

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 конструкції шнекового мікрохвильового екстрактора. Для
ПрАТ «ЄННІ ФУДЗ»
(назва кваліфікаційної роботи згідно наказу ОНТУ)

Здобувача: Максимчук В.С.

Курсу II групи ГМск-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

Максимчука Валерія Сергійовича

1. Тема роботи: Розробка конструкції шнекового мікрохвильового екстрактора. 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 20 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 загального виду шнекового мікрохвильового екстрактора – 2 аркуші А1, креслення складальних одиниць: рама – 2 аркуші А1, модуль шнекового мікрохвильового екстрактора – 1 аркуш А1, деталювання – 1 аркуш А1, специфікація на загальний вид – 1 аркуш А4, специфікації на складальні одиниці: модуль шнекового мікрохвильового екстрактора – 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 _____ Максимчук В.С.

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 _____ Максимчук В.С.

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: Максимчук В.С. _____

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота на тему: «Розробка конструкції шнекового мікрохвильового екстрактора. Для ПрАТ «ЄННІ ФУДЗ» містить 54 сторінки машинописного тексту, рисунків – 12, формул – 12, використаних джерел – 9, листів специфікацій – 2.

Мета даної роботи полягає у розробці шнекового мікрохвильового екстрактора. Головна ідея розробки полягає в підвищенні ресурсо- та енергоефективності процесу екстрагування цільових компонентів з харчової сировини шляхом залучення мікрохвильових технологій.

Об'єкт досліджень – шнековий мікрохвильовий екстрактор.

Ключові слова: *мікрохвильовий екстрактор, шнековий транспортер, тепломасоперенесення, рослинна сировина.*

					<i>КРБ.ПОтаЕМ.1.738-03.4.2</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Максимчук В.С.</i>			<i>Шнековий МХ екстрактор</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>		<i>Терзієв С.Г.</i>					4	54
<i>Рецензія</i>						<i>ОНТУ</i>		
<i>Зав. каф.</i>		<i>Бурдо О.Г.</i>						
<i>Затвердив</i>								

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЕКСТРАГУВАННЯ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ ТА ЙОГО ОСОБЛИВОСТІ	8
1.1. Класична технологія процесу екстрагування.....	8
1.2. Типи екстрагування в харчовій промисловості.	9
1.3. Вимоги до сировини, екстрагенту і тари.	10
2. КРИТИЧНИЙ ОГЛЯД ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	14
2.1. Перколяція.	14
2.3. Циркуляційне екстрагування.	15
2.4. Безперервне протиточне екстрагування з перемішування сировини та екстрагента.	17
2.5. Екстрагування сировини на роторно-пульсаційному апараті (РПА).	21
2.6. Екстрагування із застосуванням ультразвуку.	23
2.7. Екстрагування за допомогою електричних розрядів.	24
2.8. Екстрагування з використанням електроплазмолізу та електродіалізу.	25
2.9. Екстрагування зрідженими газами.	27
3. ОГЛЯД ПАТЕНТНИХ МАТЕРІАЛІВ	29
4. ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ ОБРАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ.....	42
5. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ НА РОЗРОБКУ ШНЕКОВОГО МІКРОХВИЛЬОВОГО ЕКСТРАКТОРА	43
5.1. Найменування і галузь застосування результатів розробки.....	43

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		5

5.2. Мета і призначення розробки.	43
5.3. Основні вузли та системи установки.	43
5.4. Технічні вимоги.....	44
6. ОПИС РОЗРОБЛЕНОЇ УСТАНОВКИ.....	46
7. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ШНЕКОВОГО МІКРОХВИЛЬОВОГО ЕКСТРАКТОРА	48
7.1. Розрахунок частоти обертів конвеєра.....	48
7.2. Розрахунок потужності приводу конвеєра.....	48
7.3. Розрахунок шнеку.....	49
7.4. Розрахунок діаметрів штуцерів та трубопроводів для матеріальних потоків.....	50
8. ІНСТРУКЦІЯ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ РОБОТІ ЗІ ШНЕКОВИМ МІКРОХВИЛЬОВИМ ЕКСТРАКТОРОМ.....	51
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	53

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.4.2</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.ш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		6

ВСТУП

Процеси екстрагування займають серйозну нішу не лише в харчовій промисловості, а й в таких галузях як хімічна, мікробіологічна, фармацевтична тощо. В зв'язку із цим, існує безліч варіацій щодо способів організації даного процесу і, відповідно, різноманіття конструкцій також є досить обширним. Проте незважаючи на давність цього процесу та широку популярність у використанні, кожен метод має певний ряд недоліків, усунення яких є важливим питанням у науковому середовищі.

Традиційні технології екстрагування не мають змогу забезпечити максимальне вилучення цільових компонентів з сировини, досить часто при цьому завдаючи шкоду кінцевому продукту через довготривале термічне навантаження. До того ж більшість з них обмежені періодичним режимом роботи, що в умовах виробництва є суттєвою проблемою. Це спонукає до пошуку нових шляхів в організації процесу екстрагування і зазвичай вони полягають у використанні нових джерел енергії.

Серед таких джерел активно використовується мікрохвильове випромінювання. Можливість енергії такого роду дозволяє підводити енергію вглиб сировини, що значно прискорює процес вилучення екстрактивних речовин. Однак головною передумовою успішного використання електромагнітного поля при вирішенні проблем екстрагування є наявність полярних молекул в сировині, з якими безпосередньо і взаємодіє мікрохвильове поле.

Таким чином, в роботі пропонується реалізувати процес екстрагування рухомого шару сировини в електромагнітному полі. Рух матеріалу буде здійснюватися шнековим транспортером, виготовленим, в свою чергу, з радіопрозорого матеріалу, оскільки в протилежному випадку він буде схильним до значного перегрівання.

					<i>КРБ.ПотаЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
						7
<i>Змн.</i>	<i>Арк.ш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1. ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЕКСТРАГУВАННЯ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ ТА ЙОГО ОСОБЛИВОСТІ

Екстрагування в харчовій промисловості – це процес вилучення цінних компонентів (наприклад, олій, ароматизаторів, барвників) із харчової сировини за допомогою розчинника. Цей процес заснований на різниці концентрацій речовин у вихідному матеріалі та використовуваному розчиннику.

Процес екстрагування відноситься до масообмінних процесів і протікає за рахунок дифузії із зони з високою концентрацією. Це зазвичай клітини тваринного або рослинного матеріалу, що містять біологічно активні речовини. Екстрагування засноване на дифузії біологічно активних речовин з внутрішніх структур частинок матеріалу екстрагент і закінчується при досягненні рівноважних концентрацій. У рівноважному стані з матеріалу екстрагент переходить таку ж кількість молекул, як і з екстрагента в матеріал, тобто. концентрація залишається незмінною. При цьому зазвичай у матеріалі концентрація вища, ніж у екстрагенті [1].

1.1. Класична технологія процесу екстрагування.

Традиційно, процес екстрагування включає в себе наступні стадії:

1. Підготовка сировини.
2. Вибір екстрагента.
3. Процес екстракції.
4. Поділ фаз.
5. Очищення та концентрування.

Підготовка сировини полягає у подрібненні, висушуванні або інших операціях, спрямованих збільшення поверхні контакту з екстрагентом.

При виборі розчинника слід приділяти увагу тому, який селективно витягуватиме необхідні компоненти і не буде при цьому поєднуватись з початковим матеріалом.

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
						8
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

Власне процес екстрагування здійснюється в результаті змішування сировини з екстрагентом, при якому цільові речовини переходять у розчинник.

Після досягнення рівноважної концентрації відбувається відділення екстрагента, що містить цільові речовини від залишків сировини.

Остаточним кроком в отриманні готового екстракту є видалення розчинника, очищення екстракту від домішок та, при необхідності, концентрування для отримання продукту з потрібною концентрацією.

1.2. Типи екстрагування в харчовій промисловості.

Традиційно до типів екстрагування відносяться:

- екстрагування в системі «рідина-рідина»;
- екстрагування в системі «тверде тіло-рідина».

Екстрагування в системі «рідина-рідина» – це процес, при якому цільові компоненти з однієї рідкої фази переносяться в іншу рідку фазу, що не змішується, звану екстрагентом, для їх відділення. Це відбувається завдяки різниці у розчинності компонентів у цих двох фазах. Процес широко застосовується в хімічній технології та аналітичній хімії для поділу, очищення та концентрування речовин.

Переваги типу:

- дозволяє витягти конкретні речовини із суміші, ігноруючи інші, які роблять її корисною для очищення та розділення.
- добре підходить для вилучення цільових компонентів із суміші, де інші методи розділення можуть бути неефективними.
- можна проводити при низьких температурах, що дозволяє зберегти активність речовин, чутливих до нагрівання.
- зазвичай розчинник можна регенерувати і використовувати повторно, що вимагає витрат і кількості відходів.

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
						9
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

Недоліки:

- у деяких випадках, при змішуванні двох рідин, може утворюватися емульсія, яку важко розділити.
- для ефективної екстракції може знадобитися значна кількість розчинників, що збільшує витрати і кількість відходів.
- неправильний вибір розчинника або умови екстракції можуть призвести до забруднення цільної речовини.
- використовуваний розчинник може бути небезпечним відходом і вимагати спеціальної утилізації.
- перехід від лабораторного масштабу до промислового може бути складним і потребувати значних інвестицій в обладнання.

Екстрагування в системі «тверде тіло-рідина», також відоме як твердо-рідинна екстракція, це процес вилучення одного або декількох компонентів з твердого матеріалу шляхом їх розчинення в рідкому розчиннику. Цей процес заснований на різниці у розчинності компонентів твердої речовини у вибраній рідині.

Переваги типу:

- Можливість виділення цільових компонентів із складних сумішей,
- Відносна простота процесу,
- Широкий спектр застосувань у різних галузях.

Недоліки

- Може знадобитися велика кількість розчинника
- Не завжди можливе вилучення цільового компонента
- Необхідність утилізації розчинника або його регенерації.

1.3. Вимоги до сировини, екстрагенту і тари.

При екстрагуванні сировини необхідно враховувати низку вимог, спрямованих на максимальне вилучення цільових речовин та забезпечення

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		10

якості кінцевого продукту. Основні вимоги стосуються якості та підготовки сировини, а також відповідності екстрагента.

Вимоги до сировини

Якість. Сировина має бути свіжою, здоровою, не містити цвілі, гнилі та інших дефектів. Вологість сировини має бути оптимальною для конкретного методу екстракції. Наприклад, для мацерації, яка передбачає замочування, сировина має бути сухою, щоб уникнути розкладання.

Підготовка. Сировина має бути подрібнена до певного розміру частинок, щоб забезпечити максимальну площу контакту з екстрагентом. Розмір частинок залежить від типу речовини, що екстрагується, і методу екстракції.

Вид сировини. Різні види сировини потребують різного підходу до екстракції. Наприклад, для вилучення ефірних олій з рослин часто використовують парову дистиляцію, а для вилучення алкалоїдів з коренів - мацерацію з подальшою екстракцією в органічному розчиннику.

Вміст цільових речовин. Сировина має містити достатню кількість цільових речовин для ефективної екстракції. Необхідно враховувати біологічний цикл рослини, час збирання, умови зберігання та інші фактори, що впливають на концентрацію цільових речовин.

Відсутність сторонніх домішок. Сировина має бути очищена від сторонніх домішок, які можуть заважати процесу екстракції або погіршувати якість кінцевого продукту.

Вимоги до екстрагенту

Селективність. Екстрагент повинен вибірково розчиняти цільові речовини, мінімізуючи розчинення небажаних домішок.

Безпека. Екстрагент повинен бути малотоксичним, щоб не становити небезпеки для здоров'я людини при роботі з ним та в кінцевому продукті.

Хімічна інертність. Екстрагент не повинен вступати в хімічні реакції з речовинами, що екстрагуються, або іншими компонентами сировини.

					<i>КРБ.ПотаЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		11

Легка регенерація. Екстрагент повинен легко відокремлюватися від екстракту та рафінату для повторного використання. Це особливо важливо при використанні дорогих чи дефіцитних розчинників.

Низька температура кипіння. Це дозволяє легше відокремлювати екстрагент від цільових речовин при упарюванні або інших методах поділу.

Хороша змочуваність. Екстрагент повинен добре змочувати сировину, забезпечуючи проникнення в пори та клітини рослинного матеріалу.

Загалом успішна екстракція вимагає ретельного підбору та підготовки сировини, а також правильного вибору екстрагента, що відповідає поставленому завданню.

Вимоги до тари

При екстрагуванні до тари висувають вимоги, що забезпечують ефективність та безпеку процесу. Тара повинна бути герметичною, міцною, хімічно інертною до екстрагенту і речовини, що витягується, а також мати достатню місткість.

Герметичність. Неприпустимі протікання або випаровування екстрагента або видобутої речовини.

