

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет

Навчально–науковий інститут зернового, переробного і хлібопекарського бізнесу ім. К.А. Богомаза

Кафедра процесів, обладнання та енергетичного менеджменту

Ступінь вищої освіти: «Магістр»

Спеціальність: 133 Галузеве машинобудування

Освітня програма: «Системний інжиніринг промислових виробництв»



ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

на тему Розробка мікрохвильової вакуум-випарної установки безперервної дії

(назва кваліфікаційної роботи згідно наказу ОНТУ)

Здобувачки: Ткаченко М.А.

Курсу II групи СІ–20МН

Керівник: PhD, доцент Сиротюк І.В.

Консультант: доцент Всеволодов О.М.

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри ПОЕМ від «___» _____ 2026 р., протокол № ___

В.о. завідувача кафедри ПОЕМ _____

Ілля СИРОТЮК

Одеса – 2026 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально–науковий інститут зернового, переробного і хлібопекарського бізнесу ім. К.А. Богомаза

Кафедра: Процесів, обладнання та енергетичного менеджменту

Ступінь вищої освіти: магістр

Спеціальність: 133 Галузеве машинобудування

Освітня програма: Системний інжиніринг промислових виробництв

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

Олег БУРДО

«___» _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Ткаченко Максима Андрійовича

1. Тема роботи: «Розробка мікрохвильової вакуум-випарної установки безперервної дії»

Затверджена наказом ОНТУ від 11.11.2024 р. наказ №707–03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 11.06.2026 р.
3. Вихідні дані роботи: продукт – яблучний сік, початкова концентрація – 10%, кінцева концентрація – 20%.
4. Перелік питань, які потрібно розробити: критичний огляд обладнання аналогічного призначення, патентний пошук, обґрунтування конструкції, проведення експериментальних досліджень, охорона праці.
5. Перелік графічного матеріалу: —

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 _____ Сиротюк І.В.

Завдання прийняв до виконання _____ Ткаченко М.А.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Збір матеріалів до проекту. Розробити реферат та вступ до дипломного проекту.	До 16.02.2026 р.	
2.	Аналіз існуючого обладнання. Патентний пошук	До 02.03.2026 р.	
3.	Опис розробленої конструкції блочного виморожування	До 09.03.2026 р.	
4.	Формування завдання на експериментальні дослідження	До 23.03.2026 р.	
5.	Проведення експериментальних досліджень. Оформлення та узагальнення отриманих даних	До 15.05.2026 р.	
6.	Охорона праці	До 25.05.2026 р.	
8.	Внесення коректив та оформлення РПЗ.	До 08.06.2026 р.	
9.	Підписання проекту, друк. Отримання рецензії.	До 15.06.2026 р.	

Здобувач–дипломник _____ Ткаченко М.А.

Керівник роботи _____ Сиротюк І.В.

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: Ткаченко М.А. _____

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота на тему: «Розробка мікрохвильової вакуум-випарної установки безперервної дії» містить 78 сторінок машинописного тексту, рисунків – 28, таблиць – 4, використаних джерел – 5.

Дана робота присвячена розробці установки для концентрування розчинів методом випарювання. Головна ідея розробки полягає в підвищенні ресурсо– та енергоефективності процесу концентрування розчинів шляхом залучення електромагнітних джерел енергії та забезпечення безперервності процесу.

Об'єкт досліджень – апарати для концентрування розчинів методом випарювання в умовах дії мікрохвильового поля.

Предмет досліджень – механізми та кінетика процесів концентрування розчинів методом випарювання в умовах дії мікрохвильового поля.

Ключові слова: *випарювання, концентрування, мікрохвильова енергія, харчові розчини.*

					<i>КРМ.ПотдЕМ.1.707-03.2.2</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробив</i>		<i>Ткаченко М.А.</i>			<i>МХ ВВУ безперервної дії</i>		
<i>Перевірив</i>		<i>Сиротюк І.В.</i>					
<i>Рецензія</i>							
<i>В.о. зав. каф.</i>		<i>Сиротюк І.В.</i>					
<i>Затвердив</i>							
						<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>
							<i>Аркушів</i>
							478
						<i>ОНТУ</i>	

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. КРИТИЧНИЙ ОГЛЯД ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ концентрування харчових розчинів	10
2. ОГЛЯД ПАТЕНТНИХ МАТЕРІАЛІВ	14
3. ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ ОБРАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ.....	56
4. ОПИС та стендові дослідження статичної РОЗРОБЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ УСТАНОВКИ	57
4.1. Опис стенду для досліджень МХ ВВУ безперервної дії.	57
4.2. Результати стендових досліджень статичної МХ ВВУ безперервної дії.....	59
5. Кінетика процесу концентрування розчинів в МХ ВВУ БЕЗПЕРЕРВНОЇ ДІЇ.....	62
5.1. Методи експериментальних досліджень МХ ВВУ.	62
5.2. Дослідження впливу рівня підведеної потужності електромагнітного поля на паропроодуктивність установки.....	62
5.3. Дослідження впливу величини тиску на паропроодуктивність установки.....	65
5.4. Дослідження впливу типу продукту на паропроодуктивність установки.....	68
5.5. Випробування установки в режимі напівбезперервної роботи... ..	71
5.6. Випробування установки в режимі безперервної роботи.....	72
6. ІНСТРУКЦІЯ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ РОБОТІ З МІКРОХВИЛЬОВОЮ ВАКУУМ-ВИПАРНОЮ УСТАНОВКОЮ.....	75
ВИСНОВКИ.....	77

					<i>КРМ.ПотдЕМ.1.707-03.2.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		5

					КРМ.ПОтаЕМ.1.707-03.2.2	Арк.
						6
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Сучасний етап розвитку харчової, фармацевтичної та хімічної промисловостей характеризується жорсткими вимогами до енергоефективності технологічних процесів та якості кінцевого продукту. Однією з найбільш енергомістких та тривалих операцій у цих галузях є видалення вологи (випарювання та сушіння).

Традиційні методи термічної обробки, що базуються на конвективному або кондуктивному підведенні теплоти, все менше відповідають сучасним критеріям екологічності, економічності та збереження нативності сировини.

Особливо гостро ця проблема постає при переробці термолабільних матеріалів – речовин, чутливих до тривалого впливу високих температур (вітаміни, ферменти, екстракти лікарських рослин, фруктові пюре тощо). Деградація корисних речовин, зміна кольору, смаку та текстури під час класичного випарювання змушують інженерів та науковців шукати принципово нові підходи до інтенсифікації тепломасообмінних процесів. Одним із найперспективніших напрямків вирішення цієї задачі є синергетичне поєднання двох технологій: вакуумування робочої зони та надвисокочастотного (НВЧ/мікрохвильового) енергопідведення.

Розробка вакуум-випарного мікрохвильового апарату є актуальним науково-технічним завданням, спрямованим на створення нового покоління високоінтенсивного, енергозберігаючого обладнання. Проблематика сучасної випарної техніки.

Аналіз існуючого парку випарного обладнання дозволяє виділити низку критичних недоліків, які суттєво обмежують їхню ефективність у сучасних реаліях:

Низька швидкість теплопередачі та термічна деградація. Класичні випарні апарати (навіть вакуумні) використовують поверхневий спосіб підведення тепла (через сорочки, трубні пучки тощо). Тепловий потік

					<i>KPM.ПотдЕМ.1.707-03.2.2</i>	Арк.
						7
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

рухається від периферії до центру матеріалу за рахунок теплопровідності, яка у біологічних середовищах є дуже низькою. Це вимагає або збільшення температури теплоносія, що призводить до локальних перегрівів (пригорання) на стінках апарату, або значного подовження часу процесу, що руйнує термолабільні сполуки.

Висока енергоємність та втрати тепла. Традиційні системи потребують тривалого виходу на робочий режим, прогріву масивних металоконструкцій апарату та мають великі втрати енергії в навколишнє середовище. Коефіцієнт корисної дії (ККД) таких систем часто залишається незадовільним. Екологічний та санітарний аспекти. Наявність зон застійних явищ у традиційних трубчастих або пластинчастих апаратах ускладнює їхню санітарну обробку (CIP-мийку), що підвищує ризик мікробіологічного забруднення продукції.

Проблема «скоринки» при глибокому випарюванні. При підвищенні концентрації сухих речовин у розчині стрімко зростає його в'язкість. На теплообмінних поверхнях утворюється пристінковий шар (накип, нагар), який різко знижує коефіцієнт теплопередачі та зупиняє процес, вимагаючи частих сервісних зупинок. Необхідність розробки мікрохвильового вакуум-випарного апарату

Для подолання зазначених проблем необхідний перехід від поверхневого підведення тепла до об'ємного (внутрішнього) генерування теплоти. Саме це забезпечує мікрохвильове випромінювання у поєднанні зі зниженим тиском.

Необхідність створення такого апарату обґрунтована такими технологічними перевагами:

Безпрецедентна швидкість процесу. Оскільки тепло не повинно долати термічний опір пристінкових шарів, швидкість випарювання зростає в рази порівняно з традиційними методами. Максимальне збереження якості.

					<i>KPM.ПотдЕМ.1.707-03.2.2</i>	Арк.
						8
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

Мінімальний час перебування продукту під дією навіть низьких «вакуумних» температур дозволяє майже на 100% зберегти вітаміни, корисні мікроелементи, початковий колір та аромат екстрактів чи концентратів. Високий енергетичний ККД. Енергія мікрохвиль поглинається безпосередньо продуктом (зокрема вологою), а не витрачається на нагрів корпусу апарату, повітря чи масивних теплообмінників.

					<i>КРМ.ПОтаЕМ.1.707-03.2.2</i>	Арк.
						9
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

1. КРИТИЧНИЙ ОГЛЯД ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ КОНЦЕНТРУВАННЯ ХАРЧОВИХ РОЗЧИНІВ

Концентрування харчових розчинів (соків, молока, сироватки, екстрактів тощо) є одним із ключових етапів у харчовій промисловості. Воно дозволяє знизити витрати на транспортування й зберігання продукції, підвищити її стійкість до мікробіологічного псування та підготувати сировину до подальшої переробки (наприклад, сушіння). Сучасне технологічне обладнання для концентрування базується на трьох основних принципах: термічному (випаровування), баромембранному (зворотний осмос, нанофільтрація) та кріогенному (виморожування).

Кожен із цих методів має свої конструктивні особливості, переваги та суттєві обмеження.

Вакуум-випарні установки (ВВУ). Випаровування залишається традиційним і найбільш поширеним методом концентрування. Для мінімізації термічної деструкції термолабільних речовин (вітамінів, барвників, білків) процес проводять під вакуумом при знижених температурах. В промисловості використовують кілька типів ВВУ [1]:

Циркуляційні випарні апарати (з природною або примусовою циркуляцією): Обладнані вертикальним трубчастим кип'ятильником. Критика: Продукт багаторазово проходить через зону нагріву, що призводить до значної теплової пролонгації. Це викликає потемніння соків (реакція Майяра) та появу «присмаку кип'ятіння» у молоці.

Плівкові випарні апарати (стікаючої або піднімної плівки): Продукт рухається тонкими шаром по внутрішній поверхні трубок під дією сили тяжіння або парового потоку. Критика: Забезпечують мінімальний час контакту з теплоносієм (лічені секунди) та високу інтенсивність теплообміну. Проте вони надзвичайно чутливі до збільшення в'язкості розчину. При досягненні високої концентрації сухих речовин плівка розривається,

					<i>КРМ.ПотдЕМ.1.707-03.2.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		10

виникають зони локального пригару, що псує якість продукту та блокує роботу обладнання.

Роторно-плівкові (скребкові) апарати: Продукт розподіляється по стінках за допомогою механічних лопатей (скребоків), що обертаються. Критика: Ідеально підходять для високоmanagement-в'язких і пастоподібних продуктів (томатна паста, пюре). Основний недолік — висока металомісткість, складність конструкції, наявність рухомих деталей, що потребують постійного обслуговування, та обмежена продуктивність. Головний недолік термічних ВВУ:

Висока енергоємність. Навіть використання багатокорпусних установок (3–5 корпусів) або систем термічної/механічної рекомпресії пари (TVR/MVR) лише частково нівелює колосальні витрати енергії на фазовий перехід води в пару.

Баромембранні установки Мембранні методи (зворотний осмос та нанофільтрація) здійснюють концентрування без фазового переходу води, шляхом розділення розчину на молекулярному рівні під дією надлишкового тиску, що перевищує осмотичний. У промисловості використовуються установки з рулонними, трубчастими або порожнистоволокнистими мембранними модулями. Переваги мембранного обладнання:

Низька енергоємність: Відсутність випаровування знижує витрати енергії в 3–5 разів порівняно з ВВУ.

Збереження якості: Процес проходить за температури 15–25°C, що повністю виключає термічну деградацію біологічно активних речовин, ароматичних компонентів та вітамінів. Критичні недоліки та обмеження: Концентраційна поляризація та гелеутворення (Fouling): На поверхні мембран швидко відкладається шар високомолекулярних сполук (білків, пектинів). Це призводить до стрімкого падіння продуктивності установки та вимагає частих, агресивних хімічних промивок (CIP-миття), що скорочує термін служби мембран. Осмотичний тиск: У міру концентрування розчину його осмотичний

					<i>КРМ.ПомдЕМ.1.707-03.2.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		11

тиск зростає. Коли він зрівнюється з робочим тиском насосу (зазвичай 4.0–6.0 МПа для зворотного осмосу), процес зупиняється. Через це мембранним методом неможливо отримати концентрацію сухих речовин вище 25–30% (для порівняння, ВВУ дають до 65–70%).

Кріоконцентратори (установки виморожування) Процес базується на розділенні рідкої та твердої фаз: розчин охолоджують нижче точки замерзання води, внаслідок чого утворюються чисті кристали льоду, які згодом відокремлюють від концентрованого маточного розчину. **--Типова установка складається з кристалізатора (скребкового теплообмінника) та сепараційного пристрою (центрифуги або промивної колони). Переваги кріогенного обладнання:

Абсолютне збереження органолептичних властивостей, первинного аромату, кольору та нативних концентратів, оскільки процес відбувається за мінусових температур у середовищі без доступу кисню. Метод є еталонним для виробництва преміальних соків, кавових та чайних екстрактів. Критичні недоліки обладнання:

Високі втрати продукту: Частина концентрованого розчину адсорбується на поверхні кристалів льоду. Навіть використання сучасних промивних колон не дозволяє повністю уникнути втрат сухих речовин із льодом (втрати можуть становити 1–3%). Складність та експлуатаційна вартість: Кріоконцентратори є конструктивно складними, металомісткими та дорогими в обслуговуванні системами. Енергетичні витрати на роботу холодильних компресорів та механічне розділення фаз є досить високими. Обмеження по в'язкості: Максимальний рівень концентрування обмежений 45–50% сухих речовин, оскільки подальше зростання в'язкості унеможливило якісне відокремлення кристалів льоду від концентрату.

