне навантаження. Усереднене значення цього навантаження можна визначити за співвідношенням:

$$F_m = \frac{(0,5 \dots 0,6) \cdot T_p}{D} = \frac{0,6 \cdot 4000}{240} = 10 \text{ Н} \quad (7.11)$$

Робота муфти пружно втулко-пальцевої супроводжується втратами енергії, які можна оцінити ККД = 0,96...0,98.

*Розрахунок муфти, що з'єднує вал редуктора з мішалкою.*

Навантаження, яке припадає на один палець, розраховуємо за формулою:

$$F_n = \frac{2 \cdot 8000}{300 \cdot 10} = 5,3 \text{ Н}$$

Умова міцності втулок муфти:

$$P = \frac{F_n}{d_n \cdot d_g} = \frac{5,3}{38 \cdot 400} = 0,0007 \text{ МПа} \leq [P]$$

$$0,0007 \text{ МПа} \leq 2 \text{ МПа}$$

Умова міцності на згин пальців:

					<i>КРБ.ПомдЕМ.1.738-03.3.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		52

$$\sigma = \frac{32 \cdot 5,3 \cdot (0,5 \cdot 210 + 12)}{3,14 \cdot 38^3} = 0,11 \text{ МПа} \leq [\sigma]$$

$$0,11 \leq 60 \text{ МПа}$$

Визначаємо усереднене значення радіального навантаження за співвідношенням:

$$F_m = \frac{(0,5 \dots 0,6) \cdot 8000}{300} = 13,3 \dots 16 = 15 \text{ Н}$$

					<i>КРБ.ПОтаЕМ.1.738-03.3.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		53

## 8. ІНСТРУКЦІЯ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ РОБОТІ З МІКРОХВИЛЬОВИМ ВАКУУМНИМ ЕКСТРАКТОРОМ

При роботі з мікрохвильовим вакуумним екстрактором необхідно дотримуватись правил техніки безпеки, щоб запобігти травмам і пошкодженням обладнання. Важливо використовувати пристрій лише за призначенням, дотримуватись правил експлуатації та не нехтувати засобами індивідуального захисту.

### Основні правила техніки безпеки:

#### *1. Підготовка до роботи:*

- Ознайомтеся з інструкцією з експлуатації екстрактора.
- Переконайтеся, що робоче місце сухе, чисте та добре освітлене.
- Перевірте справність обладнання, відсутність пошкоджень кабелів та інших елементів.
- Надягніть необхідні засоби індивідуального захисту (ЗІЗ): захисні окуляри, рукавички, при необхідності респіратор.
- Переконайтеся, що у зоні роботи відсутні сторонні особи.

#### *2. У процесі роботи:*

- Не використовуйте екстрактор із пошкодженою ізоляцією або несправними елементами.
- Не перевантажуйте екстрактор, дотримуйтеся рекомендацій щодо обсягу завантаження.
- Не залишайте працюючий екстрактор без нагляду.
- Не допускайте потрапляння вологи до електричних частин приладу.
- Не використовуйте екстрактор для нагрівання речовин, не призначених для цього.
- Не торкайтеся гарячих частин приладу під час роботи.
- Обережно виймайте зразки з екстрактора після завершення процесу, використовуючи відповідні інструменти.

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.3.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		54

### *3. Після закінчення роботи:*

- Вимкніть екстрактор від електроживлення.
- Дайте охолودити приладу перед очищенням.
- Очистіть екстрактор від залишків зразків та забруднень.
- Приберіть екстрактор у призначене для зберігання місце.
- Повідомте про виявлені несправності посібнику.

### *Дії в аварійних ситуаціях:*

- При загорянні негайно відключіть екстрактор від електроживлення та вживіть заходів з гасіння пожежі (якщо це безпечно).
- У разі ураження електричним струмом негайно вимкніть живлення та надайте першу допомогу, якщо це необхідно.
- За будь-яких нештатних ситуацій негайно повідомте керівництво.

### *Додаткові рекомендації:*

- Не допускайте дітей або не підготовлених до роботи з екстрактором.
- Не використовуйте екстрактор у приміщеннях з підвищеною вологістю або вибухонебезпечною атмосферою.
- Дотримуйтесь правил зберігання екстрактора, щоб уникнути його пошкодження.

					<i>КРБ.ПОтаЕМ.1.738-03.3.2</i>	Арк.
						55
<i>Змн.</i>	<i>Арк.ш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Електронний ресурс: <https://ennifoods.com> (Дата звернення: 15.02.2025 р.).
2. Електронний ресурс:  
[https://studme.org/263405/tovarovedenie/oborudovanie\\_polucheniya\\_rastitelno\\_go\\_masla\\_metodom\\_ekstraktsii](https://studme.org/263405/tovarovedenie/oborudovanie_polucheniya_rastitelno_go_masla_metodom_ekstraktsii) (Дата звернення: 15.02.2025 р.).
3. Патент на винахід US20100029965 «Екстрагування олії з харчових відходів»  
[https://patentscope.wipo.int/search/ru/detail.jsf?docId=US43538108&\\_cid=P22-MC26D4-18174-1](https://patentscope.wipo.int/search/ru/detail.jsf?docId=US43538108&_cid=P22-MC26D4-18174-1)
4. Патент на корисну модель CN221044761 «Пристрій для екстракції та підйому кавової олії»  
[https://patentscope.wipo.int/search/ru/detail.jsf?docId=CN431105492&\\_cid=P22-MC7K7H-94039-1](https://patentscope.wipo.int/search/ru/detail.jsf?docId=CN431105492&_cid=P22-MC7K7H-94039-1)
5. Патент на корисну модель CN215914165 «Пристрій для екстрагування»  
[https://patentscope.wipo.int/search/ru/detail.jsf?docId=CN353528163&\\_cid=P22-MC7K7H-94039-1](https://patentscope.wipo.int/search/ru/detail.jsf?docId=CN353528163&_cid=P22-MC7K7H-94039-1)
6. Електронний ресурс:  
<https://all-electro.com.ua/ua/p112337034-elektrovdigatel-4aam63a6-018.html>  
(Дата звернення: 22.03.2025 р.).  
Електронний ресурс:
7. [https://reduktorntc-k.com.ua/produkt/mufti/mufta\\_uprugaya.shtm](https://reduktorntc-k.com.ua/produkt/mufti/mufta_uprugaya.shtm)  
(Дата звернення: 27.03.2025 р.).

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.3.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		56