Міцність та цілісність. Тара повинна витримувати механічні навантаження при змішуванні, транспортуванні та переливанні рідин, а також не повинна мати пошкоджень, які могли б вплинути на герметичність або безпеку.

Хімічна інертність. Тара не повинна вступати в реакцію з екстрагентом або речовиною, що видобувається, щоб не забруднювати екстракт і не впливати на процес.

Зручність у використанні. Тара повинна бути зручною для заповнення, перемішування, зливу екстракту та рафінату, а також для можливої регенерації екстрагента.

Місткість. Тара повинна мати достатній обсяг для розміщення вихідної суміші та екстрагента, а також для відділення екстракту та рафінату.

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		12

Відповідність виду екстракції. Для різних видів екстракції (рідина-рідина, тверде тіло-рідина) можуть бути потрібні різні типи тари, наприклад, ділильні воронки для екстракції рідина-рідина або екстрактори/перколятори для безперервної екстракції.

Додатково, для рідинної екстракції важливо, щоб тара забезпечувала хороший поділ фаз і запобігала потраплянню екстрагента до рафінату або навпаки.

					<i>КРБ.ПотаЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.ш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		13

2. КРИТИЧНИЙ ОГЛЯД ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

У виробництві густих та сухих екстрактів для отримання витягів із сировини використовують різні способи:

- ремацерацію та її варіанти;
- перколяцію;
- реперколяцію;
- циркуляційне екстрагування;
- протиточне екстрагування в батареї перколяторів із циркуляційним перемішуванням;
- безперервне протиточне екстрагування з переміщенням сировини та екстрагента;

а також інші методи, що включають подрібнення сировини у середовищі екстрагента; вихрову екстракцію; екстракцію з використанням електромагнітних коливань, ультразвуку, електричних розрядів, електроплазмолізу, електродіалізу та ін. [2].

2.1. Перколяція.

Процес перколяції на стадіях намочування та настоювання здійснюється так само, як і при отриманні настоянок та рідких екстрактів. Власне перколяцію ведуть з тією ж швидкістю до виснаження сировини без поділу на первинні і вторинні вилучення, так як потім усі отримані вилучення згущують або висушують.

2.2. Реперколяція.

Реперколяція має перевагу перед перколяцією та ремацерацією в тому, що витрачається менша кількість свіжого екстрагенту та витяжки виходять більш концентрованими. З варіантів реперколяції частіше застосовують протиточне екстрагування батареї перколяторів (з 3-х і більше) (рис. 1).

					<i>КРБ.ПотаЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		14

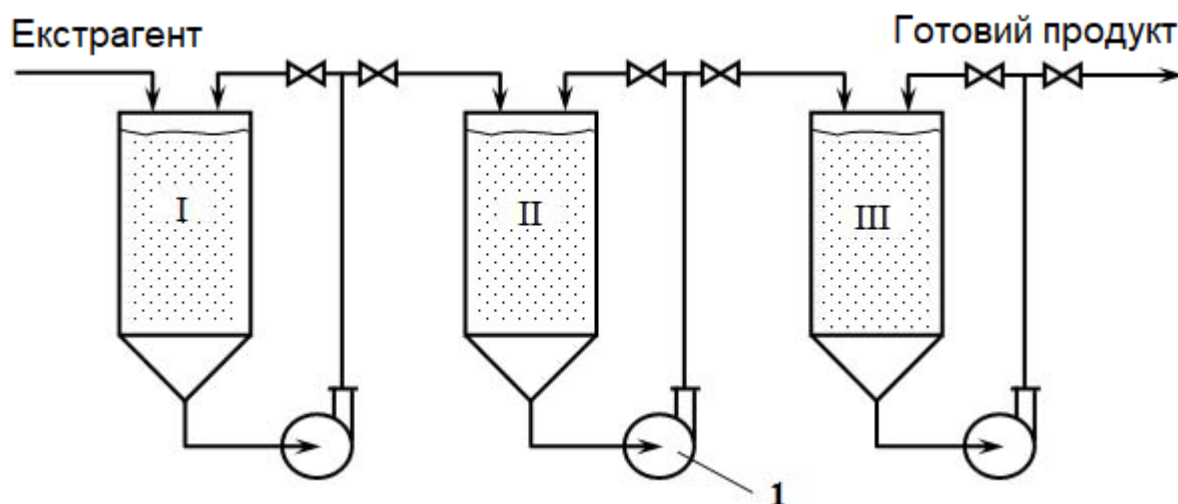


Рис. 1. Схема реперколяції в батареї перколяторів із циркуляційним перемішуванням

Екстрагент, що потрапляє до першого (хвостового) перколятора, проходить послідовно через всю батарею і зливається у вигляді насиченої витяжки з останнього (головного) перколятора. У кожному перколяторі підтримується значна різниця концентрацій. Скоротити час екстрагування в батареї дозволяє використання циркуляційного перемішування в кожному перколяторі в процесі настоювання за допомогою відцентрового насоса (1) (рис. 1) у міру виснаження сировини в першому перколяторі хвостовим стає другий перколятор (тобто в нього будуть подавати свіжий екстрагент), а головним - вантаж або свіже.

Метод дозволяє максимально виснажити сировину у кожному перколяторі, скоротити час екстрагування до мінімуму, т.к. при циркуляції екстрагента досягнення рівноважної концентрації відбувається швидше.

2.3. Циркуляційне екстрагування.

Спосіб заснований на циркуляції екстрагента. Екстракційна установка працює безперервно та автоматично за принципом апарату Сокслета (рис. 2). Вона складається з комунікованих між собою перегінного куба (1), екстрактора (2), холодильника-конденсатора (3), збірника конденсату (4).

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		15

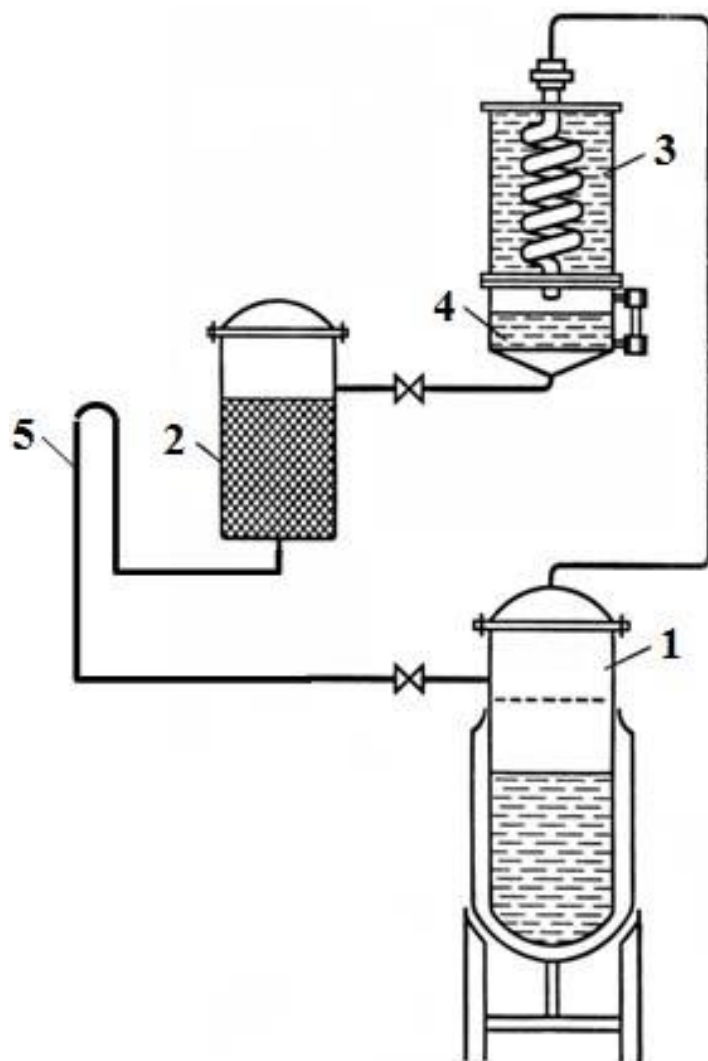


Рис. 2. Схема циркуляційного апарату типу Сокслета

Сутність методу полягає у багаторазовому екстрагуванні матеріалу чистим екстрагентом. Як екстрагент використовують леткі органічні розчинники, що мають низьку температуру кипіння – ефір, хлороформ, метилен хлористий або їх суміші. Етиловий спирт (навіть 96%) цих цілей не придатний, так як він адсорбуватиме вологу, що міститься в сировині і змінюватиме свою концентрацію, що призведе до зміни температури кипіння та екстрагуючої здатності. Сировину завантажують екстрактор (2) і заливають екстрагентом трохи нижче петлі сифонної трубки (5). Одночасно куб (1) заливають невелику кількість екстрагента. Після закінчення наполягання зі збірки спускають в екстрактор стільки екстрагента, щоб витяжка досягла верхнього рівня петлі сифона і почала переливатися куб.

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		16

потім куб починають обігрівати. Пари екстрагента, що утворюються, піднімаються в конденсатор (яким служить змійниковий теплообмінник), а з нього в збірник. Далі екстрагент надходить на сировину. Насичена витяжка знову надходить у куб. Циркуляція екстрагента проводиться багаторазово до виснаження сировини. Отриману витяжку концентрують відгін екстрагента в приймач. У кубі залишається концентрований розчин екстрактивних речовин.

2.4. Безперервне протиточне екстрагування з перемішування сировини та екстрагента.

Рослинний матеріал за допомогою транспортних пристроїв: шнеків, ковшів, дисків, стрічок, скребків або пружинно-лопатевих механізмів переміщується назустріч екстрагенту, що рухається. Сировина, що безперервно надходить в екстракційний апарат, рухається протитечею до екстрагенту. При цьому свіжа сировина контактує з вихідним насиченим екстрактивними речовинами екстрагентом, який ще більш насичується, т.к. у сировині концентрація ще вища. Виснажена сировина екстрагується свіжим екстрагентом, який ще повніше витягує екстрактивні речовини, що залишилися. З погляду теорії екстрагування цей спосіб найефективніший, т.к. у кожний момент процесу та в будь-якому поперечному перерізі по довжині (або висоті) апарату має місце різниця концентрацій БАВ у сировині та екстрагенті, що дозволяє з найбільшим виходом та найменшими витратами проводити процес. Крім того, безперервні процеси піддаються автоматизації, що дозволяє виключити трудомісткі роботи із завантаження та вивантаження сировини з перколяторів.

Екстрагування проводиться в екстракторах різної конструкції: шнековому горизонтальному, шнековому вертикальному, дисковому, пружинно-лопатевому та ін.

Шнековий горизонтальний екстрактор (рис. 3) має завантажувальний бункер (1), який подається подрібнений рослинний матеріал. Далі матеріал

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		17

рухається за допомогою шнека (2), виконаного з листового перфорованого кислотійкого матеріалу, протилежного кінця корпусу, де за допомогою похилого шнека (3) звільняється від екстрагенту і вивантажується. Назустріч сировині через патрубок (4) подається екстрагент, який рухається через отвори перфорації та зазори корпусу шнека до патрубку (5). Ступінь виснаження сировини регулюється швидкістю подачі екстрагенту та сировини, довжиною корпусу екстрактора.

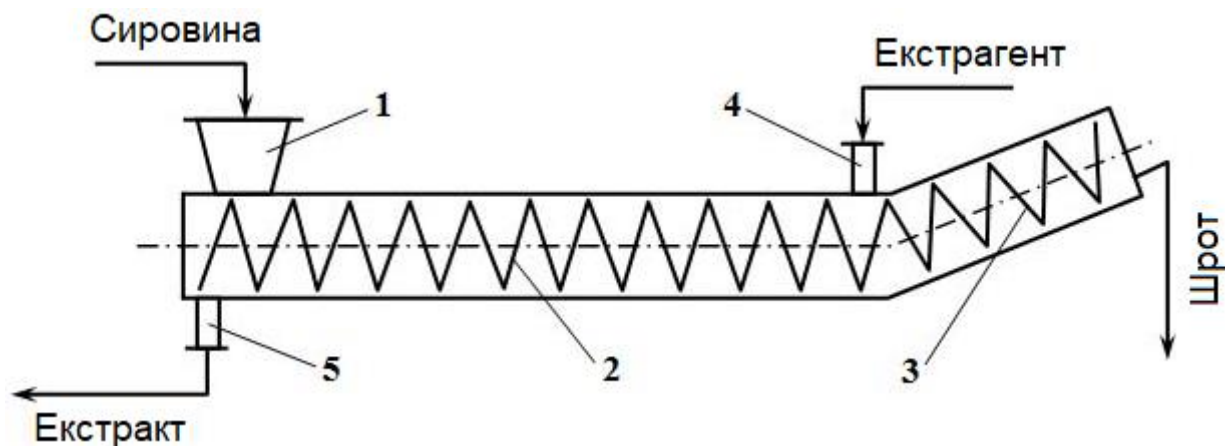


Рис. 3. Схема шнекового горизонтального екстрактора

Шнековий вертикальний екстрактор (рис. 4) складається з трьох основних частин: завантажувальної колони (1), поперечного сполучного шнека (2) та екстракційної колони (3). Завантажувальна колона, в якій також протікає процес екстрагування, являє собою вертикальний циліндр з шнековим валом, що обертається всередині нього. Пір'я шнека має отвори. Горизонтальний вал служить передачі твердого матеріалу (сировини) в екстракційну колону, що має вигляд вертикального циліндра, всередині якого обертається шнековий вал. Екстрагована сировина постійно завантажується через люк і рухом шнека регулюється його подання вниз. Горизонтальним шнеком матеріал подається в екстракційну колону, в якій матеріал, в якій він піднімається шнековим валом. У верхній частині матеріал (шрот) віджимається від надлишків витягувача та позбавлений екстрактивних речовин, що виштовхується з екстрактора. У верхню частину екстракційної

колони безперервно подається екстрагент, який рухається назустріч матеріалу. При цьому витягувач постійно насичується екстрактивними речовинами і у вигляді концентрованої витяжки впливає безперервно з верхньої частини завантажувальної колони.