					<i>KPM.ПотдЕМ.1.707-03.2.2</i>	Арк.
						12
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

Порівняльна характеристика обладнання для концентрування

Критерій порівняння	Вакуум-випарні установки (ВВУ)	Баромембранні установки (ЗО/НФ)	Кріоконцентратори
Максимальна концентрація (% СР)	Висока (до 75%)	Низька (до 30%)	Середня (до 50%)
Питомі енерговитрати	Високі (навіть із MVR/TVR)	Мінімальні	Високі (холодopоставка)
Вплив на якість продукту	Можлива термічна деструкція	Незначний (без нагріву)	Ідеальне збереження якості
Складність обслуговування	Середня	Висока (регенерація мембран)	Дуже висока (механіка + холод)
Капітальні інвестиції	Середні/Високі	Середні	Дуже високі

Критичний аналіз показує, що жодне з існуючих типів обладнання не є універсальним. ВВУ незамінні для отримання висококонцентрованих продуктів тривалого зберігання, але технологічно застарівають через низьку енергоефективність та теплове навантаження на продукт [2].

Мембранні установки є найбільш економічно вигідними, проте обмежені фізико-хімічними властивостями розчинів (осмотичний тиск). Кріоконцентратори забезпечують найвищу якість, але стримуються високою вартістю обладнання.

2. ОГЛЯД ПАТЕНТНИХ МАТЕРІАЛІВ

Патент на корисну модель CN216946278 «Високоєфективний пристрій для мікрохвильового випаровування концентрованих сольових стічних вод».

У даному корисному зразку розкрито пристрій для високоєфективного випаровування стічних вод з високим вмістом солі за допомогою мікрохвиль, що відноситься до сфери технологій очищення стічних вод з високим вмістом солі [3].

Зі стрімким розвитком промислових технологій у нашій країні якість життя людей значно покращилася, а в багатьох галузях промисловості висуваються все вищі вимоги до якості води. Наразі різні країни приділяють дедалі більше уваги питанням охорони навколишнього середовища, а вимоги щодо споживання енергії стають дедалі суворішими. Оскільки проблема дефіциту водних ресурсів у Китаї стає дедалі гострішою, комплексне використання стічних вод та концепція «нульових викидів» стали одними з найактуальніших питань у сфері охорони навколишнього середовища.

Стічні води з високим вмістом солей — це стічні води, загальна масова частка солей у яких перевищує один відсоток. Джерела таких стічних вод є дуже різноманітними: вони утворюються як у хімічній промисловості, так і в галузі виробництва пестицидів та електроенергетики. Вміст органічних речовин у високосольових стічних водах може значно відрізнятися залежно від виробничого процесу, типу та властивостей цих речовин, проте солі зазвичай представлені такими іонами, як Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ тощо. Зазначені речовини є необхідними для росту мікроорганізмів, які під час росту прискорюють ферментативні реакції та ефективно регулюють осмотичний тиск. Однак коли концентрація іонів перевищує певне значення, це може спричинити токсичний вплив на мікроорганізми.

Основними методами очищення звичайних високосольових стічних вод є випарювання, флокуляція та осадження, електроліз та технології мембранного розділення; метод випарювання дозволяє видаляти як солі, так і

					<i>KPM.ПотдЕМ.1.707-03.2.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		14

органічні забруднювачі зі стічних вод. Хоча використання природних умов для випарювання та концентрування високосольових стічних вод з метою зменшення обсягу скидання забруднюючих речовин є економічно доцільним, це вимагає певних природних умов та відповідної якості стічних вод. Метод коагуляції не дозволяє ефективно видаляти розчинені солі зі стічних вод з високим вмістом солі, але дозволяє ефективно видаляти колоїдний ХСК та одночасно знижувати каламутність стічних вод.

Опис корисної моделі

З метою вирішення зазначених технічних проблем у цій корисній моделі запропоновано пристрій для високоефективного випаровування високосольових стічних вод за допомогою мікрохвиль. Цей пристрій використовує енергію мікрохвиль для випаровування більшої частини води зі стічних вод, що дозволяє отримувати сухий продукт безпосередньо після випаровування. Вміст вологи в сухому матеріалі становить лише близько 10 %, що дозволяє використовувати його як нікельвмісний шлам для подальшої переробки або утилізації. Пристрій, що є предметом даного корисного зразка, не тільки забезпечує дотримання вимог щодо «нульового скидання» стічних вод з високим вмістом солі, але й дозволяє заощадити витрати на їх очищення, зменшуючи навантаження на систему охорони навколишнього середовища.

Для досягнення зазначених технічних цілей у даному корисному зразку застосовується таке технічне рішення:

Пристрій для високоефективного випаровування відходів з високим вмістом солі за допомогою мікрохвиль, що включає послідовно з'єднані генератор мікрохвильової енергії, систему передачі мікрохвильової енергії та реакційну камеру мікрохвильової енергії, причому зазначена реакційна камера мікрохвильової енергії встановлена на першій рамі, а на дні реакційної камери мікрохвильової енергії встановлено перший роликовий конвеєр для розміщення тиглів, на одній зі сторін реакційної камери мікрохвильової енергії

					<i>KPM.ПотдЕМ.1.707-03.2.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		15

встановлено комбінований пристрій дверцят печі, призначений для екранування мікрохвиль та герметизації газу;

на іншій стороні стінки реакційної камери мікрохвильової енергії розташовано трубопровід для відведення газу;

зовні реакційної камери мікрохвильової енергії, з боку, що межує з комбінованим пристроєм дверцят печі, встановлено другий роликовий конвеєр, який знаходиться на тому самому горизонтальному рівні, що й перший роликовий конвеєр;

блок вимірювання температури, призначений для вимірювання температури концентрованих сольових стоків у тиглі та передачі сигналу вимірної температури до зовнішнього контролера, вхідний сигнал якого підключений до шафи управління генератора мікрохвильової енергії.

Зазначена система передачі мікрохвильової енергії включає послідовно з'єднані за допомогою фланців триполюсний кільцевий розгалужувач, хвилевід з Е-подібним згином, прямий хвилевід, комбінацію хвилеводів з трьома регульовальними гвинтами та комбінацію розширювальних хвилеводів; при цьому триполюсний кільцевий розгалужувач з'єднаний з генератором мікрохвильової енергії, а комбінація розширювальних хвилеводів — з реакційною камерою мікрохвильової енергії;

зазначений розширювальний хвилевідний вузол подачі енергії включає розширювальний хвилевід рупорного типу, хвилевід з щілинною антеною або хвилевід з коаксіальною антеною.

Зовні тигля виконується мурування товщиною 100–300 мм; тигель має круглу або квадратну форму.

Реакційна камера мікрохвильової енергії виготовлена шляхом зварювання сталевих листів; у верхній частині або на бічних стінках зазначеної реакційної камери мікрохвильової енергії розташовані з'єднувальні отвори для хвилеводу живлення.

					<i>KPM.ПотдЕМ.1.707-03.2.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		16

Комплект дверцят печі включає: панель дверцят, гумову екрануючу прокладку, поворотний штифт або підйомну рейку, а також притискний механізм, причому

гумова екрануюча прокладка вмонтована в панель дверцят, а панель дверцят закріплена на рамі дверцят, розташованій на передній стороні резонансної камери мікрохвильової енергії, за допомогою підйомної рейки або поворотного штифта;

Зазначений притискний механізм притискає панель дверцят до рами дверцят, забезпечуючи герметичність камери та запобігаючи витоку мікрохвильової енергії та газу

Зазначений притискний механізм являє собою пневматичний циліндр.

У нижній частині зазначеного другого конвеєрного шляху встановлено другу раму.

Переваги:

По-перше, даний пристрій для високоефективного випаровування концентрованих сольових стоків за допомогою мікрохвиль використовує переваги мікрохвильової технології, застосовуючи її для обробки концентрованих сольових стоків, що дозволяє швидко випаровувати стоки за допомогою мікрохвиль, підвищуючи ефективність випаровування та зменшуючи вторинне забруднення від енергоспоживання.

По-друге, забезпечується «нульовий скид» стічних вод, що знижує витрати на їх очищення та зменшує забруднення навколишнього середовища.

По-третє, реалізовано онлайн-моніторинг температури стічних вод у режимі реального часу, що дозволяє уникнути таких аномальних ситуацій, як перегрів та плавлення внаслідок надмірного нагрівання.

По-четверте. Дана корисна модель — пристрій для високоефективного випаровування високосолоних стічних вод за допомогою мікрохвиль — займає невелику площу, зручна в монтажі та має високий рівень автоматизації.

					<i>KPM.ПотдЕМ.1.707-03.2.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		17

Схематичне зображення установки наведено на рис. 2.1, 2.2.

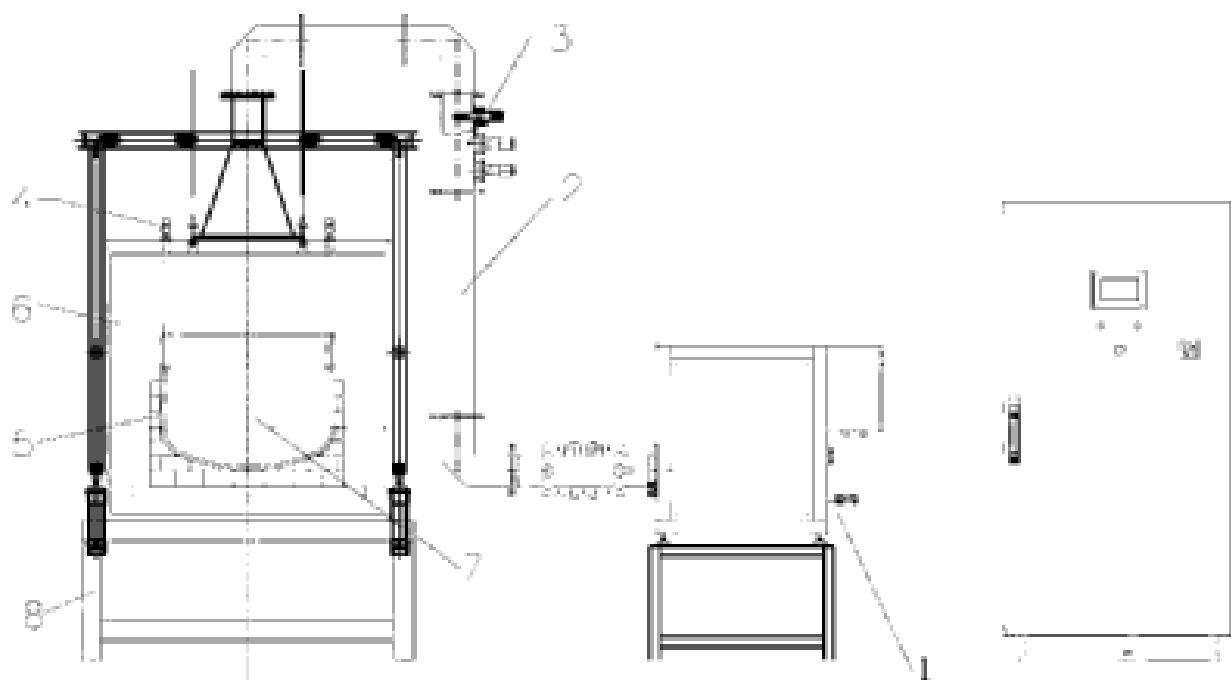


Рис. 2.1. – Схема установки для мікрохвильового випаровування концентрованих сольових стічних вод за патентом CN216946278.

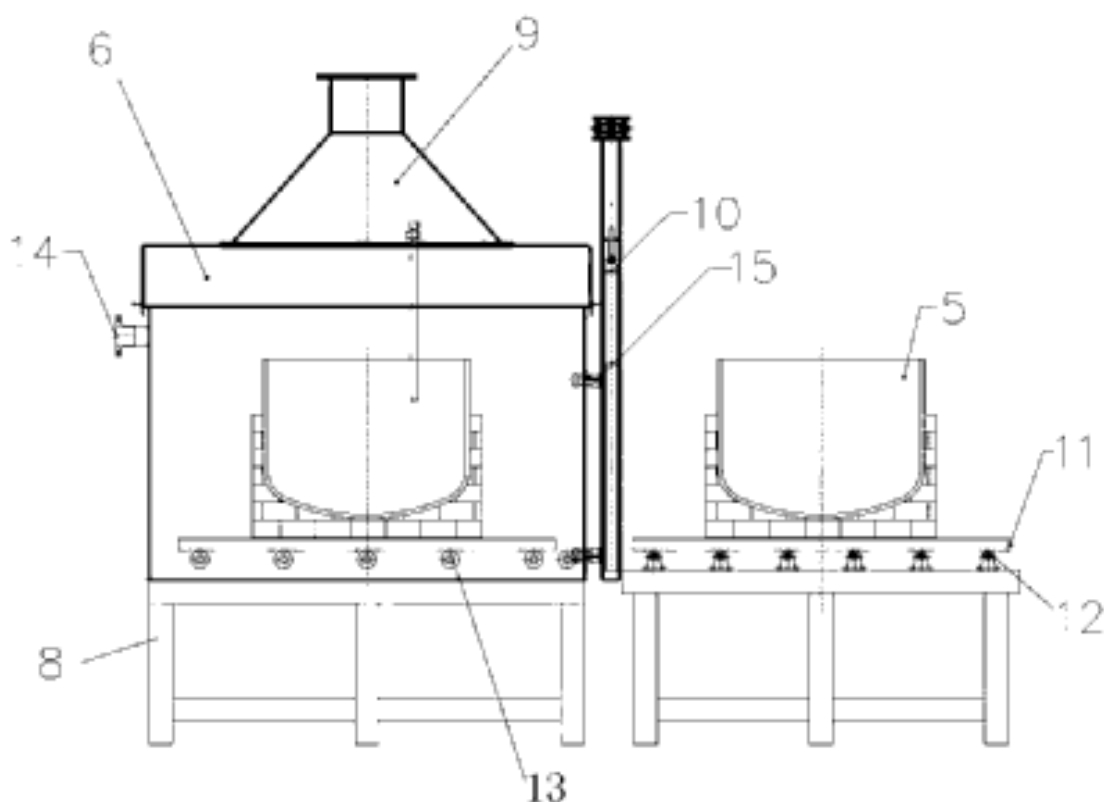


Рис. 2.2. – Боковий вигляд установки для мікрохвильового випаровування концентрованих сольових стічних вод за патентом CN216946278.

					<i>KPM.ПотдЕМ.1.707-03.2.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		18

Де: 1 — генератор мікрохвильової енергії; 2 — система передачі мікрохвильової енергії; 3 — тригвинтовий регулятор; 4 — блок вимірювання температури; 5 — тигель; 6 — реакційна камера мікрохвильової енергії; 7 — концентровані сольові стоки; 8 — перша рама; 9 — розширювальний хвилевід у формі рупора; 10 — комбінований пристрій дверцят печі; 11 — піддон; 12 — другий роликовий конвеєр; 13 — перший роликовий конвеєр; 14 — трубопровід для відведення газу; 15 — притискний механізм.

Конкретний варіант реалізації

Нижче наведено детальний опис технічного рішення даного корисного зразка з урахуванням малюнків, що додаються до опису, та конкретних прикладів реалізації.

Як показано на малюнку 1, даний корисний зразок пропонує пристрій для високоефективного випаровування стічних вод із високою концентрацією солі за допомогою мікрохвиль, основними компонентами якого є:

генератор мікрохвильової енергії 1, система передачі мікрохвильової енергії 2, тригвинтовий регулятор 3, блок вимірювання температури 4, тигель 5 та реакційна камера мікрохвильової енергії 6.

Вона включає послідовно з'єднані генератор мікрохвильової енергії 1, систему передачі мікрохвильової енергії 2 та реакційну камеру мікрохвильової енергії 6, причому зазначена реакційна камера мікрохвильової енергії 6 встановлена на першій рамі 8; всередині реакційної камери мікрохвильової енергії 6 розміщується тигель 5; на одній зі стінок реакційної камери мікрохвильової енергії 6 розташований трубопровід для відведення газу 14, на іншій бічній стінці реакційної камери мікрохвильової енергії 6 розташований комбінований пристрій дверцят печі 10, а на дні реакційної камери мікрохвильової енергії 6 розташований перший роликовий конвеєр 13;

зовні реакційної камери мікрохвильової енергії 6, з боку, що межує з комбінованим пристроєм дверцят печі 10, розташований другий роликовий

конвеєр 12, причому другий роликовий конвеєр 12 та перший роликовий конвеєр 13 знаходяться на одній горизонтальній висоті.

Як один із кращих варіантів реалізації даного корисного зразка, зазначена система передачі мікрохвильової енергії 2 включає послідовно з'єднані за допомогою фланців триполюсний кільцевий розгалужувач, хвилевід з Е-подібним згином, прямий хвилевід, комбінацію хвилеводів з трьома регульовальними гвинтами, хвилевід з Е-подібним згином, прямий хвилевід, хвилевід з Е-подібним згином та комбінацію розширювальних хвилеводів; причому триполюсний кільцевий перемикач з'єднаний з генератором мікрохвильової енергії 1, а комбінація розширювальних хвилеводів для подачі енергії з'єднана з реакційною порожниною мікрохвильової енергії 6;

зазначена комбінація розширювальних хвилеводів для подачі енергії включає розширювальний хвилевід типу «рупор», хвилевід з щілинною антеною або хвилевід з коаксіальною антеною.

Зовнішня поверхня тигля 5 обкладена шаром, товщина якого становить 100–300 мм.

Також включає блок вимірювання температури, який призначений для вимірювання температури концентрованих сольових стоків у тиглі 5 та передачі сигналу вимірної температури до зовнішнього контролера, вхідний канал якого з'єднаний із зазначеним мікрохвильовим шафою управління.

Комбінований пристрій дверцят печі включає: панель дверцят печі, гумову ущільнювальну стрічку, поворотний штифт або підйомні напрямні, а також притискний механізм, причому гумова ущільнювальна стрічка вмонтована в панель дверцят печі, а панель дверцят печі встановлена на рамі дверцят печі, розташованій з передньої сторони реакційної камери мікрохвильової енергії, за допомогою підйомних напрямних або поворотного штифта; зазначений притискний механізм притискає панель дверцят печі до

					<i>KPM.ПотдЕМ.1.707-03.2.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		20

рами дверцят печі, забезпечуючи відсутність витоку мікрохвильової енергії та газу з камери.

Як один із кращих варіантів реалізації даного корисного зразка, зазначений притискний механізм являє собою пневматичний циліндр.

Запропонований у даному корисному зразку пристрій для високоефективного випаровування концентрованих сольових стоків за допомогою мікрохвиль подає мікрохвильову енергію, що генерується генератором мікрохвиль, через систему передачі мікрохвильової енергії на концентровані сольові стоки; після поглинання мікрохвиль концентровані сольові стоки швидко випаровуються у водяну пару, яка відводиться через відсмоктувальний трубопровід.

Як один із варіантів реалізації даного корисного зразка, розміри реакційної камери 6 для мікрохвильової енергії становлять: 1,15 м × 1,15 м × 1,2 м; всередині розміщений тигель 5, внутрішній діаметр якого становить приблизно 0,71 м, а висота — приблизно 0,55 м; У тиглі 5 розміщують концентровані сольові стоки, висота завантаження яких становить приблизно 0,35 м; за допомогою мікрохвиль концентровані сольові стоки 7 швидко нагріваються до 100–110 °С.

Дно тигля 5 за допомогою опорної пластини 11 розміщується на зазначеній групі роликів.

У даному пристрої використовується один генератор мікрохвильової енергії 1 потужністю 25 кВт, що працює на частоті 915 МГц; мікрохвильова потужність подається через систему передачі мікрохвильової енергії 2. Для подачі енергії використовується розширювальний хвилевід у формі рупора, розташований у верхній частині з боків камери пристрою, що сприяє зменшенню відбиття та взаємної індукції, а також підвищенню рівномірності розподілу мікрохвиль.

Патент на корисну модель CN215609361 «Інтегрований пристрій для випаровування, концентрування та озолення в мікрохвильовій печі».

Цей корисний зразок належить до сфери технологій випарювання та озолення зразків, а саме стосується пристрою, що поєднує в собі функції мікрохвильового випарювання, концентрування та озолення [4].

Рівень техніки

Технологія випарювання, концентрування та озолення рідин під час попередньої обробки зразків широко застосовується в галузі аналітики, зазвичай для визначення мікроелементів у рідинах.

Традиційно для випарювання та концентрування зазвичай використовують нагрівання за допомогою електричних нагрівальних плит або водяної бані; перевага нагрівання за допомогою електронагрівальних плит полягає в низькій вартості та зручності експлуатації, однак існує проблема неточного регулювання температури, що може спричинити розбризкування рідини, впливаючи на результати аналізу, а також повільна швидкість випарювання; нагрівання у водяній бані також має проблему повільного випарювання.

Рідина, випарена та згущена за допомогою вищезазначених двох методів, потребує перенесення до камери печі для високотемпературного озолення.

Існуючі мікрохвильові концентризатори рідин використовують 2-літрові випарні чаші як ємності; кожна камера печі призначена для випарювання та концентрування одного зразка рідини. Після завершення концентрування концентрований розчин потрібно перенести в 100-мілілітрові тиглі та помістити їх у спеціальну камеру високотемпературної печі для озолення. Такий підхід вимагає значного об'єму обладнання: висота мікрохвильового концентратора для одночасної обробки чотирьох зразків становить приблизно 1,8 метра; крім того, під час озолення необхідно перемикати робочу камеру, а камера для озолення також займає значний

					<i>KPM.ПотдЕМ.1.707-03.2.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		22

простір, тому висота мікрохвильового концентратора, здатного одночасно обробляти 4 зразки та оснащеного функцією озолення, наближається до 2 метрів.

Отже, з огляду на вищезазначені технічні проблеми, існує нагальна потреба у пристрої, що забезпечує швидке випаровування та концентрування, а також об'єднує функції випаровування, концентрування та озолення.

Опис винаходу

Метою даного корисного зразка є створення інтегрованого пристрою для мікрохвильового випаровування, концентрування та озолення, який за допомогою джерела мікрохвиль та допоміжного нагрівального елемента одночасно здійснює швидке випаровування та концентрування рідини, а також озолення у мікрохвильовій камері; при цьому такий інтегрований пристрій займає мало місця.

Для вирішення зазначених технічних проблем у даному корисному зразку запропоновано таке технічне рішення:

Ця заявка стосується пристрою для інтегрального мікрохвильового випаровування, згущення та озолення, який характеризується тим, що включає:

систему управління;

мікрохвильову камеру, в яку поміщається рідина, що підлягає згущенню та озоленню;

принаймні одне джерело мікрохвиль, яке окремо з'єднане з зазначеною системою керування та призначене для подачі мікрохвиль у зазначену мікрохвильову камеру;

перший датчик температури, який з'єднаний із зазначеною системою керування та призначений для вимірювання температури зазначеної рідини;

канал відведення вологи, який з'єднаний із зазначеною мікрохвильовою камерою;

вентилятор відведення вологи, який з'єднаний із зазначеною системою керування та встановлений на зазначеному каналі відведення вологи;

допоміжний нагрівальний блок, який забезпечує додаткове нагрівання зазначеної рідини;

другий датчик температури, який з'єднаний із зазначеною системою управління та призначений для вимірювання температури зазначеного допоміжного нагрівального блоку.

У даній заявці зазначений інтегрований пристрій для випаровування, згущення та озолення за допомогою мікрохвиль також включає принаймні один вузол подачі рідини, який складається з:

Насос для введення, який з'єднаний із зазначеною системою керування та розташований зовні зазначеної мікрохвильової камери, призначений для відкачування рідини;

Трубопровід для введення, який приймає рідину, відкачану зазначеним насосом для введення, і частково проникає всередину зазначеної мікрохвильової камери;

відкритий резервуар, який розташований у зазначеній мікрохвильовій камері, причому зазначений відкритий резервуар приймає зазначену рідину, що вводиться через зазначений трубопровід для введення, а матеріал, з якого виготовлений зазначений відкритий резервуар, — кераміка, політетрафторетилен, високоборосилікатне скло або кварц.

У даній заявці зазначений насос для введення є насосом, здатним точно дозувати об'єм викачуваної рідини.

У даній заявці зазначений вузол подачі рідини також включає:

датчик рівня рідини, який з'єднаний із зазначеною системою керування та призначений для вимірювання рівня рідини у зазначеному відкритому резервуарі.

У даній заявці зазначений допоміжний нагрівальний блок розміщений у зазначеній мікрохвильовій камері;

					<i>KPM.ПотдЕМ.1.707-03.2.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		24

зазначений відкритий резервуар розміщений на зазначеному допоміжному нагрівальному блоці.

У даній заявці зазначений інтегрований пристрій для мікрохвильового випаровування, згущення та озолення також включає:

кронштейн, встановлений на внутрішній стороні дна зазначеної мікрохвильової камери, причому зазначений допоміжний нагрівальний блок встановлений на зазначеному кронштейні.

У даній заявці на зазначеному кронштейні передбачено перший позиціонувальний паз для встановлення зазначеного допоміжного нагрівального блоку;

зазначений допоміжний нагрівальний блок є нагрівальною плитою, що має принаймні один другий позиціонувальний паз, причому кожен другий позиціонувальний паз призначений для позиціонування відкритої ємності в кожному вузлі подачі рідини.

У даній заявці зазначений пристрій для мікрохвильового випаровування, згущення та озолення в одному пристрої також включає:

мікрохвильові захисні дверцята, причому зазначена мікрохвильова камера має отвір у передній частині, а зазначені мікрохвильові захисні дверцята призначені для відкривання та закривання зазначеного отвору у передній частині.

У даній заявці матеріал, з якого виготовлені зазначені мікрохвильові захисні дверцята, — це вуглецева сталь, нержавіюча сталь або алюміній, а бічна стінка зазначених мікрохвильових захисних дверцят, що звернена до внутрішньої частини мікрохвильової камери, покрита політетрафторетиленом.

У даній заявці зазначена система управління є системою управління з інтерактивним інтерфейсом.

Запропонований у даній заявці пристрій для мікрохвильового випаровування, згущення та озолення має такі корисні ефекти та переваги:

					<i>KPM.ПотдЕМ.1.707-03.2.2</i>	Арк.
						25
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

(1) Можливість нагрівання рідини, розміщеної в мікрохвильовій камері, за допомогою джерела мікрохвиль та допоміжного нагрівального елемента, а також регулювання температури рідини за допомогою першого датчика температури та системи управління, що дозволяє утримувати рідину в стані слабкого кипіння; при цьому пари, що утворюються під час випаровування рідини, виводяться з мікрохвильової камери через канал відведення вологи за допомогою вентилятора, що забезпечує швидке випаровування та концентрування; Після завершення концентрування за допомогою другого датчика температури та системи управління здійснюється контроль температури для виконання процесу озолення; випаровування, концентрування та озолення здійснюються в одній мікрохвильовій камері, що позбавляє від необхідності переливання рідини;

(2) Цей інтегрований пристрій має невеликі розміри, що дозволяє заощадити простір.

Після ознайомлення з конкретними варіантами реалізації даного винаходу у поєднанні з супровідними кресленнями інші особливості та переваги даного винаходу стануть більш зрозумілими.

Пояснення до малюнків

З метою більш наочного пояснення варіантів реалізації даного корисного зразка або технічних рішень, що належать до рівня техніки, нижче наводиться короткий опис малюнків, необхідних для опису варіантів реалізації даного корисного зразка або рівня техніки. Очевидно, що описані нижче малюнки є лише деякими варіантами реалізації даного корисного зразка; фахівець у даній галузі, не докладаючи творчих зусиль, може отримати інші малюнки на основі цих малюнків.

На рис. 1 показано фронтальний вигляд варіанту виконання запропонованого у цьому корисному зразку пристрою для мікрохвильового випаровування, згущення та озолення в одному пристрої;

На рис. 2 показано схематичне зображення внутрішньої будови варіанту виконання запропонованого у цьому корисному зразку пристрою для мікрохвильового випаровування, згущення та озолення в одному пристрої.