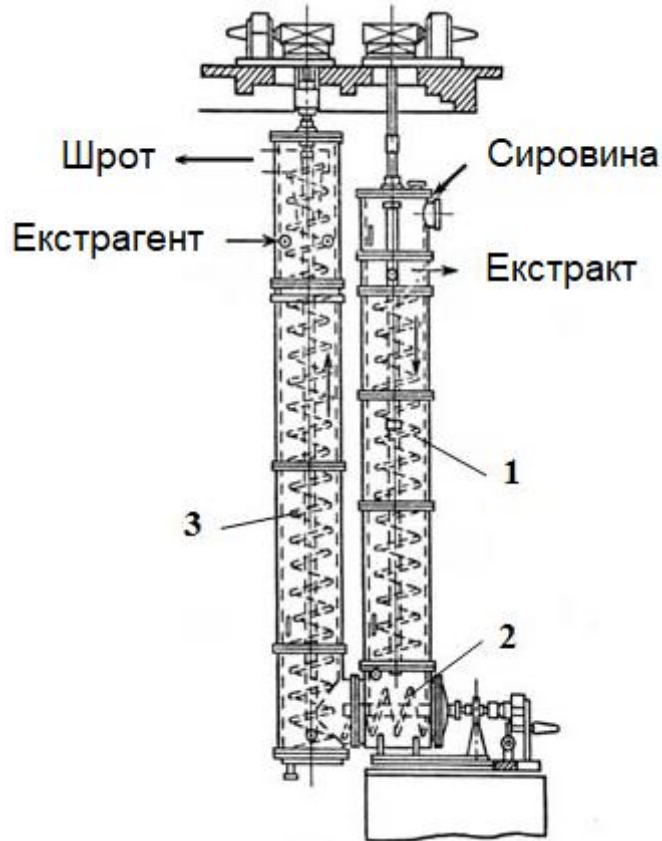


Рис. 4. Схема вертикального шнекового екстрактора

Дисковий екстрактор (рис. 5) складається з двох труб (1), розташованих під кутом і з'єднаних внизу камерою (2). Труби забезпечені паровими сорочками (3). Верхні кінці труб входять в корито (4) з встановленими в ньому двома зірочками (5), що обертаються, через які проходить трос (6). На трос насаджені дірчасті (перфоровані) диски (7). Трос із дисками проходить через похилі труби та нижню камеру із зірочкою (5). Зірки наводяться в рух електродвигуном. Перед початком роботи екстрактор через патрубок (9) заповнюється екстрагентом, трос з дисками наводиться в рух і одночасно з бункера (10) на диски троса, що рухається, подається сировина. Сировина опускається від місця завантаження вниз, проходить через нижню камеру,

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		19

піднімається другою трубою вгору, вивантажується в корито (4) і далі в збірник (11). Одночасно через патрубок (9) з певною швидкістю подають екстрагент. Насичений витяг витікає з екстрактора через патрубок (12), з фільтрувальною сіткою, і збирається в збірнику (13).

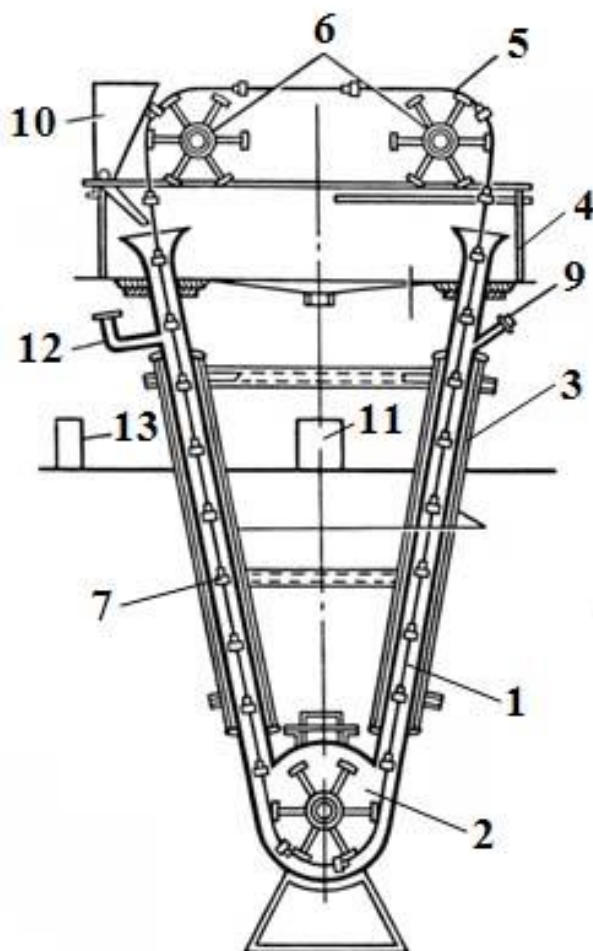


Рис. 5. Схема дискового екстрактора

Пружинно-лопатевий екстрактор (рис. 6) складається з корпусу (1), розділеного на секції. У кожній секції є вал (2) з барабаном (3), на якому закріплені два ряди пружинних лопат (4). Кожен вал рухається. У дніщі апарата знаходиться камера підігріву (5). Виймання збираються в камері (6) та виводяться через штуцер (7). Подрібнений, підготовлений матеріал з бункера (8) за допомогою живильника (9) надходить у першу секцію екстрактора, де знаходиться екстрагент. Тут сировина за допомогою пружинних лопат занурюється в екстрагент і передається далі,

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		20

притискаючись до стінки секції, де відбувається часткове відділення екстрагента.

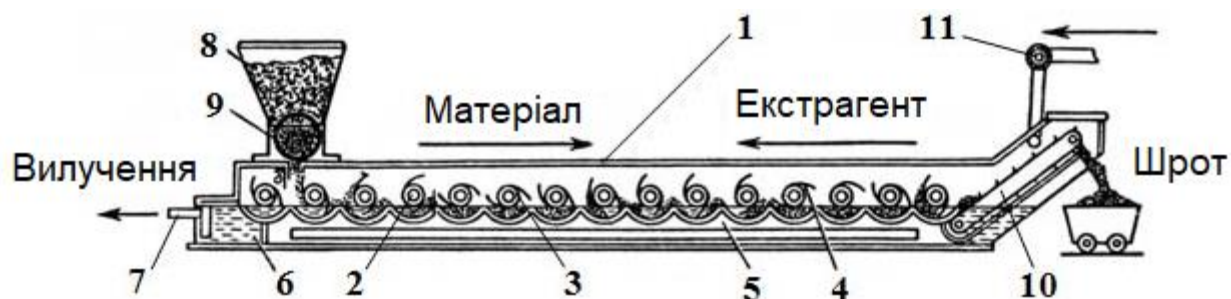


Рис. 6. Схема пружинно-лопатевого екстрактора

При виході лопат з секції вони випрямляються і перекидають вологу сировину в сусідню секцію. Так сировина перетворюється на 2-ю, 3-ю і наступні секції до транспортера (10). Екстрагент з патрубка (11) надходить на виснажений матеріал, що рухається транспортером, після чого надходить в останню секцію, рухається протитечією сировини і збирається в камері (6). Випробування екстрактора на різній рослинній сировині (корінь солодки, валеріани, горицвіт, полин) показали, що виснаження сировини в ньому закінчується за 75-120 хв. і може бути проведено широкому діапазоні температур.

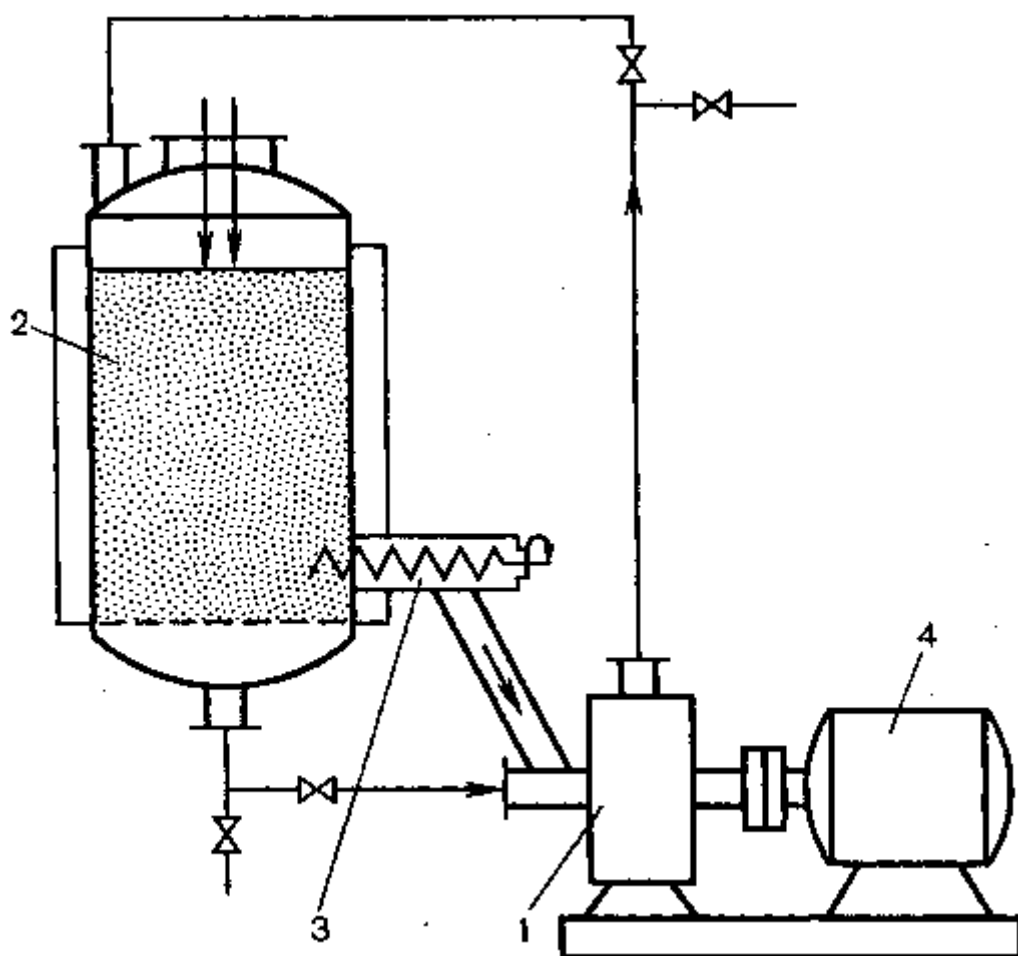
До переваг екстрактора слід віднести, що на сировину здійснюється механічний вплив, що істотно збільшує вихід екстрактивних речовин. До недоліків слід віднести численні вали, що обертаються, апарату, що створюють незручність в обслуговуванні і підвищують витрату електроенергії.

2.5. Екстрагування сировини на роторно-пульсаційному апараті (РПА).

Роторно-пульсаційний апарат (рис. 7) складається з корпусу–статора з патрубками для входу та виходу оброблюваного матеріалу. Усередині корпусу знаходиться ротор із закріпленими на ньому перфорованими циліндрами, що мають прорізи. На кришці корпусу розташована така ж

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		21

кількість аналогічних нерухомих циліндрів. При обертанні ротора з циліндрами останні проходять між циліндрами статора, радіальний зазор між якими може бути від 0,25 до 2мм. У кожному окремому випадку відстань між циліндрами підбирається з урахуванням технологічних вимог та фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу. Частота обертання ротора – 800-4000 об/хв, число прорізів у циліндрах – від 5 до 40, ширина від 5 до 40 мм. Замість циліндрів на статорі та роторі іноді встановлюють концентрично розташовані зуби, у порожнині ротора – лопаті або ножі для подрібнення великих частинок твердої фази.