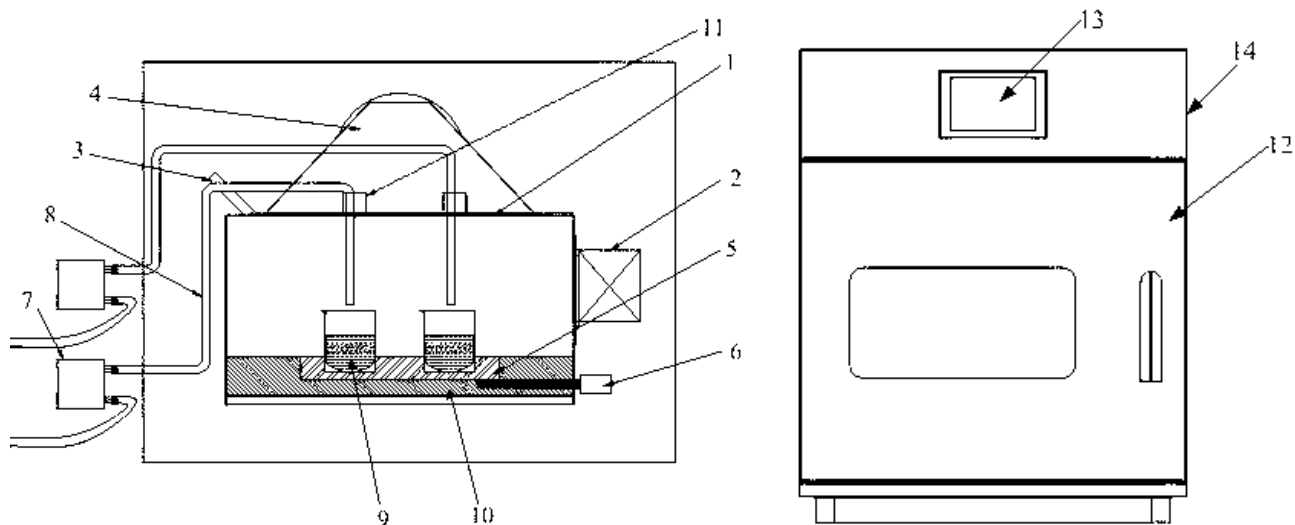


Рис. 2.3. – Схема інтегрованого пристрою для випаровування, концентрування та озолення в мікрохвильовій печі за патентом CN215609361.

Позначення на рисунках:

1 — мікрохвильова камера; 2 — джерело мікрохвиль; 3 — перший датчик температури; 4 — канал для відведення вологи; 5 — допоміжний нагрівальний блок; 6 — другий датчик температури; 7 — насос для подачі; 8 — трубопровід для подачі; 9 — відкрита ємність; 10 — кронштейн; 11 — датчик рівня рідини; 12 — екрановані дверцята для мікрохвиль; 13 — система управління з сенсорним екраном; 14 — корпус.

Конкретний варіант реалізації

Щоб краще зрозуміти мету, технічне рішення та переваги прикладів реалізації даного корисного зразка, нижче наведено чіткий та повний опис технічного рішення прикладів реалізації даного корисного зразка у поєднанні з малюнками до прикладів реалізації даного корисного зразка. Очевидно, що описані приклади реалізації є лише частиною прикладів реалізації даного корисного зразка, а не всіма прикладами реалізації. Усі інші варіанти реалізації, отримані фахівцем у даній галузі на основі прикладів реалізації

даного корисного зразка без застосування творчої діяльності, належать до сфери захисту даного корисного зразка.

Усі інші варіанти реалізації, отримані фахівцем у даній галузі на основі прикладів реалізації даного корисного зразка без застосування творчої праці, належать до сфери захисту даного корисного зразка. У описі даного корисного зразка слід розуміти, що терміни «центр», «верх», «низ», «перед», «зад», «ліво», «право», «вертикально», «горизонтально», «верх», «низ», «всередині», «зовні» тощо вказують на орієнтацію або просторові відносини, що базуються на орієнтації або просторових відносинах, показаних на кресленнях, і призначені виключно для зручності опису даного корисного зразка та спрощення опису, а не для вказівки чи натяку на те, що зазначені пристрої або елементи повинні мати певну орієнтацію, бути сконструйовані та функціонувати в певному положенні; отже, їх не слід трактувати як обмеження даного корисного зразка.

У описі даного корисного зразка слід зазначити, що, якщо інше не передбачено та не обмежено, терміни «встановлення», «з'єднання», «підключення» слід розуміти в широкому сенсі; наприклад, це може бути як нероз'ємне з'єднання, так і роз'ємне з'єднання, або з'єднання в єдине ціле. Фахівець у даній галузі може зрозуміти конкретне значення вищезазначених термінів у даному корисному зразку з урахуванням конкретних обставин. У описі вищезазначених варіантів реалізації конкретні ознаки, конструкції, матеріали або особливості можуть бути поєднані відповідним чином у будь-якому одному або декількох варіантах реалізації чи прикладах.

Терміни «перший» та «другий» використовуються виключно для описових цілей і не повинні тлумачитися як вказівка або натяк на відносну важливість, а також не мають на меті вказати на кількість зазначених технічних ознак. Отже, ознаки, що містять слова «перший» та «другий», можуть явно або неявно включати одну або більше таких ознак. У описі даного

корисного зразка, якщо не вказано інше, термін «кілька» означає дві або більше.

З метою швидкого випаровування, згущення та озолення рідин (наприклад, зразків сечі, води, крові тощо) дана заявка стосується пристрою для випаровування, згущення та озолення в мікрохвильовій печі.

Див. рис. 1 та рис. 2, на яких показано будову пристрою для випаровування, згущення та озолення в мікрохвильовій печі.

Цей комбінований пристрій для випаровування, згущення та озолення за допомогою мікрохвиль включає систему керування, мікрохвильову камеру 1, принаймні одне джерело мікрохвиль 2, перший датчик температури, канал відведення вологи 4, вентилятор для відведення вологи (не показаний), допоміжний нагрівальний блок 5 та другий датчик температури 6.

Система управління, яка є центром обробки даних та виконання операцій даного пристрою для мікрохвильового випаровування, згущення та озолення, з'єднана з джерелом мікрохвиль 2, першим датчиком температури, вентилятором для відведення вологи та другим датчиком температури 6.

Рідина, що підлягає згущенню та озолення (може бути одна або кілька), розміщується в мікрохвильовій камері 1; мікрохвилі подаються до мікрохвильової камери 1 за допомогою принаймні одного джерела мікрохвиль 2, розташованого зовні мікрохвильової камери 1, причому енергія мікрохвиль безпосередньо впливає на рідину всередині мікрохвильової камери 1.

У разі наявності декількох джерел мікрохвиль 2 їх можна розмістити з певним інтервалом на зовнішній стороні бічних стінок мікрохвильової камери 1, що забезпечує багатостороннє нагрівання мікрохвильової камери 1 та дозволяє швидко нагрівати рідину.

Допоміжний нагрівальний блок 5 розташований усередині мікрохвильової камери 1 і призначений для забезпечення допоміжного нагрівання рідини.

Джерела мікрохвиль 2 та допоміжний нагрівальний блок 5 одночасно подають тепло до мікрохвильової камери 1, що дозволяє швидко здійснити випаровування, згущення та озолення рідини.

У даній заявці, як показано на рис. 2, на внутрішній стороні дна мікрохвильової камери 1 розташований кронштейн 10.

Допоміжний нагрівальний елемент 5 може бути електричною нагрівальною трубкою, нагрівальною трубкою з кремній-вуглецевого стрижня, нагрівальною трубкою з кремній-молібденового стрижня тощо, і з'єднаний із системою управління.

Цей допоміжний нагрівальний елемент 5 може бути встановлений на кронштейні 10, який може бути виготовлений з матеріалу, що добре проводить тепло.

Рідина, що підлягає згущенню та озолення, може бути розміщена у відкритій ємності, встановленій на цій опорі 10; наприклад, на цій опорі 10 передбачені позиціонувальні пази (не позначені), у яких фіксується відкрита ємність.

Під час роботи допоміжного нагрівального блоку 5, керованого системою управління, тепло, що генерується допоміжним нагрівальним блоком 5, передається на опору 10, а відтак нагріває рідину у відкритій ємності, забезпечуючи випаровування та згущення рідини.

Відкрита ємність виготовлена з термостійкого матеріалу; можна вибрати кераміку, політетрафторетилен, боросилікатне скло або кварц.

У цьому способі перший датчик температури використовується для вимірювання температури рідини; за допомогою системи управління, що керує джерелом мікрохвиль 2 та допоміжним нагрівальним блоком 5, підтримується температура рідини на рівні першої заданої температури (тобто температури, при якій завершується випаровування та згущення), що забезпечує випаровування та згущення рідини.

Другий датчик температури 6 призначений для вимірювання температури допоміжного нагрівального елемента 5, яка слугує контрольною температурою процесу озолення.

Після завершення випаровувального згущення за допомогою системи керування регулюють роботу джерела мікрохвиль 2 та допоміжного нагрівального елемента 5, підтримуючи температуру озолення на рівні другої заданої температури (тобто температури завершення озолення); наприклад, її можна підтримувати протягом певного часу, щоб забезпечити процес озолення рідини.

Як альтернатива, допоміжний нагрівальний елемент 5 може бути допоміжною нагрівальною пластиною, яка містить матеріал, що сильно поглинає мікрохвилі, та оболонку з фторованого поліетилену.

Ця допоміжна нагрівальна пластина встановлюється за допомогою позиціонувальних пазів, прорізаних у кронштейні 10.

Рідина, що підлягає згущенню та озолення, може бути розміщена у відкритій ємності, встановленій на цій допоміжній нагрівальній пластині; наприклад, на цій допоміжній нагрівальній пластині передбачені позиціонувальні пази, в яких фіксується відкрита ємність.

Коли джерело мікрохвиль 2 починає працювати, матеріал, що сильно поглинає мікрохвилі, поглинає їх, внаслідок чого його температура швидко підвищується, і енергія мікрохвиль передається рідині.

У цьому альтернативному варіанті виконання перший датчик температури використовується для вимірювання температури рідини; за допомогою системи управління здійснюється регулювання джерела мікрохвиль 2 з метою підтримки температури рідини на рівні першої заданої температури, що забезпечує випаровування та згущення рідини.

Після завершення випаровування та згущення за допомогою системи управління здійснюється регулювання джерела мікрохвиль 2 з метою підтримки температури, виміряної другим датчиком температури 6, на рівні

другої заданої температури, наприклад, протягом певного часу, що забезпечує процес озолення рідини.

Як показано на рис. 2, перший датчик температури 3, про який йшлося вище, може бути інфрачервоним термометром, встановленим на мікрохвильовій камері, зонд якого проникає всередину мікрохвильової камери 1 і здатний направляти інфрачервоний промінь на поверхню рідини, що дозволяє точно вимірювати температуру рідини.

Як альтернатива, можна також використовувати термопару.

Другий датчик температури 6 також розміщений на мікрохвильовій камері 1, а його зонд може заглиблюватися всередину мікрохвильової камери 1; цей другий датчик температури 6 може бути інфрачервоним термометром або термопарою, що не обмежується в даному описі.

У даній заявці одночасно використовуються джерело мікрохвиль 2 та допоміжний нагрівальний блок 5 для нагрівання мікрохвильової камери 1, що забезпечує велику кількість тепла та швидке випаровування, згущення та озолення рідини.

Під час нагрівання рідини всередині мікрохвильової камери 1 джерелом мікрохвиль 2 та допоміжним нагрівальним блоком 5 рідина утворює пару. Для подальшого підвищення швидкості випаровування, концентрування та озолення передбачено канал відведення вологи 4 та вентилятор відведення вологи. У стані легкого кипіння рідини за допомогою вентилятора відведення вологи пара, що утворюється під час випаровування рідини, виводиться з мікрохвильової камери 1 через канал відведення вологи 4, що забезпечує швидке випаровування та концентрування.

Канал відведення вологи 4 встановлений на мікрохвильовій камері 1 і з'єднаний з нею, що дозволяє виводити вологу, що утворюється під час нагрівання та випаровування рідини, за межі мікрохвильової камери 1.

Вентилятор для видалення вологи встановлений на повітроводі 4 для видалення вологи; цей вентилятор може бути вентилятором із змінною частотою обертання або вентилятором з постійною потужністю, а система управління здатна регулювати об'єм повітря, що виводиться вентилятором, відповідно до потужності джерела мікрохвиль 2.

Коли потужність джерела мікрохвиль 2 велика, здатність нагрівання рідини висока, утворюється багато пари, тому відповідна продуктивність вентилятора для відведення вологи повинна збільшуватися; коли потужність джерела мікрохвиль 2 мала, здатність нагрівання рідини слабка, утворюється мало пари, тому відповідна продуктивність вентилятора для відведення вологи повинна зменшуватися.

З метою підвищення ефективності випаровувального згущення у даній заявці рідина подається у визначених кількостях, а випаровувальне згущення рідини здійснюється поетапно.

Для цього передбачено принаймні один вузол подачі рідини, кожен з яких відповідає одному виду рідини; на рис. 2 показано два вузли подачі рідини.

Кожен вузол подачі рідини включає насос подачі 7, трубопровід подачі 8 та відкритий резервуар 9.

Насос подачі 7 розташований зовні мікрохвильової камери 1 і призначений для відкачування рідини, що підлягає згущенню та озолення.

Рідину, що підлягає згущенню та озолення, можна зберігати у зовнішньому резервуарі (не показано), а за допомогою насоса для подачі 7 викачувати рідину з цього резервуара.

Викачана рідина через трубопровід для подачі 8 подається у відкритий резервуар 9; як зазначено вище, відкритий резервуар 9 фіксується на допоміжному нагрівальному блоці 5 за допомогою позиціонувальних пазів на цьому блоці.

У даній заявці відкритою ємністю 9 може бути тигель.

					<i>KPM.ПотдЕМ.1.707-03.2.2</i>	Арк.
						33
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

Зазначений вище насос для закачування 7 може бути насосом, здатним точно дозувати об'єм закачуваної рідини, наприклад, дозувальним насосом, перистальтичним насосом тощо.

Система управління може через певні проміжки часу керувати роботою насоса для закачування 7 та закачувати певну кількість рідини, доки вся рідина із зовнішнього резервуара не буде повністю закачана у відповідну відкриту ємність 9.

Крім того, може бути встановлений датчик рівня рідини, призначений для вимірювання рівня рідини у відкритій ємності 9.

У даній заявці, як показано на рис. 2, датчик рівня рідини 11 може бути ультразвуковим датчиком рівня, встановленим у мікрохвильовій камері 1, причому ультразвукові хвилі, що випромінюються датчиком, здатні визначати поверхню рідини у відкритому резервуарі 9.

Коли рівень рідини опускається нижче заданого рівня, система управління вмикає насос для закачування 7, причому об'єм рідини, що закачується у відкритий резервуар 9, може залежати від проміжку часу від увімкнення до вимкнення насоса для закачування 7.

Також, якщо насос 7 забезпечує точне регулювання об'єму, коли рівень рідини нижчий за заданий, система управління може керувати включенням насоса 7 для закачування фіксованої кількості рідини за один цикл.

У разі необхідності випаровування, концентрування та озолення декількох видів рідин можна паралельно встановити кілька насосів 7, кілька трубопроводів 8 та кілька відкритих ємностей 9, причому їхня кількість має бути однаковою.

Такий підхід дозволяє здійснювати одночасне концентрування та озолення різних видів рідин.

Оскільки кілька відкритих ємностей 9 розміщені в мікрохвильовій камері 1 і додатково нагріваються допоміжним нагрівальним блоком 5, для зручності контролю можна використовувати лише один інфрачервоний датчик

температури для вимірювання температури однієї з рідин, що дозволить оцінити температуру всіх рідин.

Оскільки ступінь випаровування та концентрування різних видів рідин є різним, для кожного виду рідини необхідно встановити окремий датчик рівня рідини 11.

Мікрохвильова камера 1 має отвір у передній частині (не показано), що дозволяє розміщувати всередині мікрохвильової камери 1 кронштейн 10, допоміжний нагрівальний елемент 5 та відкритий контейнер 9 через цей отвір.

Як показано на рис. 1, встановлено мікрохвильову захисну дверцята 12, призначену для відкриття та закриття зазначеного отвору, причому ці мікрохвильові захисні дверцята 12 мають конструкцію, що запобігає витоку мікрохвиль.

Мікрохвильова камера 1 та мікрохвильові захисні дверцята 12 утворюють закриту металеву внутрішню порожнину.

Матеріалом для виготовлення цих мікрохвильових захисних дверцят 12 можуть бути такі метали, як вуглецева сталь, нержавіюча сталь, алюміній тощо, а для запобігання корозії внутрішній шар мікрохвильових захисних дверцят 12 покритий шаром політетрафторетилену.

У цій заявці, як показано на рис. 1, система керування є системою з інтерактивним інтерфейсом, наприклад, цей інтерфейс є сенсорним екраном, і ця система керування є сенсорною системою керування 13.

За допомогою сенсорного екрану можна запускати джерело мікрохвиль 2, перший датчик температури 3, другий датчик температури 6, вентилятор для видалення вологи та датчик рівня рідини 11.

Процес випаровування, концентрування та озолення рідини описано нижче.

(1) Встановити кронштейн 10 у мікрохвильову камеру 1, розмістити допоміжний нагрівальний елемент 5 на кронштейні 10, а потім встановити тигель на допоміжний нагрівальний елемент 5.

(2) Рідину, що підлягає концентруванню та озолення, під точним контролем дозування за допомогою насоса 7 подати в тигель через подавальний трубопровід 8.

(3) Закрийте захисні дверцята мікрохвильової камери 12.

(4) За допомогою сенсорного екрану увімкніть джерело мікрохвиль 2.

(5) Увімкніть перший датчик температури 3, вентилятор для відведення вологи та датчик рівня рідини 11.

(6) Коли датчик рівня рідини 11 зафіксує, що рівень рідини опустився нижче заданого значення, увімкніть насос для подачі 7; рідина, що подається насосом, надходить у тигель через подавальний трубопровід 8.

(7) Повторюйте крок (6) доти, доки вся рідина із зовнішнього корпусу не буде влита в тигель.

Під час зазначеного процесу випаровування та концентрування необхідно забезпечити, щоб температура, яка вимірюється першим датчиком температури 3, підтримувалася на рівні першої заданої температури; за умов контролю температури рідина злегка кипить, а пара, що утворюється під час випаровування, відводиться з мікрохвильової камери 1 за допомогою вентилятора для відведення вологи, що забезпечує швидке випаровування та концентрування.

(8) Увімкнути другий датчик температури 6 і завершити процес озолення, коли виміряна температура досягне заданого другого попередньо встановленого значення та утримуватиметься протягом заданого проміжку часу.

За допомогою запропонованого в цій заявці інтегрованого пристрою для мікрохвильового випаровування, згущення та озолення можна зосередити процеси випаровування, згущення та озолення в мікрохвильовій камері 1, уникнути переливання рідини та підвищити ефективність згущення й озолення.

Крім того, цей інтегрований пристрій дозволяє здійснювати випаровування та концентрування рідини партіями та у кілька етапів, що знижує вимоги до загального об'єму пристрою, дозволяє спроектувати його з меншими розмірами та зменшити займану площу; також забезпечує паралельне випаровування, концентрування та озолення різних рідин, підвищуючи ефективність обробки.

У даній заявці цей інтегрований пристрій для мікрохвильового випаровування, концентрування та озолення також включає корпус 14, який формує зовнішній вигляд усього пристрою.

Наостанок слід зазначити: наведені вище приклади реалізації слугують лише для ілюстрації технічного рішення даного корисного зразка, а не для його обмеження; незважаючи на детальний опис даного корисного зразка з посиланням на вищезазначені приклади реалізації, фахівець у даній галузі повинен розуміти: він все ще може вносити зміни до технічних рішень, описаних у вищезазначених прикладах реалізації, або замінювати деякі технічні ознаки на еквівалентні; при цьому такі зміни або заміни не виводять суть відповідного технічного рішення за межі духу та обсягу технічних рішень прикладів реалізації даного корисного зразка.

Патент на корисну модель KR1020140143549 «Випарник із мікрохвильовим нагріванням та система вакуумного осадження, що містить такий випарник».

Цей винахід стосується пристрою для випаровування з використанням мікрохвильового нагрівання та системи вакуумного осадження, що його містить, а точніше — пристрою для випаровування з використанням мікрохвильового нагрівання, який дозволяє безпосередньо нагрівати рідину за допомогою мікрохвиль для підвищення швидкості її випаровування, та системи вакуумного осадження, що його містить [5].

Рівень техніки

					<i>KPM.ПотдЕМ.1.707-03.2.2</i>	Арк.
						37
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

Метод флеш-осадження з використанням рідини полягає у розпиленні рідини за допомогою ультразвукового розпилювача у вигляді дрібних крапель та їх розподілі в ємності, що підтримується на високій температурі. Ці краплі при контакті зі стінками ємності миттєво переходять у газоподібний стан. Цей процес запобігає відокремленню або дистиляції мономеру в рідкому стані та забезпечує підтримку однорідного складу рідини в газоподібній фазі. Такий процес флеш-осадження описано в зареєстрованому в США патенті № 4,954,371.

У зареєстрованому в США патенті № 4,954,371 основною метою винаходу є випаровування крапель рівномірного розміру шляхом їх безперервного розпилення на поверхню матеріалу, температура якої підтримується вище температури випаровування.

При цьому, якщо в якості розпилюваних крапель використовується мономер, важливо сформувати поверхню, температура якої постійно підтримується вище температури випаровування; якщо температура поверхні буде нижчою за температуру випаровування, мономер у рідкому стані з'єднається між собою, утворивши полімер. Оскільки температура випаровування з'єднаного полімеру вища за температуру випаровування мономеру, він випаровується ще важче, що в результаті призводить до його твердіння та забруднення поверхні; а через великий тепловий опір забрудненої поверхні процес твердіння відбувається ще активніше, що прискорює забруднення поверхні.

Крім того, випаровування під час контакту з поверхнею відбувається переважно за рахунок передачі теплової енергії від поверхні до мономеру через теплопровідність, тому кількість переданого тепла обмежується площею контакту та різницею температур між поверхнею й мономером. При цьому площа контакту та температура поверхні обмежуються технологічними умовами, методами регулювання температури та геометричними

					<i>KPM.ПотдЕМ.1.707-03.2.2</i>	Арк.
						38
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

обмеженнями, тому об'єм мономеру, що може випаровуватися, також обмежується.

Більше того, оскільки для випаровування мономеру в рідкому стані потрібна значна кількість теплоти випаровування, якщо поверхні не буде надано достатньої кількості тепла, температура поверхні знову знизиться, що в кінцевому підсумку призведе до її забруднення.

Крім того, у випадках, коли мономер у рідкому стані циркулює без контакту з поверхнею матеріалу, а теплопередача за допомогою теплопровідності або випромінювання ускладнена, випаровування мономеру у рідкому стані стає складним, що в результаті призводить до того, що цей мономер у рідкому стані також вступає у реакцію з полімером.

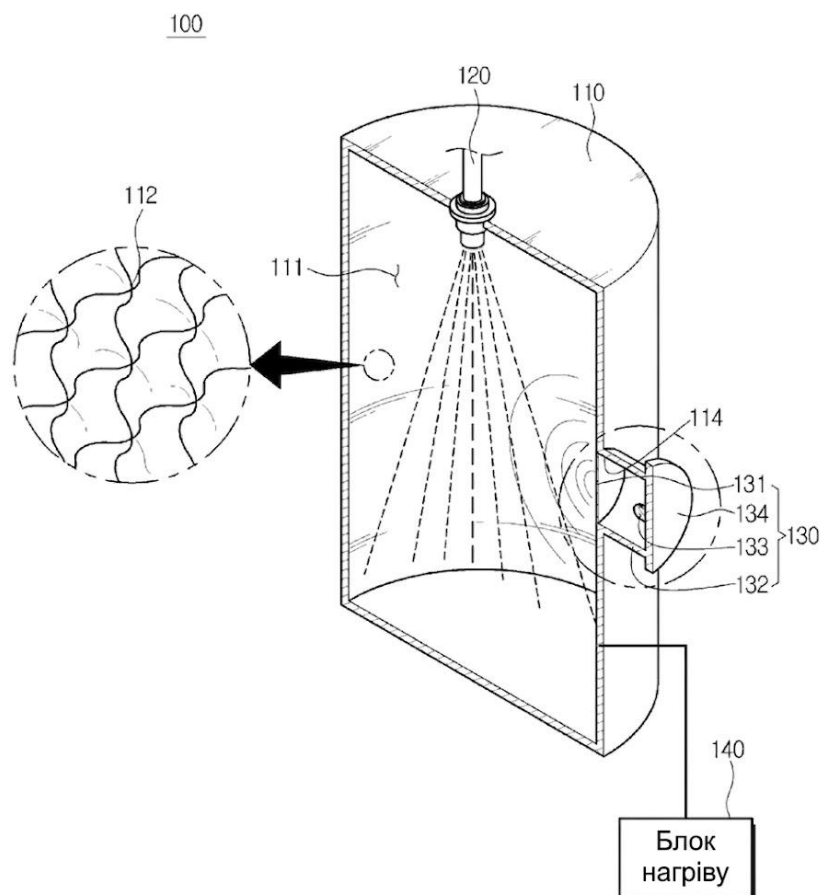


Рис. 2.4. Схема випарника із мікрохвильовим нагріванням та система вакуумного осадження, що містить такий випарник, за патентом KR1020140143549.

Детальний опис винаходу

Проблема, яку необхідно вирішити

Отже, метою даного винаходу є вирішення зазначених вище проблем, що існують у традиційних рішеннях, шляхом створення пристрою для випаровування з використанням мікрохвильового нагрівання, здатного швидко випаровувати рідину, що впорскується всередину корпусу, а також вакуумної системи напilenня, оснащеної таким пристроєм.

Засоби вирішення проблеми

Згідно з цим винаходом, зазначена мета досягається за допомогою: блоку подачі рідини, що подає рідину з полярністю; корпусу, що забезпечує простір для випаровування рідини, яка вводиться всередину з блоку подачі рідини; блоку подачі мікрохвиль, розташованого на зовнішній поверхні корпусу, який нагріває рідину, що вводиться всередину корпусу, шляхом подачі мікрохвиль; а також нагрівальний блок, що нагріває корпус таким чином, щоб температура внутрішньої поверхні корпусу була вищою за температуру випаровування рідини, що дозволяє рідині випаровуватися завдяки теплообміну з внутрішньою поверхнею корпусу, характеризується тим, що на внутрішній поверхні корпусу утворені рельєфні виступи, які розсіюють мікрохвилі, що подаються з блоку подачі мікрохвиль, і реалізується за допомогою пристрою випаровування з використанням мікрохвильового нагрівання. При цьому бажано, щоб зазначений блок подачі мікрохвиль, розташований у зазначеному корпусі, містив: отвір, який запобігає надходженню зовнішньої рідини всередину зазначеного корпусу, але пропускає мікрохвилі; направляючу частину, яка відбиває мікрохвилі, що надходять всередину, у бік зазначеного отвору; та блок генерації мікрохвиль, який генерує мікрохвилі всередині зазначеної направляючої частини.

Крім того, бажано, щоб корпус був виготовлений з корозійностійкого матеріалу.

					<i>KPM.ПотдЕМ.1.707-03.2.2</i>	Арк.
						40
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

При цьому бажано, щоб нагрівальний блок нагрівав корпус за допомогою індукційного нагрівання.

Також бажано, щоб всередині корпусу панував вакуум.

При цьому бажано, щоб рідина, що подається з вищезазначеного блоку подачі рідини всередину корпусу, містила мономер, розчинений компонент та фотоініціатор.

Крім того, метою даного винаходу є: пристрій для випаровування з використанням вищезазначеного мікрохвильового нагрівання; підкладку; соплову частину, яка отримує випарену рідину з пристрою для випаровування з використанням мікрохвильового нагрівання та розпилює її у напрямку підкладки; та вакуумну камеру, яка вміщує всередині підкладку та соплову частину, а її внутрішня частина перебуває у вакуумному стані; що характеризується вакуумною системою осадження.

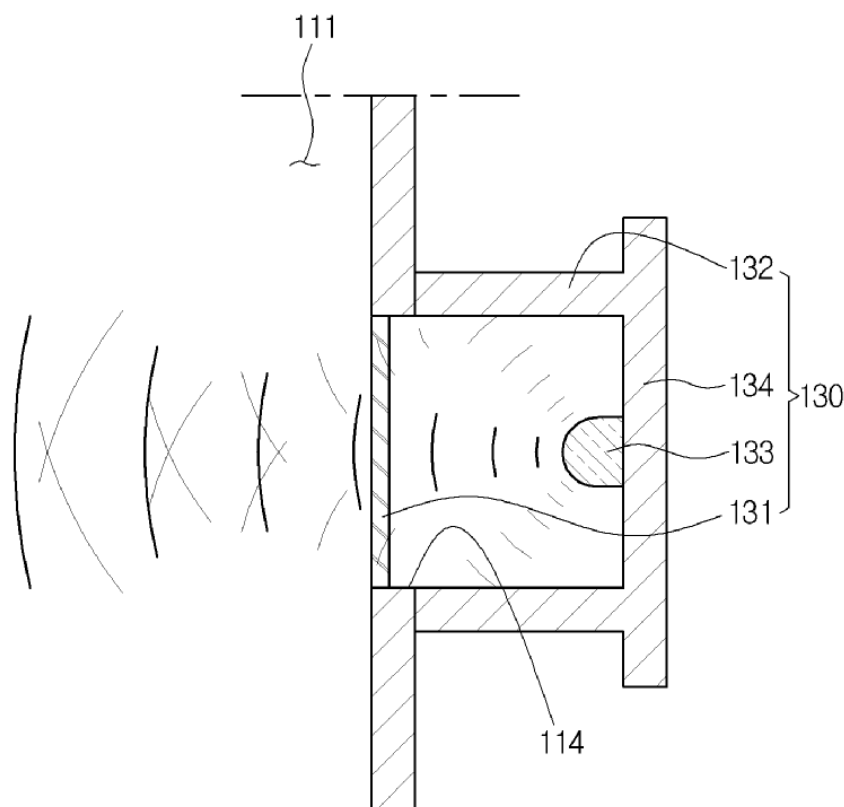


Рис. 2.5. Схематичний поперечний розріз блоку подачі мікрохвиль у пристрої для випаровування з використанням мікрохвильового нагрівання.