1 – РПА, 2 – екстрактор, 3 – живильник шнековий для подачі сировини,
4 – двигун

Рис. 7. Екстракційна установка з РПА

При роботі РПА відзначається інтенсивний механічний вплив на частинки сировини, виникає ефективна турбулізація та пульсація потоку. У

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		22

технологічній схемі РПА встановлений у циркуляційному контурі, замкненому на екстрактор з мішалкою. Екстрактор і труби циркуляційного контуру можуть бути забезпечені паровою сорочкою для нагрівання або охолодження середовища. Сировину завантажують на хибне дно екстрактора та заливають екстрагентом. При роботі РПА рідка фаза надходить у нього з нижньої частини екстрактора, а сировина подається і дозується шнеком-живильником, встановленим на торці над його днищем. З РПА пульпа піднімається нагору і через штуцер у кришці екстрактора знову заповнює його. Процес повторюється до одержання концентрованого вилучення.

2.6. Екстрагування із застосуванням ультразвуку.

Застосування ультразвуку прискорює процес екстрагування із сировини, забезпечуючи повніше вилучення діючих речовин. Джерело ультразвуку закріплюють на корпусі екстрактора-перколятора із зовнішнього боку. Виникаючі ультразвукові хвилі створюють знакозмінний тиск, кавітацію та звуковий вітер. В результаті швидше відбувається набухання матеріалу та розчинення вмісту клітини, збільшується швидкість обтікання частинок сировини, у прикордонному дифузійному шарі виникають турбулентні та вихрові потоки. Молекулярна дифузія всередині частинок матеріалу та у прикордонному дифузійному шарі практично замінюється конвективною, що призводить до інтенсифікації масообміну. В результаті кавітації відбувається руйнування клітинних структур, що прискорює процес переходу діючих речовин екстрагент за рахунок їх вимивання. Застосування ультразвуку дозволяє отримати витяжку за кілька хвилин. Ефективність використання ультразвуку залежить від параметрів процесу: інтенсивності та експозиції озвучування, вибору екстрагента, співвідношення сировини та екстрагента та ін. найбільш оптимальна температура при озвучуванні не вище 30-60 ° С, щоб уникнути утворення бульбашок повітря, що гасять ультразвукові хвилі. Як екстрагент переважні спиртоводні суміші з високою концентрацією етанолу, який інгібує окислювально-відновні процеси, що

					<i>КРБ.ПотаЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		23

мають місце в ультразвуковому полі. Для багатьох видів сировини оптимальна інтенсивність ультразвуку (з частотами 2104-2108 с⁻¹) знаходиться в інтервалі 1,5-2,3104 Вт/м².

До недоліків ультразвукової обробки можна віднести несприятливий вплив на персонал. Крім того, ультразвукові коливання викликають: кавітацію, іонізацію молекул, зміну властивостей біологічно активних речовин, знижуючи або посилюючи їх терапевтичну активність. Тому застосування його потребує ґрунтовного дослідження.

2.7. Екстрагування за допомогою електричних розрядів.

Застосування електроімпульсних розрядів дозволяє прискорити екстрагування із сировини з клітинною структурою. Для цього застосовується імпульсний електроплазмолізатор (рис. 8).

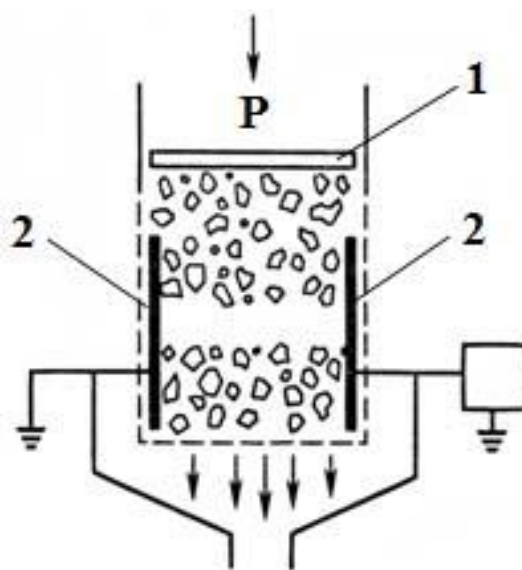


Рис. 8. Схема імпульсного електроплазмолізатора

Всередині екстрактора (1) з оброблюваним сировиною поміщають електроди (2), до яких подають імпульсний струм високої або ультрависокої частоти. Під впливом електричного заряду в суміші, що екстрагується, виникають хвилі, що створюють високий імпульсний тиск. В результаті відбувається інтенсивне перемішування оброблюваної суміші, стонщується або повністю зникає прикордонний дифузійний шар і збільшується

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		24

конвективна дифузія. Виникнення ударних хвиль сприяє проникненню екстрагенту всередину клітини, що прискорює внутрішньоклітинну дифузію. Через іскровий розряд у рідині утворюються плазмові каверни, які, розширюючись, досягають максимального обсягу і захоплюються. При цьому за короткий проміжок часу в малому просторі виділяється велика кількість енергії та відбувається мікробибух, що розриває клітинні структури рослинного матеріалу. Вилучення прискорюється за рахунок вимивання біологічно активних речовин із зруйнованих клітин. Крім того, порожнини, що утворюються, постійно пульсують, викликаючи збільшення швидкості руху екстрагенту біля частинок сировини, і збільшуючи швидкість екстрагування за рахунок зростання коефіцієнта конвективної дифузії.

У процесі імпульсної обробки екстрагованого матеріалу за допомогою високовольтних розрядів електрична енергія перетворюється на енергію коливального руху рідини, що скорочує час екстрагування і підвищує вихід біологічно активних речовин. Ефективність екстрагування в одиницю часу та ін.

2.8. Екстрагування з використанням електроплазмолізу та електродіалізу.

Електроплазмоліз – обробка сировини електричним струмом низької та високої частоти, внаслідок якої відбувається плазмоліз протоплазми. Сутність методу полягає в руйнівному впливі струму на білково-ліпідні мембрани рослинних тканин із збереженням цілісності клітинних оболонок. Електроплазмоліз дає найбільший ефект при отриманні препаратів із свіжої рослинної та тваринної сировини. При цьому одержувані витяжки збагачені діючими речовинами і містять лише невелику кількість супутніх речовин. Електроплазмолізатор з рухомими електродами – вальцями має два горизонтальні електроди, що обертаються назустріч один одному, до яких підводиться електричний струм напругою 220 В. Свіжа сировина надходить у зазор між вальцями з бункера, сік збирається у приймач. Вихід соку

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		25

збільшується на 20-25% проти використанням традиційних методів. Апарат із нерухомими електродами зображений на рисунку 8.

У ньому є рухома кришка (3), яка, опускаючись, віджимає сировину. Час обробки сировини електричним струмом становить частки секунди.

Електродіаліз використовують для прискорення екстрагування з рослинної та тваринної сировини. Рушійною силою процесу в цьому випадку є різниця концентрацій речовин, що екстрагуються по обидві сторони напівпроникної перегородки, роль якої в сировину з клітинною структурою виконують оболонки клітин. Під дією електричного струму змінюють електричні потенціали поверхні сировини, покращується його змочуваність, прискорює рух іонів біологічно активних речовин у порожнині клітин та у капілярах клітинних структур. В результаті збільшується коефіцієнт внутрішньої дифузії. Екстрагування цим методом проводять в апараті з електронепровідного матеріалу (дерево, пластик) (рис. 9) з конічним днищем з нержавіючої сталі, над яким міститься сталева перфорована пластинка (1), що служить катодом.

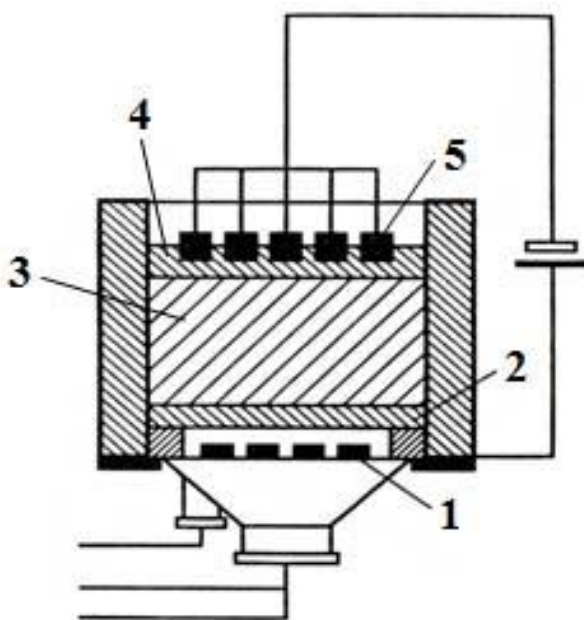


Рис. 9. Схема установки з використанням електродіалізу

					КРБ.ПотаЕМ.1.738-03.4.2	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		26

На пластину, покриту фільтруючим матеріалом (2), завантажують попередньо замочену сировину (3), на яку зверху опускається кришка (4) з вмонтованим графітовим анодом (5).

Електроди приєднуються до джерела постійного струму (15А), густина на катоді – 0,6 А/м², напруга – 0,8 В/см. при безперервному надходженні екстрагента отримання продукту витрачається вдвічі менше часу проти іншими методами екстрагування. Вихід біологічно активних речовин у разі зростає майже 20%.

2.9. Екстрагування зрідженими газами.

Установка призначена для екстракції природних сполук з рослинної сировини з використанням екстрагентів зріджених газів (хладонів). Вона є замкнутою системою і складається з наступних основних вузлів (рис. 10): екстракторів (1); балона (2) із використовуваним газом; напірних ємностей (3), оснащених показчиком рівня, манометром та запобіжним клапаном; ліхтарів оглядових (4) для візуального спостереження за переміщенням розчинника та екстракту; об'ємного фільтра (5) для очищення екстракту; випарника (6), з показчиком рівня, манометром і запобіжним клапаном; конденсатора (7), забезпеченого показчиком рівня, манометром та запобіжним клапаном; холодильного агрегату (8) для охолодження конденсатора, трубопроводів та арматури.

Принцип роботи установки наступний: екстрактори (1) завантажують подрібнену сировину через завантажувальний штуцер за допомогою вакууму. З екстракторів і випарника повітря видаляють вакуумуванням і заповнюють газоподібним холодоном з балона (2). Після досягнення рівноваги тисків екстрактори (1) подають зріджений хладон з напірних ємностей (3). Розчинник проходить крізь шар сировини, витягує розчинні компоненти і через фільтр (5) зливається у випарник (6). У випарнику екстракт підігрівається, пари розчинника відокремлюються і за рахунок різниці тисків

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		27

надходять у конденсатор (7), що охолоджується холодильним агрегатом (8), де конденсуються, і розчинник повертається в напірні ємності (3).

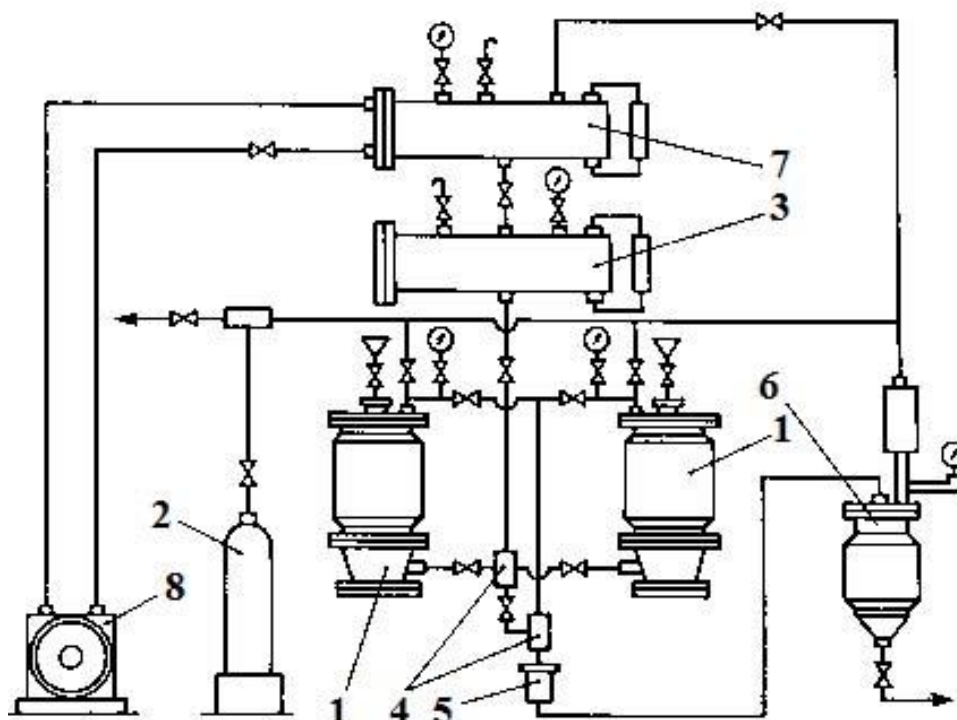


Рис. 10. Принципова схема екстрагування зрідженими газами

Процес екстрагування здійснюється при робочому тиску 10-65 атм (залежить від тиску насиченої пари екстрагента) та температурі 20-25°C. Багато екстрактів, отриманих з використанням зріджених газів, відрізняються більш високим вмістом біологічно активних речовин, стійкістю до мікробної контамінації. Особливо це стосується сировини, що містить поліфенольні сполуки, алкалоїди, глікозиди.