Ефект винаходу

Згідно з даним винаходом, пропонується пристрій для випаровування, що використовує мікрохвильове нагрівання, який дозволяє рівномірно випаровувати полярну рідину, що подається всередину порожнистої частини, шляхом нагрівання самої полярної рідини, яка подається в порожнисту частину за допомогою мікрохвиль, а також вакуумна система нанесення покриттів, оснащена таким пристроєм.

Крім того, можна випаровувати також полярну рідину, що впорскується всередину порожнистої частини.

Крім того, завдяки підвищенню щільності мікрохвиль (microwave density) можна випаровувати полярну рідину без підвищення температури порожнистої частини.

Також використання мікрохвиль дозволяє нагрівати лише рідину в рідкому стані, виключаючи випарену рідину, що є вигідним для регулювання температури випареної рідини.

					<i>КРМ.ПОтаЕМ.1.707-03.2.2</i>	Арк.
						42
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

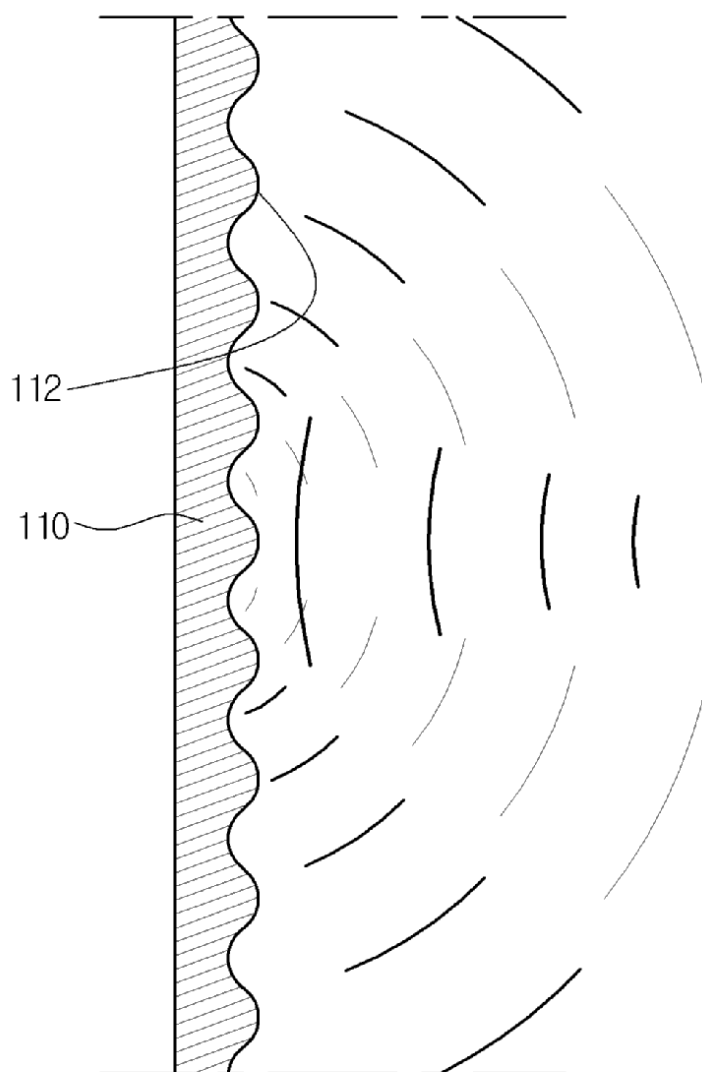


Рис. 2.6. Поперечний розріз, що схематично зображує відбивання мікрохвиль від нерівностей, утворених на внутрішній поверхні корпусу пристрою для випаровування з використанням мікрохвильового нагрівання.

Конкретні деталі реалізації винаходу

Перед початком опису слід зазначити, що в різних варіантах реалізації для компонентів, які мають однакову конструкцію, використовуються однакові позначення, і їх опис наводиться на прикладі першого варіанту реалізації, тоді як в інших варіантах реалізації описуються конструкції, що відрізняються від першого варіанту.

Далі, з посиланням на додані креслення, детально описується пристрій для випаровування з використанням мікрохвильового нагрівання згідно з першим варіантом реалізації даного винаходу, а також вакуумна система осадження, оснащена таким пристроєм.

Рис. 1 є розрізним видом, що схематично зображує пристрій для випаровування з використанням мікрохвильового нагрівання згідно з першим варіантом реалізації даного винаходу.

Як видно з рис. 1, пристрій для випаровування з використанням мікрохвильового нагрівання згідно з першим варіантом реалізації даного винаходу та вакуумна система осадження (100), оснащена таким пристроєм, здатні нагрівати та випаровувати рідину з певною полярністю, що подається всередину корпусу, і містять корпус (110), блок подачі рідини (120), блок подачі мікрохвиль (130) та нагрівальний блок (140).

У корпусі (110) утворено порожнину (111) — простір, у якому випаровується полярна рідина, що подається з блоку подачі рідини (120), про який йтиметься далі, — і саме всередині цієї порожнини (111) відбувається випаровування рідини.

Відповідно до першого варіанту реалізації даного винаходу, корпус (110) виконаний у формі циліндра, але цим не обмежується.

При цьому може бути додатково передбачений канал (113) для відведення газоподібної рідини, що утворилася в результаті випаровування рідини, поданої з блоку подачі рідини (120), але цим не обмежується.

Водночас, згідно з першим варіантом реалізації даного винаходу, на корпусі (110) утворені рельєфні виступи (112), які запобігають поглинанню мікрохвиль, що подаються з блоку подачі мікрохвиль (130), про який йтиметься далі, внутрішньою стінкою корпусу (110) та забезпечують їхнє випадкове розсіяння у різних напрямках.

Тобто, якщо на внутрішній поверхні корпусу (110) утворені рельєфні виступи (112), мікрохвилі завдяки дифузному відбиванню можуть впливати

					<i>КРМ.ПотдЕМ.1.707-03.2.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		44

майже на всю площу порожнистої частини (111), що дозволяє максимізувати швидкість випаровування рідини, що подається з пристрою подачі рідини (120).

Водночас корпус (110), нагріваючись за допомогою нагрівального елемента (140), про який йтиметься далі, до температури, вищої за температуру випаровування рідини, випаровує рідину, що контактує з внутрішньою поверхнею корпусу (110), запобігаючи при цьому повторному зрідженню вже випареної рідини.

Тобто корпус (110), або принаймні внутрішні стінки корпусу (110), що контактують із рідиною, підтримують температуру, вищу за температуру випаровування рідини, завдяки чому рідина, контактуючи з корпусом (110), випаровується під дією тепла, що передається від корпусу (110).

При цьому корпус (110), а точніше внутрішня поверхня корпусу (110), що контактує з рідиною, може бути виготовлений з корозієстійкого матеріалу, що запобігає корозії внаслідок зміни стану рідини, але це не є обмежувальним.

З іншого боку, згідно з першим варіантом реалізації даного винаходу, утворюється отвір (114) для введення портового елемента (131), про який йтиметься далі, але це не є обмежувальним.

Зазначений блок подачі рідини (120) призначений для подачі полярної рідини в порожнисту частину (110).

					<i>КРМ.ПотдЕМ.1.707-03.2.2</i>	Арк.
						45
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

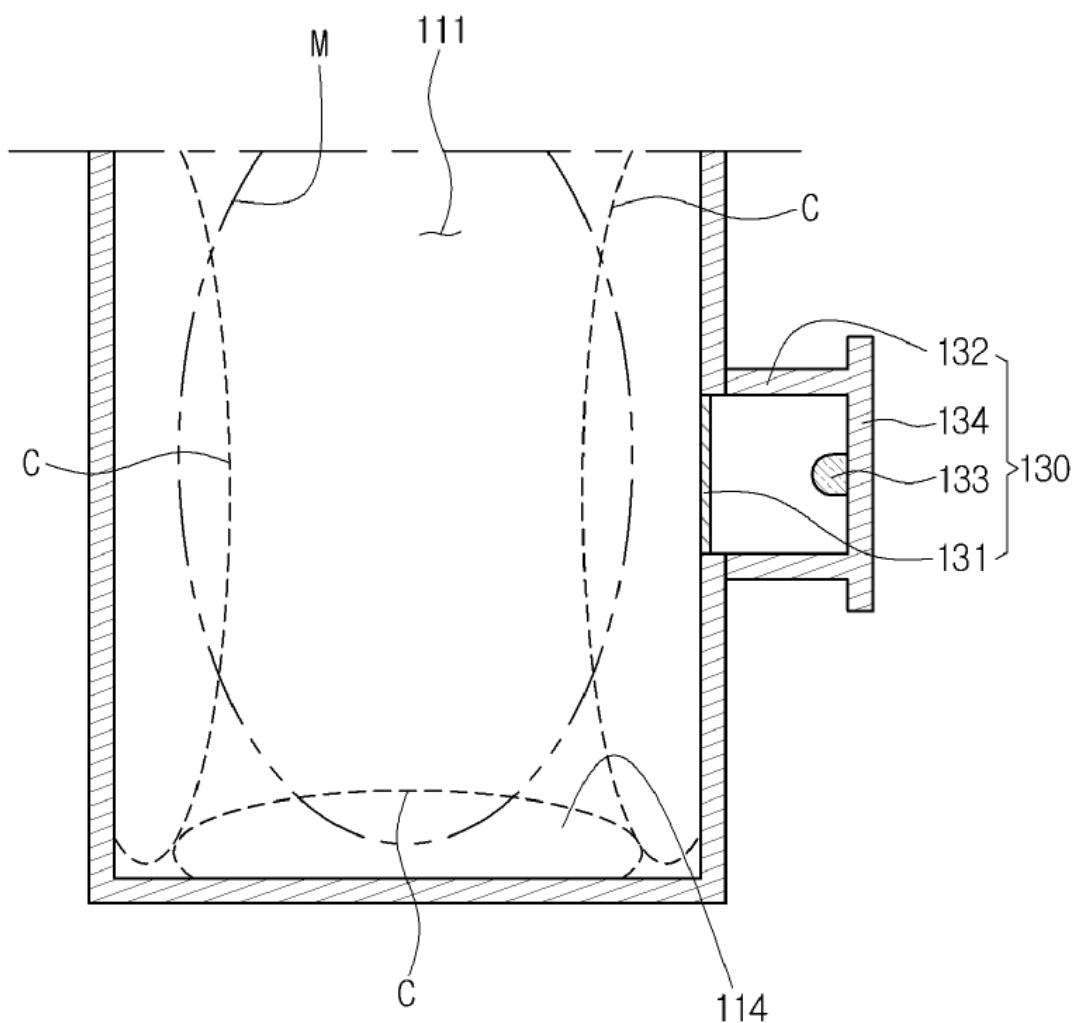


Рис. 2.7. Поперечний розріз, що схематично зображує процес випаровування, що відбувається всередині корпусу пристрою для випаровування з використанням мікрохвильового нагрівання.

Відповідно до першого варіанту реалізації даного винаходу, блок подачі рідини (120) виконаний у вигляді ультразвукового розпилювального сопла (Ultrasonic spray nozzle: USN), яке вібрує з частотою в десятки кГц для безперервного розпилення дрібних крапель, що дозволяє розпилювати рідину з розміром частинок на мікро- або нанорівні, однак це не є обмеженням.

Крім того, у першому варіанті реалізації даного винаходу рідина, що подається всередину корпусу (110) через блок подачі рідини (120), може

містити мономер, розчинник та фотоініціатор, але цим не обмежується, і може використовуватися з різними рідинами, що містять олігомери, смоли тощо.

Крім того, рідина, що подається всередину корпусу (110), може бути у рідкому стані, але цим не обмежується; оскільки за допомогою мікрохвиль можна нагрівати лише рідину в рідкому стані, то можна подавати рідину, що є сумішшю рідкої та газоподібної фаз. Про спосіб селективного нагрівання рідини в рідкому стані за допомогою мікрохвиль йдеться далі.

На рис. 2 показано схематичний поперечний розріз пристрою випаровування з використанням мікрохвильового нагрівання, зображеного на рис. 1, на якому зображено блок подачі мікрохвиль.

Як видно з рис. 2, зазначений блок подачі мікрохвиль (130) розташований на зовнішній поверхні корпусу (110) і призначений для подачі мікрохвиль всередину корпусу (110), тобто в порожнину (111); він включає отвір (131), направляючу (132) та блок генерації мікрохвиль (133).

Зазначений порт (131) розташований на корпусі (110) і призначений для пропускання мікрохвиль, але перекриває доступ зовнішнього повітря, підтримуючи у порожнистому просторі (111) вакуум.

Відповідно до першого варіанту реалізації даного винаходу, портовий блок (131) вставляється у прохідний отвір (114) і закріплюється з притиском для запобігання проникненню зовнішнього повітря, однак це не є обмежувальним.

При цьому портовий блок (131) може бути виготовлений з матеріалів, через які можуть проходити мікрохвилі, таких як кераміка, скло, органічні або неорганічні волокна, однак це не є обмежувальним.

Крім того, отвір (131) може бути виконаний з товщиною, меншою за товщину корпусу (110), щоб забезпечити легке проходження мікрохвиль, але це не є обмежувальним.

Зазначена направляюча частина (132) виступає назовні від поверхні, що протилежна отвору (131), і направляє мікрохвилі, що надходять зсередини, у

бік отвору (131). Однак достатньо, щоб направляюча частина (132) виступала назовні від межі області, що включає область, де сформована портна частина (131).