					<i>КРБ.ПотмЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		28

3. ОГЛЯД ПАТЕНТНИХ МАТЕРІАЛІВ

Патент на винахід US4490335 «Апарат для екстрагування водорозчинних речовин із плодоовочевих вичавок та рослинної сировини».

Даний винахід має в числі своїх завдань надання способу та апаратури для періодичного вилучення вилучених речовин з фруктових та овочевих вичавків та сировини рослинного походження, які гарантують прискорену та повну дифузію водорозчинних речовин рослинної тканини у видобутий матеріал за допомогою відповідних фізичних та хімічних впливів, а також ефективне відділення екстракту шляхом повторного вилучення сировини [3].

У способі винаходу для прискореного вилучення пектину та інших видобутих речовин з рослинного матеріалу процес здійснюється при безперервному перемішуванні всього об'єму маси у двох режимах, що відрізняються інтенсивністю перемішування. У кращому варіанті виконання апарату для здійснення такого способу зміна режиму перемішування здійснюється циклами за допомогою автоматичної машини із запрограмованим ефектом, причому така машина має двошвидкісний електродвигун, який приводить в дію лопатевий пропелерний механізм для створення турбулентного перемішування фонтанного типу при відносно високих швидкостях пропелера обертання в загальному діапазоні від 3 до 25 м/с, при цьому весь об'єм маси багаторазово проходить через зони з різним тиском і швидкістю. Після такого перемішування екстракт зливають, а масу знову екстрагують до тих пір, поки не буде виконано повне вилучення видобутої речовини. Це дозволяє використовувати другий екстракт наступної першої екстракції, третій екстракт використовувати для наступної другої екстракції і т. д., в результаті чого виходить екстракт з більш високою концентрацією сухої речовини.

Винахід буде більш зрозумілим при розгляді доданих креслень, на яких:

					<i>КРБ.ПотмЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		29

Рис. 11а являє собою вигляд у вертикальному розрізі через кращий варіант виконання апарату винаходу, деякі частини показані у вертикальній проекції, і

Рис. 11б являє собою вигляд у горизонтальному розрізі через апарат рис. 11а, розріз узятий по лінії 2-2 на рис. 11а.

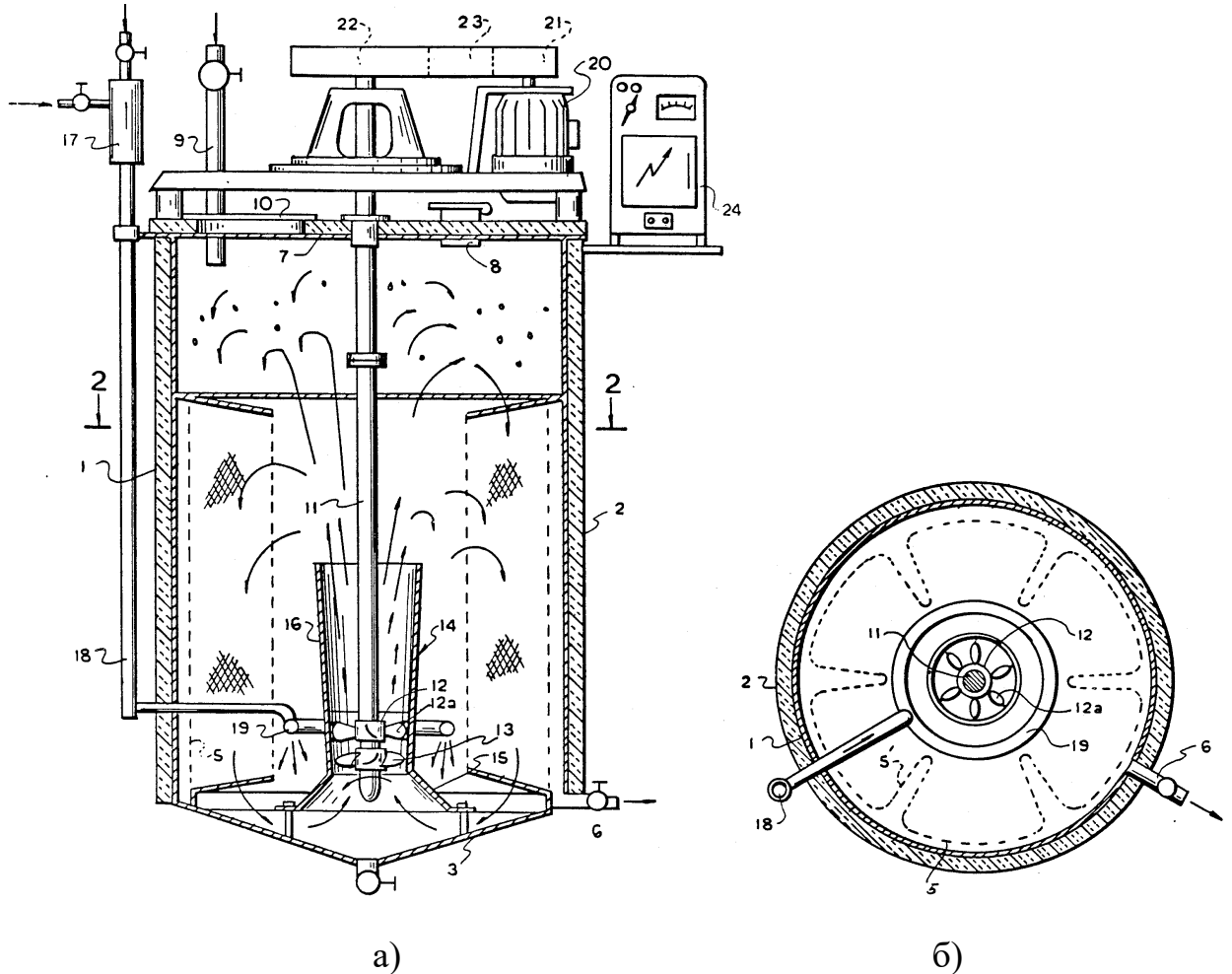


Рис. 11. Схема апарату для екстрагування за патентом US4490335

Апарат, показаний на рисунку 11, має круглу циліндричну ємність 1, бічні стінки якого забезпечені шаром теплоізоляції 2. Дно ємності 1 має форму зрізаного конуса, нижня центральна частина якого з'єднана з випускним отвором для вивантаження твердого матеріалу з ємності. Вертикальний екран 5 розташований усередині нижньої та середньої частин ємності 1, екран має дугоподібні частини, розташовані радіально від внутрішньої бічної стінки ємності, такі дугоподібні частини мають рівну

кутову довжину і розділені загнутими всередину зонами 5' екрану. Зовні екрана 5 ємність забезпечена бічним випускним отвором 6 його нижньої частини для періодичного випуску рідкого екстракту. Ємність 1 забезпечена верхньою кришкою або лючком 7 з входом, що закривається 8 для введення твердої сировини в ємність. Кришка 7 також має вхід 9 із запірним клапаном для забезпечення впуску рідини в ємність. Кришка люка 10 призначена для того, щоб при необхідності можна було отримати доступ до внутрішньої частини ємності 1.

Вертикальний вал 11 встановлений у відповідному підшипнику в кришці 7, вал 11 простягається вниз до нижнього кінця, розташованого кілька вище нижньої центральної частини дна 3 ємності. До валу 11 прикріплено біля нижнього кінця робоче колесо або пропелер 13. Робоче колесо 13 оточує дифузор, зазвичай позначається як 14, причому дифузор має різко звужується вгору усічено-конічну нижню частину 15, круглу проміжну циліндричну частину в зоні, безпосередньо навколишнього робоче колесо 13 і поступово розширюється усічено-конічну верхню частину 16 над 13. Безпосередньо над робочим колесом 13 знаходиться підшипник 12 для нижнього кінця валу 11, причому підшипник 12 встановлений на дифузори 14 через випрямляє гуркіт маси потоку складається з безлічі лопаток 12а, що зазвичай радіально простягаються, кінчики яких прикріплені до внутрішньої бічної стінки дифузора в його круглій циліндричній проміжній частини. Лопаті крильчатки 13 і ґрат, що випрямляє потік маси, мають протилежні нахили, як показано, завдяки чому маса виходить з верхнього кінця дифузора 14 з невеликим обертанням, якщо взагалі обертається. Інжектор-змішувач 17, який відноситься до типу труб Вентурі, має випускную трубу 18, що веде вниз від нього і з'єднану радіально спрямованою всередину трубою, що проходить через стінку ємності 1, з центральним інжекторним кільцем 19, що має розпилювальний струмінь, що створює отвори його нижньої поверхні, такі отвори розподілені по колу кільця 19.

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.4.2</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.ш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		31

Вал 11, що несе робоче колесо 13, приводиться в дію електродвигуном 20 через перший шків 21, розташований на приводному валу двигуна, другий шків 22, прикріплений до верхнього кінця валу 14, і ремінь 23, що приводить в рух сполучні шківни 21 і 22. Електродвигун 20 знаходиться під контролем засобів управління, встановлених у шафі 24, як показано.

Вищеописаний пристрій працює в такий спосіб. Закритий ємність 1 заповнюється водою або іншими рідкими розчинниками через трубу 9 і сировиною через отвір 8. У той же час вал 11 приводиться в обертання шляхом подачі живлення на двигун 20 через засоби керування 24. Ведений вал 11 обертає робоче колесо через 1 15 дифузора, з якого вона протікає повз робоче колесо 13. При своєму русі вгору маса продавлюється повз нерухомі лопатки 12а, які випрямляють її потік; потім маса триває через верхню частину 16 дифузора і в кінцевому підсумку досягає верхньої поверхні маси всередині ємності 1. Турбулентна маса поширюється назовні від центру і тоне, безперервно виштовхується новими порціями маси, що досягають нижньої частини ємності, з якої вона знову всмоктується і т.д. У всіх зонах усередині ємності 1 відбувається складне фонтаноподібне турбулентний рух маси як у вертикальному, так і в радіальному напрямку. Високі швидкості і відносно велика витрата пристрою, що перемішує, забезпечують швидку дифузію і швидку гомогенізацію екстракційної рідини під час цього руху.

Пар для безперервного підігріву та інші хімічні реагенти вводяться інжектором-змішувачем 17 при необхідності, причому таке введення здійснюється через трубу 18, трубне кільце 19 і струметворні отвори в цьому кільці. Перемішувачий пристрій зупиняється відключенням електродвигуна 20 або автоматично, або вручну. Зміна режимів роботи з низькою максимальну швидкість обертання валу 11 і навпаки здійснюється автоматично за програмою або вручну за бажанням. Швидкість кінця лопатки гвинта в режимі легкого або повільного перемішування становить від 3 до 10

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		32

м/сек, тоді як в режимі важкого або інтенсивного перемішування швидкість кінця лопаті гвинта коливається трохи вище 10 до 25 м/с.

Поділ екстракту через вихід 6 може здійснюватися як при двигуні 20, що не працює, так і при його обертанні зі зниженою швидкістю. Коли вихідний отвір 6 відкривається, маса починає зливатися, рідкий екстракт фільтрується через стінки сітки 5,5', причому частини сітки 5' сприяють зливу сировини. Після повторення вищеописаного процесу екстракції кілька разів сировина випускається з ємності 1 через вихідний отвір 4 в ньому шляхом відкриття клапана, вставленого в отвір.

Спосіб та пристрій винаходу мають наступні переваги.

Більш прискорена дифузія досягається у всьому екстрагується обсягом за рахунок турбулентного безперервного руху маси за типом послідовного типу за допомогою двох режимів перемішування, які різняться за інтенсивністю, і поперемінної зміни режиму пропелерного механізму, що гарантує високі відносні швидкості і велику швидкість руху маси. При такій обробці режиму і за рахунок особливої форми та ребер сита 5, 5' досягається прискорений і рівномірний поділ екстракту, що зручно для повторних екстракцій. Це призводить до більш короткого виробничого циклу і більшого виходу речовини, що екстрагується. Це особливо вірно при екстракції пектину, де виходи, отримані за допомогою способу та пристрою цього винаходу, збільшуються з 10 до 60% порівняно з відомими способами екстракції.