При цьому внутрішня стінка направляючої частини (132) бажано виконана з матеріалу, здатного відбивати мікрохвилі так, щоб вони зосереджувалися та поширювалися у бік портної частини (131), хоча це не є обов'язковим.

Водночас, оскільки матеріали, здатні відбивати мікрохвилі, є загальновідомими, детальний опис тут опускається.

Зазначена секція генерації мікрохвиль (133) подає мікрохвилі у внутрішню частину направляючої секції (132).

Відповідно до першого варіанту реалізації даного винаходу, блок генерації мікрохвиль (133) виконаний у вигляді магнетрона, але не обмежується цим.

Водночас, для запобігання проникненню мікрохвиль, що генеруються блоком генерації мікрохвиль (133), у направляючий елемент (132), може додатково передбачатися завершальний елемент (134), що закриває направляючий елемент (132), але це не є обмежувальним.

Якщо ще раз описати взаємозв'язки блоку подачі мікрохвиль (130), то один кінець направляючого елемента (132) стикається з корпусом (110), а інший кінець з'єднаний із заглушкою (134), що герметизує внутрішню частину направляючого елемента (132).

При цьому у корпусі (110), що стикається з одним кінцем направляючої частини (132), утворено наскрізний отвір (114), у який вставлено порт (131), що ізолює корпус (110) від зовнішнього середовища.

Крім того, на іншому кінці направляючої частини (132) розташована заглушка (134), яка ізолює внутрішню частину направляючої частини (132) від зовнішнього середовища.

Водночас на поверхні заглушки (134), що звернена до направляючої частини (132), розташований блок генерації мікрохвиль (133), який генерує мікрохвилі всередині направляючої частини (132) генерує мікрохвилі, які надходять у порожнисту частину (111) через порт (131).

Зазначений нагрівальний блок (140) нагріває корпус (110) таким чином, щоб він міг підтримувати температуру, вищу за температуру випаровування рідини, що подається в порожнисту частину (111).

Тобто, нагріваючи корпус (110) за допомогою нагрівального елемента (140), можна забезпечити випаровування рідини, яка не випарувалася під дією мікрохвиль, при контакті з внутрішньою поверхнею корпусу (110) завдяки передачі тепла, а також запобігти зрідженню випареної рідини при контакті з внутрішньою поверхнею корпусу (110).

Таким чином, нагрівання рідини двома способами — за допомогою мікрохвиль та теплопередачі від корпусу (110) — дозволяє підвищити швидкість випаровування рідини. При цьому співвідношення нагрівання за допомогою мікрохвиль та нагрівання за рахунок теплопередачі від корпусу можна регулювати шляхом зміни принаймні одного з таких параметрів: інтенсивності мікрохвиль, температури внутрішньої поверхні або площі контакту з внутрішньою поверхнею.

					<i>КРМ.ПотдЕМ.1.707-03.2.2</i>	Арк.
						49
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

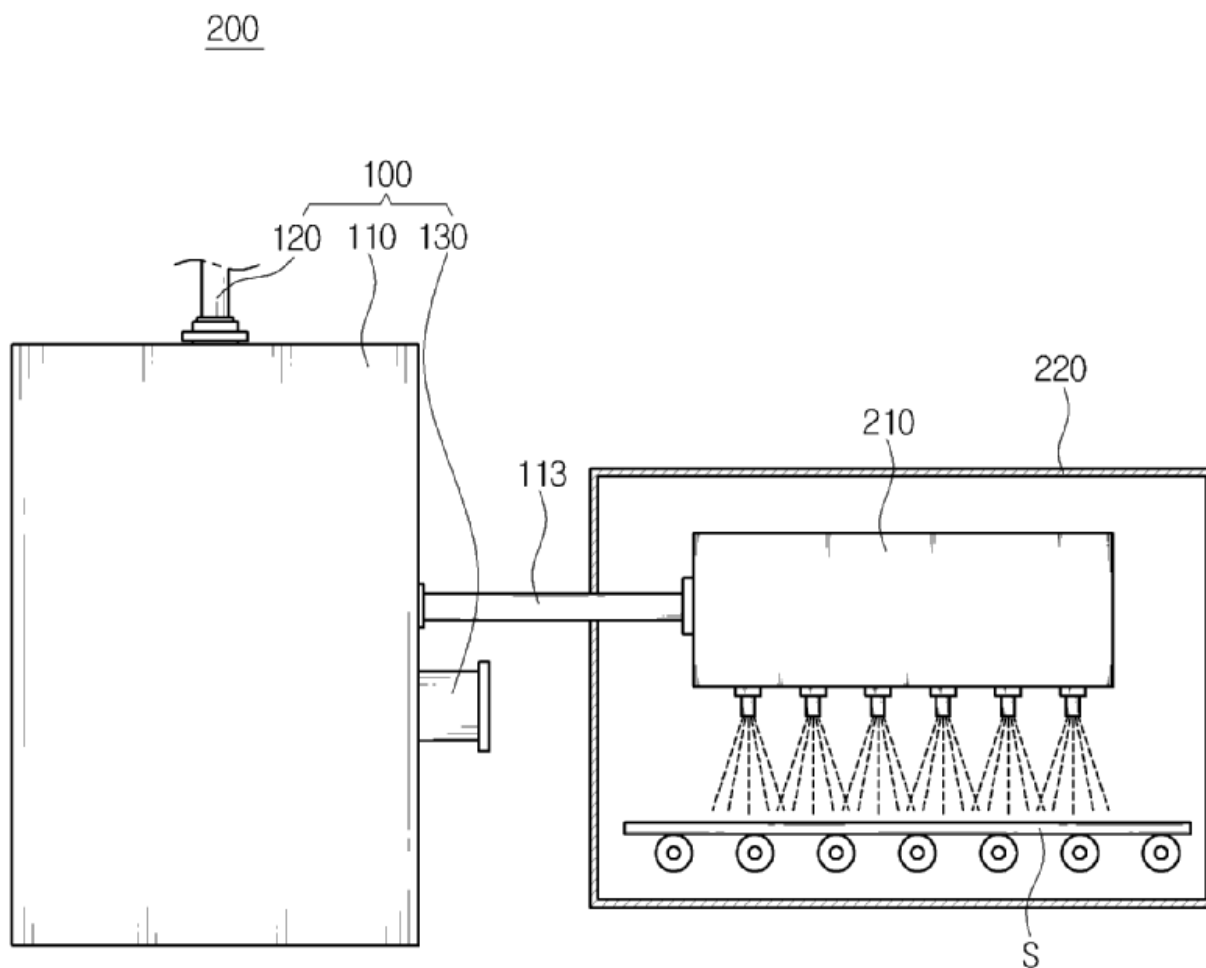


Рис. 2.8. Фронтальний вигляд, що схематично зображує систему вакуумного осадження, оснащену пристроєм для випаровування з використанням мікрохвильового нагрівання відповідно до другого варіанту реалізації даного винаходу.

Водночас нагрівальний елемент (140) згідно з першим варіантом реалізації даного винаходу може бути виконаний у вигляді котушки, розміщеної на зовнішньому краю або знизу корпусу (110), що дозволяє нагрівати корпус (110) за допомогою індукційного нагрівання, однак це не є вичерпним обмеженням.

Далі буде описано роботу першого варіанту реалізації вищезазначеного пристрою випаровування з використанням мікрохвильового нагрівання та вакуумної системи осадження, що його містить.

Перш ніж пояснити спосіб функціонування згідно з першим варіантом реалізації даного винаходу, слід зазначити, що рідина з певною полярністю, яка подається з блоку подачі рідини (120) до порожнистої частини (111), бажано має бути повністю у рідкому стані, хоча вона може містити газ; оскільки немає необхідності спеціально випаровувати газ, то основну увагу приділятимемо способу випаровування рідини.

Крім того, залежно від стану однієї й тієї ж рідини її просто позначають як рідину або газ.

Тут засоби випаровування рідини включають два методи: метод із використанням мікрохвиль та метод, що базується на контакті з корпусною частиною (110); хоча випаровування не відбувається в певній послідовності, для зручності пояснення ми описуємо процес випаровування в порядку: спочатку метод із використанням мікрохвиль, а потім метод, що базується на контакті з корпусною частиною (110).

Коли мікрохвилі генеруються блоком генерації мікрохвиль (133), вони проходять через направляючий блок (132) і подаються через порт (131) у порожнисту частину (111).

Мікрохвилі, подані в порожнисту частину (111), вступають у реакцію з рідиною, що має полярність.

Як правило, коли на молекули з полярністю діє електричне поле, молекули вирівнюються у напрямку цього поля.

У цьому випадку, якщо мікрохвилі, що мають властивість швидко змінювати електричне поле, спрямувати на рідину з полярністю, то така рідина швидко вирівнюється у напрямку електричного поля; оскільки відстань між молекулами рідини зазвичай невелика, під час вирівнювання під дією мікрохвиль у напрямку електричного поля між молекулами, що знаходяться

близько одна до одної, виникає тертя, внаслідок якого утворюється теплова енергія.

Під дією цієї теплової енергії рідина нагрівається і зрештою випаровується.

Водночас, у випадку, коли мікрохвилі впливають на газ, що вже випарувався, або на газ, який надходить із секції подачі рідини (120), — а саме на газ із полярністю — відстань між молекулами є великою, тому тертя практично відсутнє, а отже, теплова енергія майже не утворюється; тому навіть при впливі мікрохвиль зміна температури практично не відбувається.

Тобто, якщо мікрохвилі подавати на рідину з полярністю, теплова енергія вибірково виникає лише в рідкій фазі цієї рідини, що призводить до її випаровування, тоді як у газовій фазі особливих змін не відбувається.

Рис. 3 — це схематичний поперечний переріз, що ілюструє, як мікрохвилі відбиваються від нерівностей, утворених на внутрішній поверхні корпусу пристрою для випаровування з використанням мікрохвильового нагрівання, показаного на рис. 1.

Як видно з рис. 3, на внутрішній поверхні корпусу (110) утворені нерівності (112), завдяки чому мікрохвилі, що рухаються в бік внутрішньої поверхні корпусу (110), розсіюються нерівностями (112) і поширюються на більшу частину області, де утворена порожниста частина (111), а бажано — на всю цю область.

Водночас, хоча бажано, щоб рідина повністю випаровувалася під дією мікрохвиль, частина рідини може отримати недостатньо теплової енергії для випаровування через слабкий вплив мікрохвиль.

Така рідина плаває всередині порожнистої частини (111), рухається під дією гравітації до нижньої поверхні корпусу (110) і, зрештою, контактує з внутрішньою стінкою корпусу (110).

Корпусна частина (110) достатньо нагрівається нагрівальною частиною (140) до температури, вищої за температуру випаровування рідини, тому під

час контакту з корпусною частиною (110) рідина отримує достатньо тепла, щоб випаровуватися.

Отже, рідина, що контактує з корпусною частиною (110), також випаровується, отримуючи тепло від корпусної частини (110) отримує тепло і випаровується.

Крім того, під час того, як рідина, що контактує з корпусною частиною (110), отримує тепло від корпусної частини (110) і досягає температури, вищої за температуру випаровування, мікрохвилі також нагрівають рідину, тому вона не тільки швидко нагрівається, але й зниження температури поверхні внаслідок поглинання енергії випаровуваною рідиною також зменшується.

Рис. 4 є поперечним перерізом, на якому схематично зображено процес випаровування всередині корпусної частини у пристрої для випаровування з використанням мікрохвильового нагрівання, показаному на рис. 1.

Як видно з рис. 4, область (С) поділяється на зону, де випаровування відбувається під впливом контакту з корпусом (110), та зону (М), де випаровування відбувається під впливом мікрохвильового нагрівання. Однак область, де рідина випаровується, не обмежується лише зоною, показаною на рис. 4, а є лише прикладом.

Далі пояснюється пристрій для випаровування з використанням мікрохвильового нагрівання згідно з другим варіантом реалізації даного винаходу, а також вакуумна система осадження, що його містить.

Рис. 5 є схематичним фронтальним видом вакуумної системи осадження, що містить пристрій для випаровування з використанням мікрохвильового нагрівання згідно з другим варіантом реалізації даного винаходу.

Як показано на рис. 5, пристрій для випаровування з використанням мікрохвильового нагрівання згідно з другим варіантом реалізації даного винаходу та вакуумна система осадження (200), що його містить, отримують випарену рідину через пристрій для випаровування з використанням

мікрохвильового нагрівання, описаний у першому варіанті реалізації, та осаджують її на підкладку, а саме: включає пристрій випаровування з використанням мікрохвильового нагрівання (100), підкладки (S), соплову частину (210) та вакуумну камеру (220).

Щодо зазначеного пристрою випаровування з використанням мікрохвильового нагрівання (100) було надано пояснення у першому варіанті реалізації, тому детальний опис цього пристрою опущено.

Зазначена підкладка (S) є носієм, на який осаджується рідина, що випарувалася з пристрою випаровування (100) з використанням мікрохвильового нагрівання.

Зазначена соплова частина (210) з'єднана з каналами (113) і, отримуючи рідину, що випарувалася з пристрою випаровування (100) з використанням мікрохвильового нагрівання, розпилює її у напрямку підкладки (S).

Тут, оскільки рідина з пристрою випаровування (100), що використовує мікрохвильове нагрівання, випаровується рівномірно, вона може рівномірно осідати на підкладці (S) через соплову частину (210).

Зазначена вакуумна камера (220) вміщує всередині вищезазначену підкладку (S) та соплову частину (210), підтримує вакуумний стан, щоб рідина, що розпилюється з соплової частини (210), осідала на підкладці (S).

Водночас на бічній поверхні вакуумної камери (220) може бути окремо передбачений отвір (не показано) для введення підкладки (S) та виведення підкладки (S) з нанесеним шаром, однак це не є обмеженням.

Далі буде наведено опис роботи вищезазначеного випарного пристрою, що використовує мікрохвильове нагрівання, та вакуумної системи осадження (200), яка його містить.

Процес випаровування рідкої рідини з певною полярністю у випарному пристрої (100), що використовує мікрохвильове нагрівання, є таким самим, як описано у першому прикладі реалізації, тому тут детальний опис опущено.

Рідина, випарена за допомогою вищезазначеного пристрою випаровування (100) з використанням мікрохвильового нагрівання, тече через канал (113) до соплової частини (210), розташованої всередині вакуумної камери (220).

У сопловій частині (210) випарена рідина знову розпилюється на поверхню підкладки (S), де вона осідає.