Хоча винахід проілюстровано та описано з посиланням на безліч його переважних варіантів, слід чітко розуміти, що воно в жодному разі не обмежене розкриттям такої множини переважних варіантів здійснення, але допускає численні модифікації в обсязі доданих пунктів формули винаходу.

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		33

Патент на корисну модель US20200282329 «Спосіб вилучення ефективного компонента з рослини за допомогою обприскування під високим тиском».

У цій заявці розкрито спосіб екстракції ефективних компонентів з рослини, що забезпечує простий у використанні, зручний та швидкий спосіб екстракції [4].

Спосіб екстракції ефективних компонентів з рослини за допомогою розпилення під високим тиском, що включає: подрібнення рослини для утворення рослинної сировини; розпилення рослинної сировини для утворення сирого екстракту; та концентрування сирого екстракту для видалення екстракційного розчинника для утворення кінцевого екстракту. Етап розпилення рослинної сировини для утворення сирого екстракту включає: замочування рослинної сировини розчином для замочування; розпилення замоченої рослинної сировини під високим тиском в екстракційний розчинник; та екстракцію замоченої рослинної сировини для утворення сирого екстракту.

У різних варіантах реалізації етап подрібнення рослини для утворення рослинної сировини включає подрібнення рослини за допомогою пульверизатора з вбудованим ситом 80-120 меш.

У різних варіантах реалізації розчин для замочування являє собою воду або розчин етанолу з об'ємною концентрацією 30-98%.

У різних прикладах реалізації крок замочування рослинної сировини розчином етанолу додатково включає замочування рослинної сировини протягом 1-2 годин.

У різних прикладах реалізації крок замочування рослинної сировини розчином етанолу додатково включає перемішування рослинної сировини. Швидкість перемішування рослинної сировини становить 60-100 об/хв.

У різних прикладах реалізації після замочування рослинної сировини розчином етанолу спосіб додатково включає фільтрування замоченої

					<i>КРБ.ПотаЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
						34
<i>Змн.</i>	<i>Арк.ш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

сировини. Зокрема, замочену сировину фільтрують через сито з розміром отвору 60 меш.

У різних прикладах реалізації об'ємне вагове співвідношення між розчином для замочування та рослинною сировиною становить 6 л:1 кг.

У різних прикладах реалізації крок розпиленої екстракції рослинної сировини для утворення неочищеного екстракту додатково включає попереднє завантаження екстракційного розчинника в резервуар перед розпиленням замоченої рослинної сировини під високим тиском у екстракційний розчинник. Об'єм екстракційного розчинника становить $\frac{2}{3}$ - $\frac{3}{4}$ резервуара. Екстракційним розчинником є вода або етанольний розчин. Форсунку вставляють на 2-3 см під поверхню рідини екстракційного розчинника для розпилення під високим тиском.

Крім того, у різних варіантах реалізації вищезазначеного варіанту реалізації, етап розпиленої екстракції рослинної сировини для отримання неочищеного екстракту додатково включає протитечійне розпилення екстракційного розчинника з нижньої частини резервуара. Швидкість протитечійного розпилення екстракційного розчинника становить 200-600 л/год. Швидкість розпилення замоченої рослинної сировини під високим тиском становить 500-1000 л/год.

У різних варіантах реалізації, тиск для розпилення замоченої рослинної сировини під високим тиском в екстракційний розчинник становить 1,0-3,0 МПа.

У різних варіантах реалізації, етап концентрування неочищеного екстракту для отримання кінцевого екстракту включає: нагрівання неочищеного екстракту до температури щонайменше 60°C; розпилення неочищеного екстракту в концентратор, де ступінь вакууму всередині концентратора становить -0,9 МПа; та випаровування екстракційного розчинника неочищеного екстракту для отримання кінцевого екстракту.

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		35

Виходячи з вищезазначеного, ця заявка збільшує площу контакту між розчиною речовиною та розчинником завдяки техніці розпилення. Крім того, дифузія розчиненої речовини покращується, оскільки розчинник безперервно рухається протитечією. Таким чином, швидкість отримання кінцевого екстракту може бути збільшена у 5-6 разів, що підвищує ефективність екстракції. Крім того, використання та витрата розчинника значно зменшуються, що, у свою чергу, знижує витрати.

Численні інші переваги та особливості цієї заявки стануть очевидними з наступного детального опису розкритих варіантів реалізації, з формули винаходу та з супровідних креслень.

Далі буде детально розглянуто представлені варіанти реалізації цієї заявки, приклади яких проілюстровано на супровідних кресленнях. Де це можливо, на кресленнях та в описі використовуються однакові номери позначень для позначення однакових або подібних деталей.

На рисунку 12 зображено екстракційне обладнання 100 та процес.

Звертаючись до рисунку 12, екстракційне обладнання 100 включає контейнер для рослин 1, змішувач 2, сито 3, змішувач 4, поршневий насос високого тиску 5, екстракційний бак 6, змішувач 7, насос 8, контейнер для екстракту 9, контейнер для залишків 10, конденсатор 11, бак для розчинника 12 та концентратор 13.

Рослину подрібнюють всередині контейнера для рослин 1 для утворення рослинної сировини. Детальніше, рослину подрібнюють пульверизатором із вбудованим ситом 80-120 меш.

					<i>КРБ.ПотаЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
						36
<i>Змн.</i>	<i>Арк.ш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

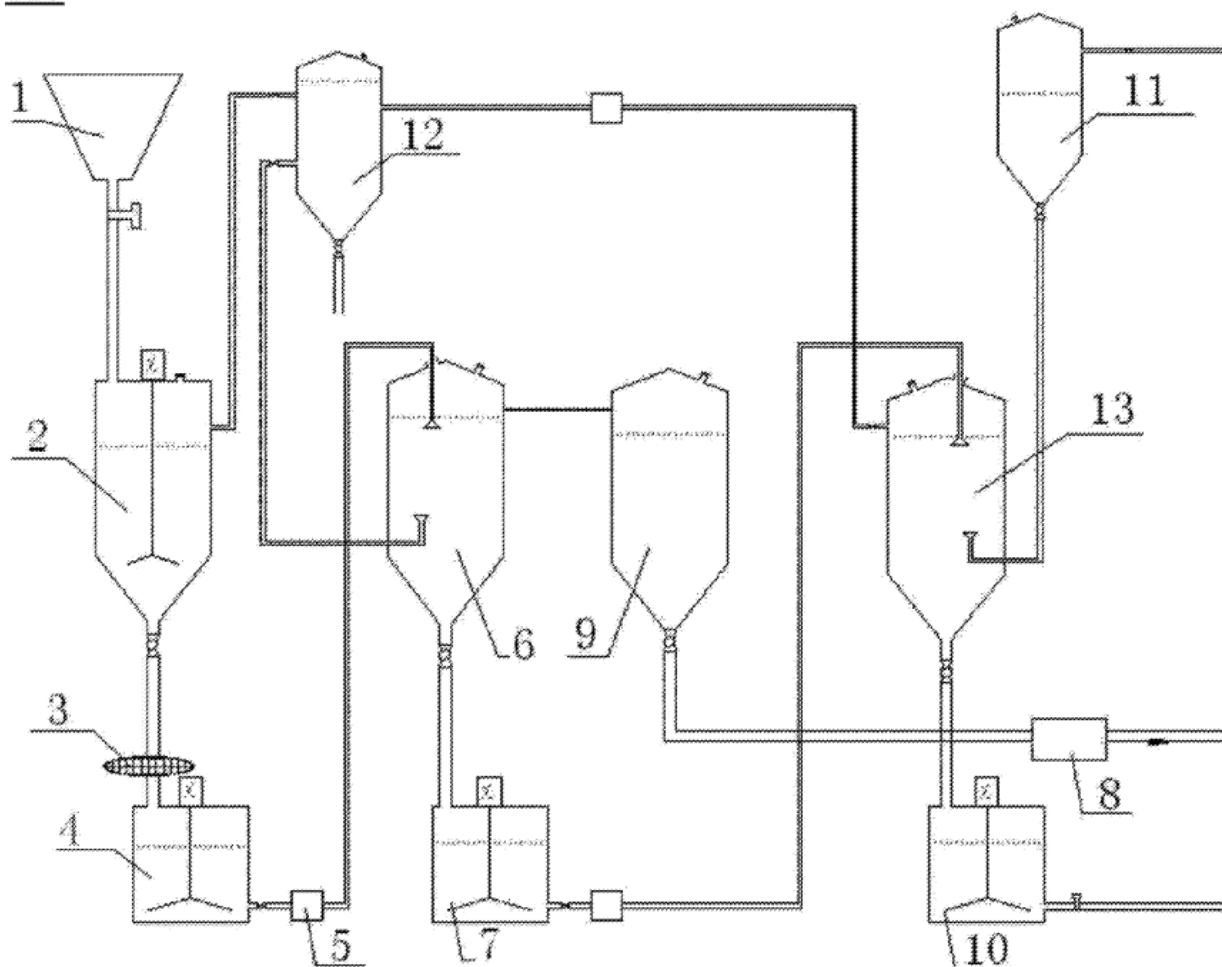


Рис. 12. Схема екстракційного обладнання за патентом US20200282329

Далі, рослинну сировину розпилюють для утворення неочищеного екстракту. Зокрема, першим кроком є замочування рослинної сировини розчином для замочування протягом 1-2 годин. Розчин для замочування в цій заявці може бути водою або розчином етанолу. Якщо розчин для замочування є етанолом, об'ємна концентрація розчину етанолу становить 30-98%. Об'ємне вагове співвідношення між розчином для замочування та рослинною сировиною становить 6 л:1 кг.

А потім сировину перемішують. Швидкість перемішування сировини становить 60-100 об/хв.

Далі замочену сировину фільтрують через сито 3 з розміром отворів 60 меш і подають у змішувач 4.

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		37

З іншого боку, екстракційний розчинник попередньо завантажують в екстракційний резервуар 6. Об'єм екстракційного розчинника становить $\frac{2}{3}$ - $\frac{3}{4}$ екстракційного резервуара 6. Екстракційним розчинником може бути вода або розчин етанолу.

Далі, форсунку вставляють на глибину 2-3 см під поверхню рідини екстракційного розчинника. Поршневий насос високого тиску 5 розпилює замочену рослинну сировину в екстракційний розчинник. Швидкість розпилення замоченої рослинної сировини під високим тиском становить 500-1000 л/год. Тиск для розпилення замоченої рослинної сировини під високим тиском в екстракційний розчинник становить 1,0-3,0 МПа.

Насос приводиться в дію для протитечійного розпилення екстракційного розчинника з резервуара для розчинника 12 у нижню частину екстракційного резервуара 6. Екстракційним розчинником є вода або розчин етанолу, залежно від різних типів рослин. У цій заявці як приклад використовується розчин етанолу. Швидкість протитечійного розпилення другого екстракційного розчинника становить 200-600 л/год. Температура всередині екстракційного резервуара 6 дорівнює кімнатній температурі.

Неочищений екстракт вивантажується з екстракційного резервуара 6 у контейнер для екстракту 9. Швидкість вивантаження неочищеного екстракту становить 400-900 л/год.

Далі відбувається концентрування неочищеного екстракту для утворення кінцевого екстракту. Потім неочищений екстракт розпилюють у концентратор 13. Ступінь вакууму всередині концентратора 13 становить $-0,9$ МПа.

Під час процесу крапельного видалення екстракційний розчинник неочищеного екстракту випаровується, як показано на кроці 203 с. В решті решт, випарований розчинник перетворюється назад у рідку форму за допомогою конденсатора 11. Кінцевий екстракт залишається в концентраторі 13.

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		38

Виходячи з вищезазначеного, ця заявка збільшує площу контакту між розчиненою речовиною та розчинником завдяки техніці розпилення. Крім того, дифузія розчиненої речовини покращується, оскільки розчинник постійно рухається протитечією. Таким чином, швидкість отримання кінцевого екстракту може бути збільшена в 5-6 разів, що підвищує ефективність екстракції. Крім того, використання та споживання розчинника значно зменшуються, що, у свою чергу, знижує витрати.

Фахівцям у цій галузі буде очевидно, що до структури цієї заявки можна внести різні модифікації та варіації, не відхиляючись від обсягу або суті цієї заявки. З огляду на вищезазначене, передбачається, що ця заявка охоплює модифікації та варіації цієї заявки за умови, що вони потрапляють у обсяг наступних пунктів формули винаходу та їх еквівалентів.

Патент на винахід EP2462941 «Спосіб та установка для екстракції рослинної сировини».

Цей винахід стосується способу екстракції рослинної сировини з видів рослин родини Amaryllidaceae для отримання алкалоїдів, що знаходять застосування як лікарські засоби, косметичні засоби та харчові добавки, а також установки для екстракції рослинної сировини [5].

Згідно з винаходом, створено спосіб екстракції рослинної сировини для отримання алкалоїдів, що включає щонайменше одну екстракцію екстрагентом лужного водного розчину та застосування мікрохвильового випромінювання рослинної сировини під час екстракції та подальше розділення рослинної сировини та екстракту, що в даному випадку піддається концентруванню, де параметри мікрохвильового випромінювання такі: потужність від 0,850 до 2,55 кВт, частота - 2450 МГц, тривалість до 120 хв та температура від 30 до 35°C. Екстракцію проводять у режимі періодичної примусової циркуляції рідини, а екстракт фільтрують, потрапляють у контур циркуляції та повертаються до екстрактора. Бажано, щоб рослинною сировиною була надземна частина рослин родини

					<i>КРБ.ПотаЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		39

Amaryllidaceae, зокрема видів *Leucojum aestivum*, *Galantus nivalis*, *Galantus elwesii* та *Narcissus*. Розчинник вибрано з водного розчину карбонату кальцію, аміаку, гідроксиду натрію, співвідношення рослинна сировина: екстрагент становить від 1:4 до 1:20. Після завершення екстракції відпрацьовану рослинну сировину виймають з екстрактора, а отриманий екстракт витягують, що необхідно для створення установки для здійснення екстракції рослинної сировини, що включає екстрактор та джерело мікрохвиль, яка є компактною, з мінімальною кількістю обладнання та дозволяє проводити інтенсивний процес масообміну та автоматичне керування процесом.

На рисунку 13 схематично зображено установку.

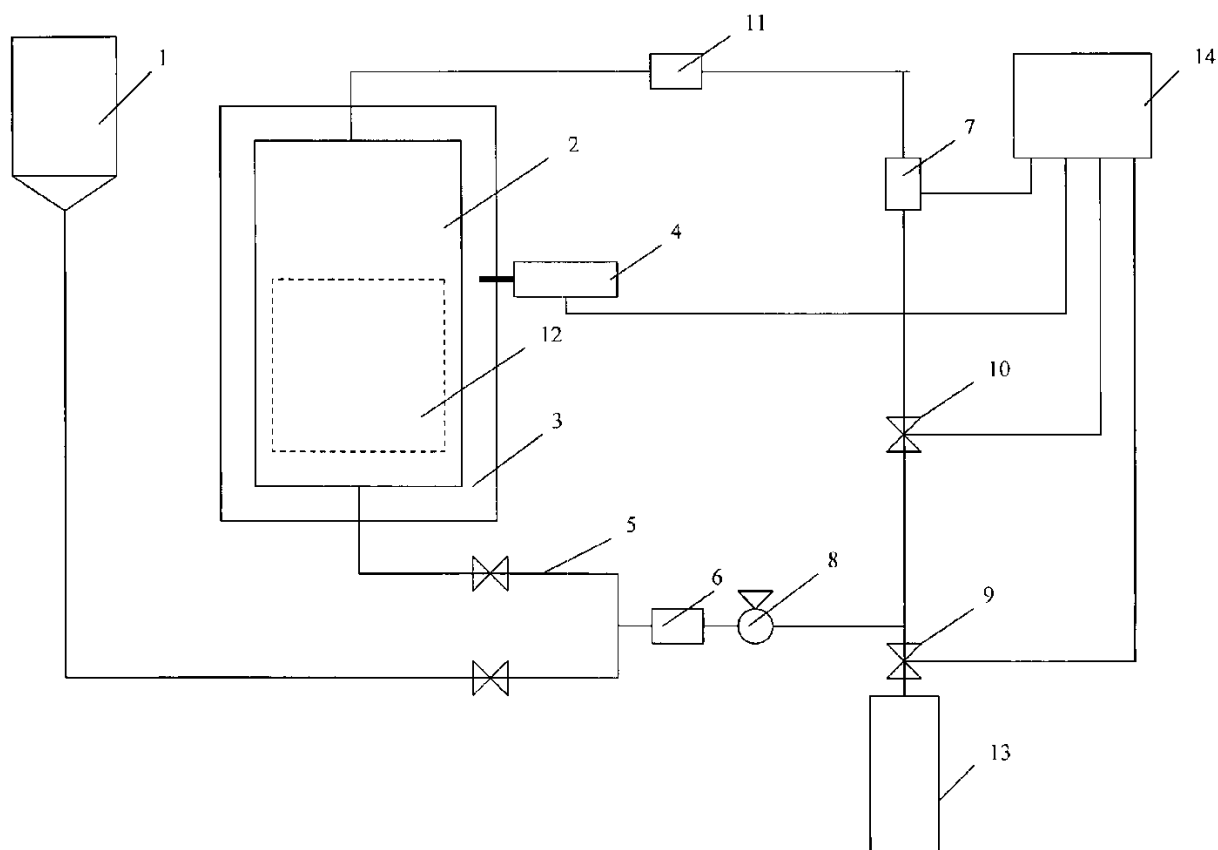


Рис. 13. Схема установки для екстрагування за патентом EP2462941

Вона складається з: резервуара для розчинника (1), з'єднаного з екстрактором (2), розміщеним у камері (3), джерела мікрохвиль - магнетрона (4), встановленого на стінці камери (3). Циркуляційний контур (5) з'єднаний

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		40

з вихідним отвором у нижній частині екстрактора (2). Циркуляційний контур (5) також з'єднаний з верхньою частиною екстрактора (2). У циркуляційному контурі (5) встановлені фільтр (6), датчик температури (7), насос (8), зливний клапан (9), циркуляційний клапан (10) та рН-метр (11). Внутрішня перфорована ємність (12), з'єднана з пристроєм для внесення та винесення екстрактора (не показано на рисунку), розташована в екстракторі. Циркуляційний контур з'єднаний через зливний клапан (9) з колектором екстракту (13). Датчик температури (7), насос (8), зливний клапан (9) та циркуляційний клапан (10) з'єднані з блоком керування (14). Установка працює наступним чином: Попередньо підготовлений висушений рослинний матеріал поміщають у контейнер з перфорованими стінками (12) поза екстрактором (2), контейнер (12) опускають в екстрактор (2), подають розчинник, вмикають джерело мікрохвиль. Під час екстракції рідина через задані проміжки часу виводиться з екстрактора через фільтр (6) та подається в контур циркуляції (5). Циркуляція регулюється клапаном (10). Після завершення екстракції джерело мікрохвиль вимикають, екстракт зливають через фільтр (6) та клапан (9) у збірник (13), а контейнер (12) виймають з екстрактора.

Установка працює наступним чином: Попередньо підготовлений висушений рослинний матеріал поміщають у контейнер з перфорованими стінками (12) поза екстрактором (2), контейнер (12) опускають в екстрактор (2), подають розчинник, вмикають джерело мікрохвиль. Під час екстракції рідина через задані проміжки часу виводиться з екстрактора через фільтр (6) та подається в контур циркуляції (5). Циркуляція регулюється клапаном (10). Після завершення екстракції джерело мікрохвиль вимикається, екстракт зливається через фільтр (6) та клапан (9) у збірник (13), а контейнер (12) виймається з екстрактора.

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.4.2</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.ш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		41

4. ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ ОБРАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

На основі проведеного аналізу наявної у вільному доступі інформації щодо існуючих методів екстрагування та обладнання, що його реалізує, було виявлено певні недоліки. Загалом вони пов'язані з періодичними режимами роботи, залученням великих об'ємів екстрагенту, низьким відсотком виходу цільових компонентів.

Патентний пошук показав, що науковою спільнотою ведуться активні дослідження щодо знаходження можливостей усунення цих недоліків. Проте повноцінно та в комплексі вирішити поставлені завдання поки що не вдалося.

Великою популярністю користується підхід у залученні нетипових джерел енергії, які б дали змогу суттєво інтенсифікувати процеси вилучення екстрактивних речовин з сировини. Одним із таких джерел є мікрохвильова енергія. Особливості її взаємодії з сировиною, що містить полярні молекули (вода, етанол тощо), дійсно вражає. Головною особливістю мікрохвильового поля є її проникна здатність. Електромагнітна енергія здатна впливати на сировину не лише на її поверхні, а й проникаючи в глиб до 20-25 мм в залежності від типу сировини та цілого ряду інших ключових параметрів. Проте, не зважаючи такі серйозні перспективи такого інноваційного методу організації процесу екстрагування досі не набув широкого масштабу щодо використання на харчових підприємствах.

Відповідно до цього в роботі пропонується розробити конструкцію шнекового мікрохвильового екстрактора, який мав би змогу забезпечити організацію процесу вилучення цільових компонентів сировини в потоці, з максимальним виходом екстрактивних речовин та з мінімальними енерговитратами.

					<i>КРБ.ПотаЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
						42
<i>Змн.</i>	<i>Арк.ш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

5. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ НА РОЗРОБКУ ШНЕКОВОГО МІКРОХВИЛЬОВОГО ЕКСТРАКТОРА

5.1. Найменування і галузь застосування результатів розробки.

5.1.1. Найменування: «Конструкція шнекового мікрохвильового екстрактора».

5.1.2. Галузь застосування:

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

5.2. Мета і призначення розробки.

5.2.1. Мета:

Створення обладнання для виробництва екстрактів з рослинної сировини.

5.2.2. Призначення: підвищення якості екстрактів 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;
- лікарські рослини.

5.3.2. Джерела енергії – магнетрони.

5.3.3. Екстрагент: вода.

5.3.4. Реактор має бути радіопрозорим.

5.3.5. Система подачі сировини – шнековий транспортер.

5.3.6. Системи контролю та реєстрації:

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		43

- 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 припиненні подачі екстрагенту;
- при перевищенні температури сировини.

5.4. Технічні вимоги.

5.4.1. Шнековий мікрохвильовий екстрактор має забезпечити підвищення якості екстрактів, 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 – виведення відпрацьованої сировини – виведення екстракту.

5.4.3. Тип установки модульний із вертикальним реактором.

Продуктивність: до 20 л екстракту на годину.

5.4.4. Електрична потужність установки: 1,5 – 3 кВт.

5.4.5. Електрична мережа: 220В, 50 Гц.

5.4.6. Габарити резонаторної камери: 400x400x1000 мм.

5.4.7. Габарити реакційного об'єму: 200x780 мм.

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		44

5.4.8. Охолодження силової електроніки: автономне, повітряне.

5.4.9. Температура екстракту на виході із установки: не більше 80°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.ПотдЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
						45
<i>Змн.</i>	<i>Арк.ш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

6. ОПИС РОЗРОБЛЕНОЇ УСТАНОВКИ

Розроблена конструкція шнекового мікрохвильового екстрактора зображена на рисунку 12.

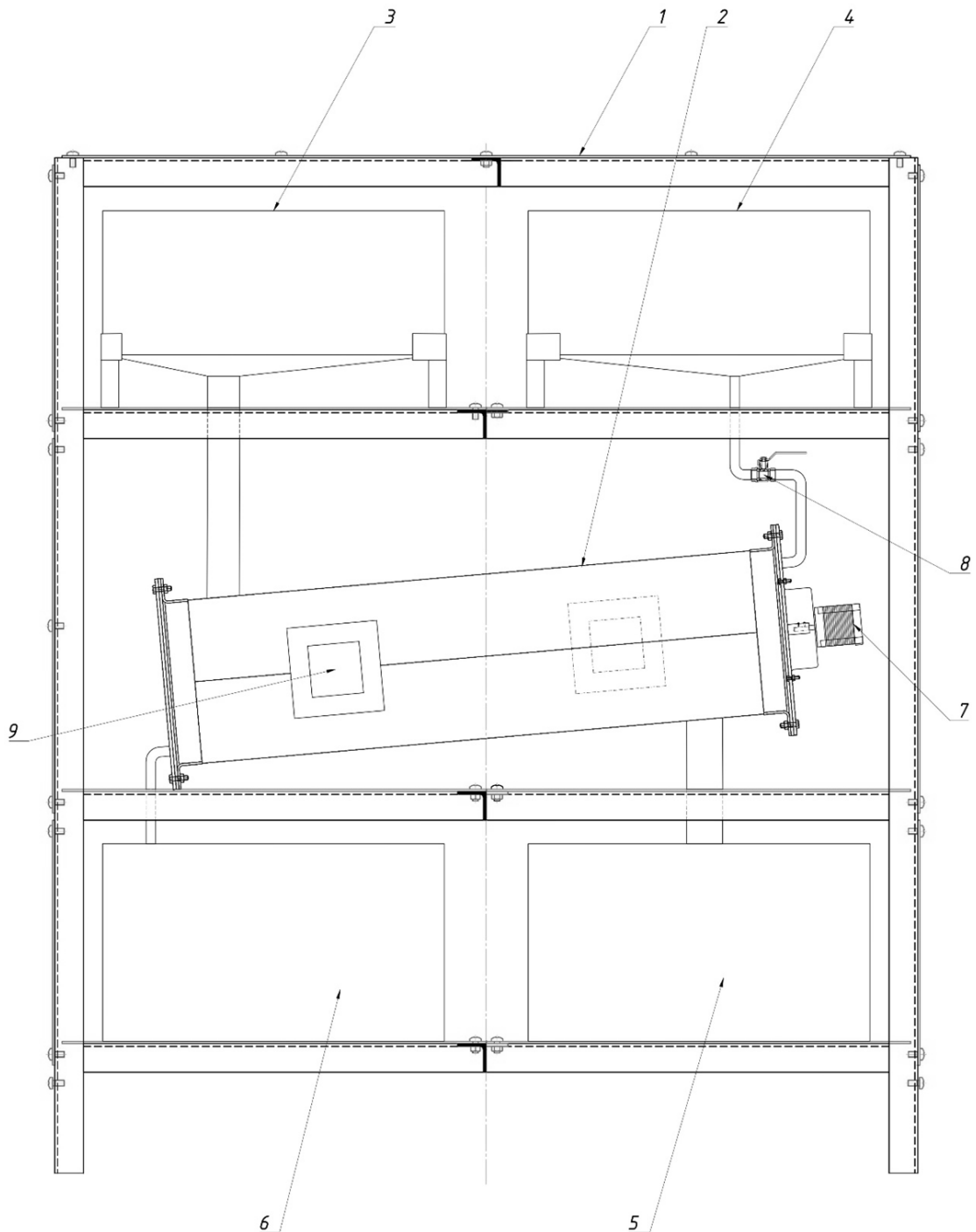


Рис. 12. Схема шнекового мікрохвильового екстрактора.

Шнековий мікрохвильовий екстрактор складається з наступних основних елементів:

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		46

- 1 – Каркас,
- 2 – модуль шнекового мікрохвильового екстрактора,
- 3 – ємність з початковою сировиною,
- 4 – ємність з екстрагентом,
- 5 – збірник відпрацьованої сировини,
- 6 – збірник екстракту,
- 7 – кроковий двигун,
- 8 – шаровий кран,
- 9 – магнетрони.

Принцип роботи установки наступний. Відбувається запуск шнекового транспортеру, що приводиться в дію кроковим двигуном, та забезпечується подача сировини до реактора модуля через завантажувальний бункер. Разом із цим, відкривається кран подачі екстрагенту до реактору. Рух сировини та екстрагенту здійснюється в протилежному напрямку відносно один одного задля забезпечення максимальної різниці концентрацій цільових речовин в сировині та екстрагенті по всій довжині реактора. Протитечія зумовлена розташуванням модуля під кутом нахилу у 5°, в результаті чого екстрагент, взаємодіючи з сировиною стікає донизу, а шнековий транспортер підіймає сировину наверх. Паралельно вмикаються магнетрони, що забезпечують підведення енергії до сировини та ініціюють вихід екстрактивних речовин з середини матеріалу. Відпрацьована сировина вивантажується через нижній отвір реактора до спеціального збірника. Екстракт, насичений цільовими компонентами, витікає з протилежного боку через спеціальний патрубок до збірника екстракту. При завершенні процесу екстрагування слід послідовно вимикати магнетрони по мірі проходження сировини в реакторі. Після вимкнення магнетронів відбувається остаточне видалення відпрацьованої сировини та екстракту з реактора, які направляються на подальші операції.

Однією із серйозних переваг даної конструкції є можливість організації процесу екстрагування в безперервному режимі.

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.4.2</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.ш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		47

7. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ШНЕКОВОГО МІКРОХВИЛЬОВОГО ЕКСТРАКТОРА

7.1. Розрахунок частоти обертів конвеєра.

Продуктивність конвеєра (кг/год) розраховується за формулою:

$$G_K = 47 \cdot (D^2 - d^2) \cdot S \cdot n \cdot \rho \cdot \varphi \cdot C \quad (7.1)$$

де D – діаметр гвинта шнеку, м;

S – крок гвинта, м;

n – число обертів гвинта, об/хв;

ρ – насипна щільність сировини, кг/м³;

φ – коефіцієнт заповнення жолобу (приймається в межах $\varphi = 0,2 \dots 0,65$);

C – коефіцієнт, що враховує продуктивність в залежності від кута нахилу конвеєру β відносно горизонту (для $5^\circ - C = 0,9$).

Крок гвинта визначається за формулою:

$$S = (0,8 \dots 1,0) \cdot D = 1,0 \cdot 0,055 = 0,055 \text{ м} \quad (7.2)$$

Тоді, з формули (7.1) визначаємо швидкість обертів:

$$n = \frac{20}{47 \cdot (0,055^2 - 0,024^2) \cdot 0,055 \cdot 650 \cdot 0,5 \cdot 0,9} \approx 11 \text{ об/хв} \quad (7.3)$$

7.2. Розрахунок потужності приводу конвеєра.

Потужність приводу конвеєра (Вт) визначається як:

$$P = [G_K \cdot (L \cdot \omega + H) \cdot K] / 102 \cdot \eta \quad (7.4)$$

де L – довжина конвеєру, м;

ω – коефіцієнт опору руху, м (приймається з діапазону 1,9–6,3, для легких неабразивних матеріалів сировини обирають менше значення);

H – висота транспортування, м;

K – коефіцієнт запасу потужності (1,2...1,3);

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		48

η – ККД приводу.

$$P = [20 \cdot (0,73 \cdot 1,9 + 0,4) \cdot 1,3] / 102 \cdot 1,0 = 0,46 \text{ Вт}$$

Головною передумовою виготовлення гвинтових конвеєрів є розрахунок розмірів розгортки гвинта.

7.3. Розрахунок шнеку.

Довжина зовнішньої гвинтової лінії одного витка (м):

$$L_p = \sqrt{S^2 + (\pi \cdot D^2)} \quad (7.5)$$

$$L_p = \sqrt{0,055^2 + (3,14 \cdot 0,055^2)} = 0,112 \text{ м}$$

Довжина внутрішньої гвинтової лінії витка (м):

$$l = \sqrt{S^2 + (\pi \cdot d^2)} \quad (7.6)$$

$$l = \sqrt{0,055^2 + (3,14 \cdot 0,024^2)} = 0,073 \text{ м}$$

Внутрішній діаметр розгортки гвинта (м):

$$d_x = (D - d) \cdot l / (L_p - l) \quad (7.7)$$

$$d_x = \frac{(0,055 - 0,024) \cdot 0,073}{(0,112 - 0,073)} = 0,058 \text{ м}$$

Зовнішній діаметр розгортки гвинта (м):

$$D_x = d_x + D - d \quad (7.8)$$

$$D_x = 0,058 + 0,055 - 0,024 = 0,089 \text{ м}$$

Потужність на валу гвинта:

$$N_o = \frac{G_k}{367} \cdot (L_\Gamma \cdot \omega + H) + 0,02 \cdot R \cdot g_k \cdot L_\Gamma \cdot \omega_g \quad (7.9)$$

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		49

$$N_o = \frac{20}{367} \cdot (0,78 \cdot 1,2 + 0,4) + 0,02 \cdot 0,2 \cdot 8,96 \cdot 0,78 \cdot 0,01 = 0,073 \text{ кВт}$$

Обираємо кроковий двигун Jkongmotor NEMA23 JK57HM76-2804 [8].

7.4. Розрахунок діаметрів штуцерів та трубопроводів для матеріальних потоків.

Завдання розрахунку полягає у визначенні швидкості руху v матеріальних потоків та порівнянні їх величин із рекомендованими. Діаметри трубопроводів приймають рівними діаметрам штуцерів.

$$v = \frac{S}{\rho \cdot F} \quad (7.10)$$

де S – масові витрати потоку, кг/с; ρ – густина потоку, кг/м³; F – перетин, через який проходить потік, м²:

$$F = \frac{\pi \cdot d_{um}^2}{4} \quad (7.11)$$

Тоді з (7.11):

$$d_{um} = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi \cdot \rho \cdot v}} \quad (7.12)$$

Штуцер для подачі екстрагенту та відведення екстракту

Швидкість потоку малов'язкої рідини під час руху самопливом [9, с. 16]: $v = 0,5 \div 1,0 = 1,0$ м/с.

$$d_{um} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_E}{\pi \cdot \rho_E \cdot v_E}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0056}{\pi \cdot 1000 \cdot 1}} = 0,0027 \text{ м}$$

де G_E – витрати екстрагенту, кг/с.

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		50

8. ІНСТРУКЦІЯ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ РОБОТІ ЗІ ШНЕКОВИМ МІКРОХВИЛЬОВИМ ЕКСТРАКТОРОМ

При роботі зі шнековим мікрохвильовим екстрактором необхідно дотримуватися низки вимог охорони праці для забезпечення безпеки працівників. Ці вимоги стосуються як обладнання, так і умов його експлуатації.

Основні вимоги охорони праці під час роботи зі шнековим мікрохвильовим екстрактором.

Навчання та інструктаж. Працівники повинні пройти спеціальне навчання з роботи з даним обладнанням та отримати інструктаж з охорони праці, що включає правила експлуатації, заходи безпеки та дії в аварійних ситуаціях.

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ). Необхідно забезпечити працівників необхідними ЗІЗ, такими як захисні окуляри, рукавички, спецодяг та стежити за їх використанням.

Огородження. Усі рухомі частини шнекового екстрактора, що становлять небезпеку для працівників, повинні бути надійно захищені. Огородження повинні бути у справному стані та відповідати вимогам безпеки.

Блокування та захисту. Екстрактор повинен бути оснащений пристроями безпеки, такими як блокування, які відключають обладнання при виникненні нештатних ситуацій, наприклад, навантаження або несправності.

Електробезпека. Необхідно дотримуватись усіх вимог електробезпеки, включаючи заземлення обладнання, використання справних кабелів та розеток, а також регулярну перевірку електроустаткування на предмет несправностей.

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		51

Технічне обслуговування. Регулярне технічне обслуговування та перевірка обладнання, включаючи шнековий екстрактор, повинні проводитись відповідно до інструкцій виробника та правил безпеки.

Порядок на робочому місці. Робоче місце має бути чистим та вільним від сторонніх предметів, а також добре освітленим.

Дії в аварійних ситуаціях. Працівники повинні знати, як діяти у разі виникнення аварійної ситуації, включаючи відключення обладнання, виклик допомоги та надання першої допомоги постраждалим.

Контроль та нагляд. Роботодавець повинен здійснювати контроль за дотриманням вимог охорони праці та проводити регулярні перевірки стану обладнання та умов праці.

Додаткові рекомендації:

- уникати роботи з обладнанням у стані втоми чи під впливом алкоголю чи наркотиків.
- не допускати сторонніх осіб до зони роботи обладнання.
- не використовувати обладнання за призначенням.
- дотримуватись правил експлуатації, зазначених у посібнику з експлуатації.
- негайно повідомляти про будь-які несправності або порушення в роботі обладнання.

Дотримання цих вимог допоможе забезпечити безпеку працівників при роботі зі шнековим мікрохвильовим екстрактором та запобігти можливим нещасним випадкам.

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		52

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Електронний ресурс: https://ztl.nuph.edu.ua/medication/chapter05_01.html
(Дата звернення: 14.02.2025 р.).
2. Електронний ресурс: https://ztl.nuph.edu.ua/medication/chapter05_08.html
(Дата звернення: 14.02.2025 р.).
3. Електронний ресурс: <https://www.gminsights.com/industry-analysis/juice-concentrates-market> (Дата звернення: 15.02.2025 р.).
4. Патент на винахід US4490335 «Апарат для екстрагування водорозчинних речовин із плодоовочевих вичавок та рослинної сировини»
https://patentscope.wipo.int/search/ru/detail.jsf?docId=US37438898&_cid=P22-MC28UB-18336-1
5. Патент на корисну модель US20200282329 «Спосіб вилучення ефективного компонента з рослини за допомогою обприскування під високим тиском»
https://patentscope.wipo.int/search/ru/detail.jsf?docId=US305802328&_cid=P22-MC28UB-18336-1
6. Патент на винахід EP2462941 «Спосіб та установка для екстракції рослинної сировини»
https://patentscope.wipo.int/search/ru/detail.jsf?docId=EP46982315&_cid=P22-MC2B5A-07898-1
7. Електронний ресурс:
https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fbteg/chepurnij_teplomasoob/d.htm (Дата звернення: 20.03.2025 р.).
8. Електронний ресурс:
<https://arduino.ua/ru/prod2632-shagovii-dvigatel-jkongmotor-nema23-jk57hm76-2804> (Дата звернення: 25.03.2025 р.).
9. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учеб. пособие / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков ;

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		53

под ред. П. Г. Романкова. — Изд. 10-е, перераб. и доп. — Л.: Химия, 1987.
— 576 с.

					<i>КРБ.ПотдЕМ.1.738-03.4.2</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.ш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		54