При цьому вакуумна камера (220), що вміщує підкладку (S) та соплову частину (210), підтримує вакуумний стан, що дозволяє запобігти осадженню домішок разом із випареною рідиною.

Обсяг прав на даний винахід не обмежується вищезазначеним прикладом реалізації, а може бути втілений у вигляді різноманітних прикладів реалізації в межах доданих формул винаходу. Не виходячи за межі суті даного винаходу, заявленої в формулі винаходу, вважається, що будь-яка особа, яка володіє звичайними знаннями в технічній галузі, до якої належить даний винахід, може здійснити його в різних варіантах, що не виходять за межі формули винаходу.

					КРМ.ПотдЕМ.1.707-03.2.2	Арк.
						55
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

3. ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ ОБРАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

Традиційні технології концентрування харчових розчинів методом випарювання мають певний ряд недоліків, головним серед яких є поверхневе підведення енергії – теплопередача, яка в свою чергу призводить до пригорання продукту на стінках апаратів при суттєвому підвищенні концентрації сухих речовин. Відповідно до цього, отримання високих значень концентрацій є неможливим без зниження харчової цінності початкової сировини та псування продукту в цілому. Результати патентного пошуку показали, що вирішенням вищевказаних проблем активно займаються в усьому світі. Проте розглянуті конструкції є періодичного типу і, відповідно, обмеженими за продуктивністю.

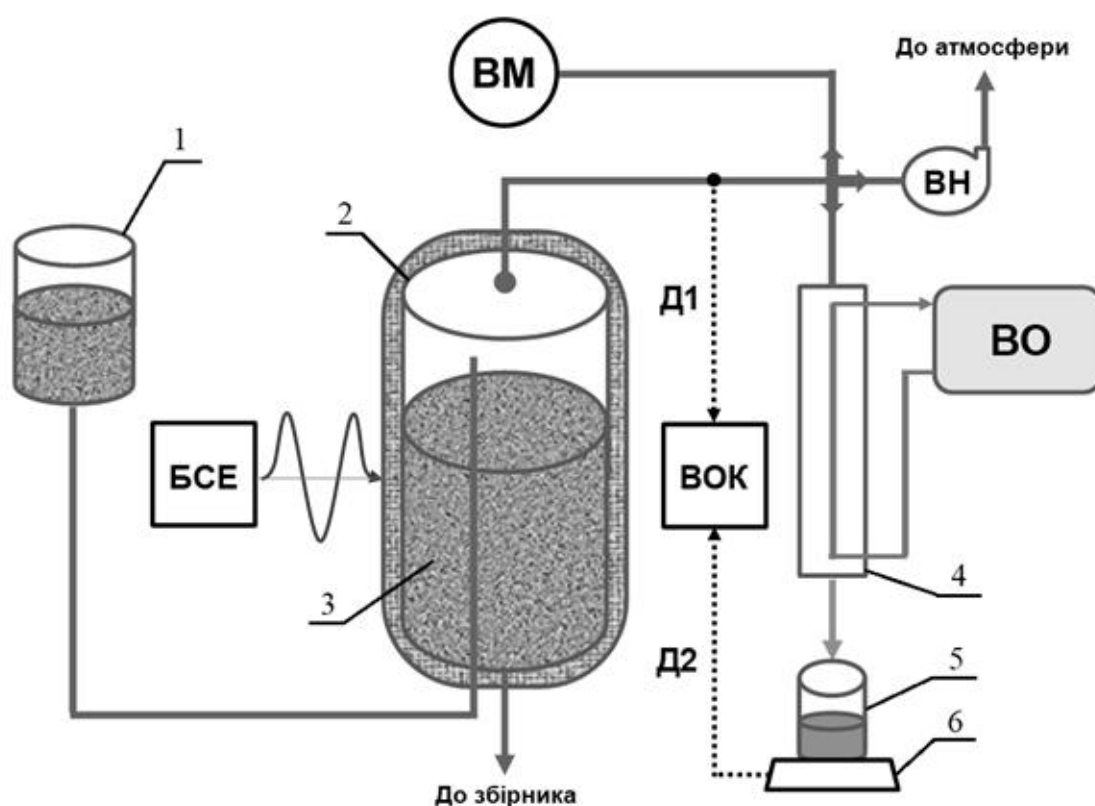
Задля вирішення зазначених проблем пропонується конструкція установки для концентрування харчових розчинів у вакуум-випарній установці з мікрохвильовим підведенням енергії. Реалізація установки дозволяє забезпечити процес видалення вторинної пари за низьких температур в потоці. Це дає змогу зберегти якість кінцевого продукту, а мікрохвильове джерело енергії з об'ємним принципом підведення забезпечує отримання високих концентрацій сухих речовин без перегріву.

					<i>КРМ.ПотдЕМ.1.707-03.2.2</i>	Арк.
						56
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

4. ОПИС ТА СТЕНДОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАТИКИ РОЗРОБЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ УСТАНОВКИ

4.1. Опис станду для досліджень МХ ВВУ безперервної дії.

Експериментальний станд (рис. 5.4) складається із ємності початкової сировини (1), МХ вакуум-випарної установки (ВВУ) (2), вакуум-насосу (ВН), конденсатора (4), водоохолоджувача (ВО), збірника конденсату (5). Збір та обробка даних здійснюється за допомогою вимірювально-обчислювального комплексу (ВОК).



1 – ємність початкового продукту, 2 – реакційний об'єм, 2 – продукт,
4 – конденсатор, 5 – збірник конденсату, 6 – ваги, ВМ – вакуумметр,
ВН – вакуум-насос, ВО – водоохолоджувач, БСЕ – блок силової електроніки,
ВОК – вимірювально-обчислювальний комплекс, Д1 – сигнал температури пари,
Д2 – сигнал електронних ваг.

Рис. 4.1. Схема експериментального станду для дослідження МХ ВВУ.

МХ ВВУ за допомогою паропроводу з'єднана з конденсатором. Контроль вакууму в системі здійснюється за допомогою зразкового вакуумметра. Блок силової електроніки за сигналами блоку управління, до якого входить регулятор потужності і таймер, організовує підведення

електромагнітної енергії до продукту. Поточні значення датчику температури пари на виході (Д1) і електронних ваг (6) через інтерфейс надходять на процесор БОК для подальшої обробки. В якості вимірювальних приладів були використані: електронні ваги ТВЕ-0,21-0,01 і датчик температури Dallas DS 18b20. Збір інформації здійснювався з використанням планшету CHUWI CW1506. Програма реєстрації та обробки даних була реалізована на базі SCADA-системи Simp Light.



Рис. 4.2. Стенд для випробувань MX BVM.

Фото стенду, на якому проводилися дослідження експериментального зразка установки, приведено на рисунку 4.2.

					<i>КРМ.ПотдЕМ.1.707-03.2.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		58

4.2. Результати стендових досліджень статички МХ ВВУ безперервної дії.

Основними завданнями статичних стендових випробувань установки були:

- перевірка герметичності експериментального стенду для можливості проведення дослідів в умовах вакууму;
- визначення теплових втрат вакуум-випарного установки в навколишнє середовище;
- визначення раціонального рівня завантаження вакуум-випарної установки сировиною.

Для перевірки герметичності системи використані вакуум-насос і вакуумметр зразковий. За допомогою вакуум-насоса було забезпечено розрядження в системі стенду до 10 кПа. По закінченню доби показання вакуумметра залишалося практично незмінним, що свідчило про надійність елементів системи і сполучних вузлів.

Теплова ізоляція корпусу ВВУ виконана з шару пінопласту товщиною 40 мм і тепловідбиваючого екрану із пенофолу товщиною 3 мм. Температури на поверхні теплоізоляції вимірювалися пірометром випромінювання. Досліди проводилися при температурі навколишнього середовища, рівній 19,5°C. В ході досліджень установка була заповнена водою, після чого включався магнетрон на повну потужність. Перша серія дослідів проводилася в умовах вакууму в установці, при температурі кипіння 40°C. У сталому режимі визначені (рис. 4.3) ділянки поверхні, де температура (t_{k1}) відрізнялася в межах 2°C. Друга серія дослідів відповідала роботі установки при атмосферному тиску і температурі кипіння 100°C. Результати вимірювань температур (t_{k2}) наведені на рисунку 5.6. Видно, що максимальні температури у верхнього фланця установки, а мінімальні – у нижнього.

		$t_H = t_{oc}, ^\circ C$	$t_{k1}, ^\circ C$	$t_{k2}, ^\circ C$
		19,5	35	37
		19,5	36	50,7
		19,5	35	40
		19,5	30	35,3
		19,5	25	28,1
		19,5	21	23
		19,5	20	21
		$Q_{пот}$	50,5 Вт	71,2 Вт

Рис. 4.3. Схема полів температур ВВУ.

На основі отриманих результатів для кожної ділянки поверхні, площа якого F і різниця температур $(t_k - 19,5) ^\circ C$ розраховано коефіцієнти тепловіддачі (α) і теплові втрати:

$$Q = \alpha \cdot F \cdot \Delta t \quad (4.1)$$

$$\alpha = 9,6 + 0,06 \cdot \Delta t \quad (4.2)$$

В результаті визначені значення локальних стоків теплоти від окремих ділянок корпусу. Сумарні теплові втрати від корпусу вакуум-випарної установки в навколишнє середовище при температурах продукту $40^\circ C$ и $100^\circ C$ складають, відповідно, 50,5 Вт та 71,2 Вт.

Важливим фактором ефективного використання енергії та надійної експлуатації апарату є рівень завантаження робочого об'єму камери розчином. Перевищення нормального значення цього рівня при активному кипінні рідини може привести до закидання компонентів сировини в паропровід (що знизить якість гідролату). Зниження рівня рідини в камері (особливо нижче рівня вхідного вікна магнетрону) призведе до зниження ККД системи перетворення електромагнітної енергії.

Встановлено, що значення раціонального рівня завантаження вакуум-випарної установки сировиною становить 2,2 л (при загальній місткості внутрішнього об'єму камери 2,4 л).

					<i>КРМ.ПотдЕМ.1.707-03.2.2</i>	Арк.
						61
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

5. КІНЕТИКА ПРОЦЕСУ КОНЦЕНТРУВАННЯ РОЗЧИНІВ В МХ ВВУ БЕЗПЕРЕРВНОЇ ДІЇ.

5.1. Методи експериментальних досліджень МХ ВВУ.

Експериментальні дослідження проводилися в три серії. Перші дві полягали у визначенні впливу рівня потужності, що підводиться і ступеня розрядження на паропродуктивність установки. В якості вихідного продукту було обрано яблучний сік, початкова концентрація якого складала 15°brix. Третя серія – це дослідження впливу типу продукту на паропродуктивність при постійних максимальних значеннях рівня потужності, що підводиться і вакууму. Класифікація рідких гомогенних систем проводилася за типом розчинника на водо- і спиртовмісні. В якості водовмісних були використані: водний екстракт кави і цукровий розчин. До спиртовмісних віднесені біле вино і водо-спиртовий екстракт дубу (42% етанолу).

5.2. Дослідження впливу рівня підведеної потужності електромагнітного поля на паропродуктивність установки.

Початковий об'єм яблучного соку становив 2,2 літри. Діапазон експериментальних даних вказано в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Діапазон експериментальних даних при дослідженні процесу випарювання яблучного соку при різних потужностях МХ поля

Об'єкт	Розчин-ник	Тиск, МПа	Темпе-ратура, °С	Потужність, Вт	Концентрація, %	
					Початкова	Кінцева
Яблучний сік	Вода	0,01	40-50	260-650	10	20

В результаті проведених дослідів отримані окремі залежності, наведені на рис. 5.1-5.4.

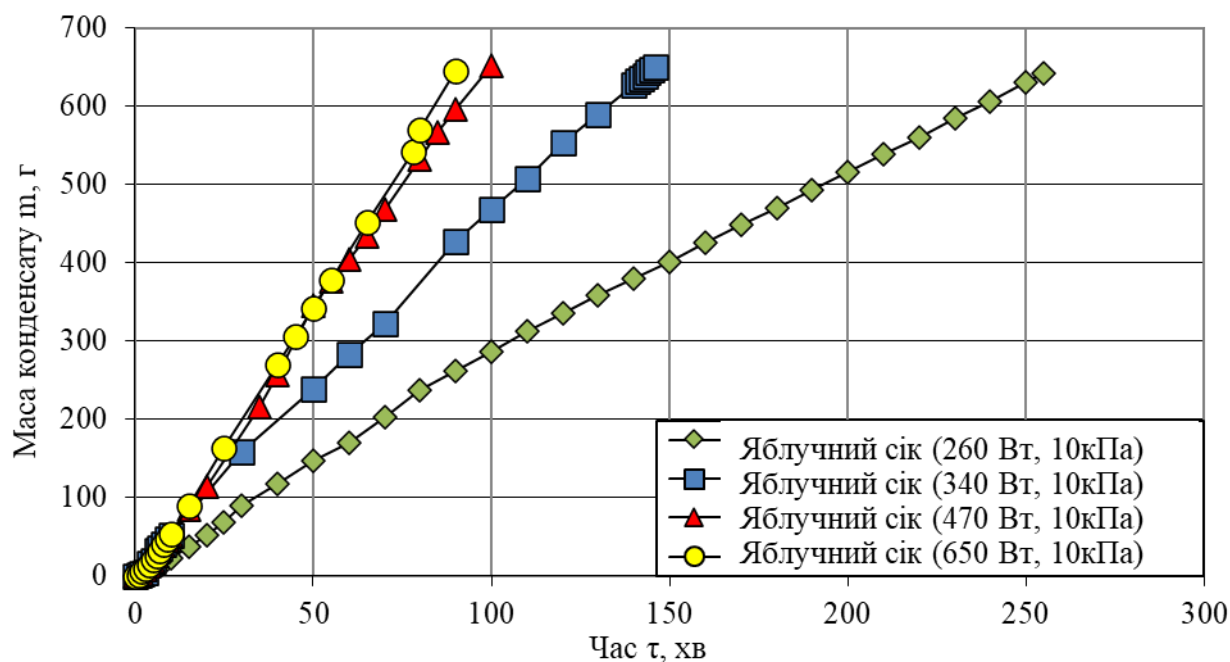


Рис. 5.1. Вплив потужності електромагнітного поля на зміну маси конденсату в часі.

Характер зростання маси конденсату виражається постійною швидкістю протягом усього процесу (рис. 5.1). Дана особливість обумовлена типом енергії, що підводиться, яка рівномірно розподіляється по всьому об'єму продукту при ГУ 2 роду.

У дослідях вимірювалися температури пари на виході з мікрохвильової вакуум-випарної установки безперервної дії (рис. 5.2).

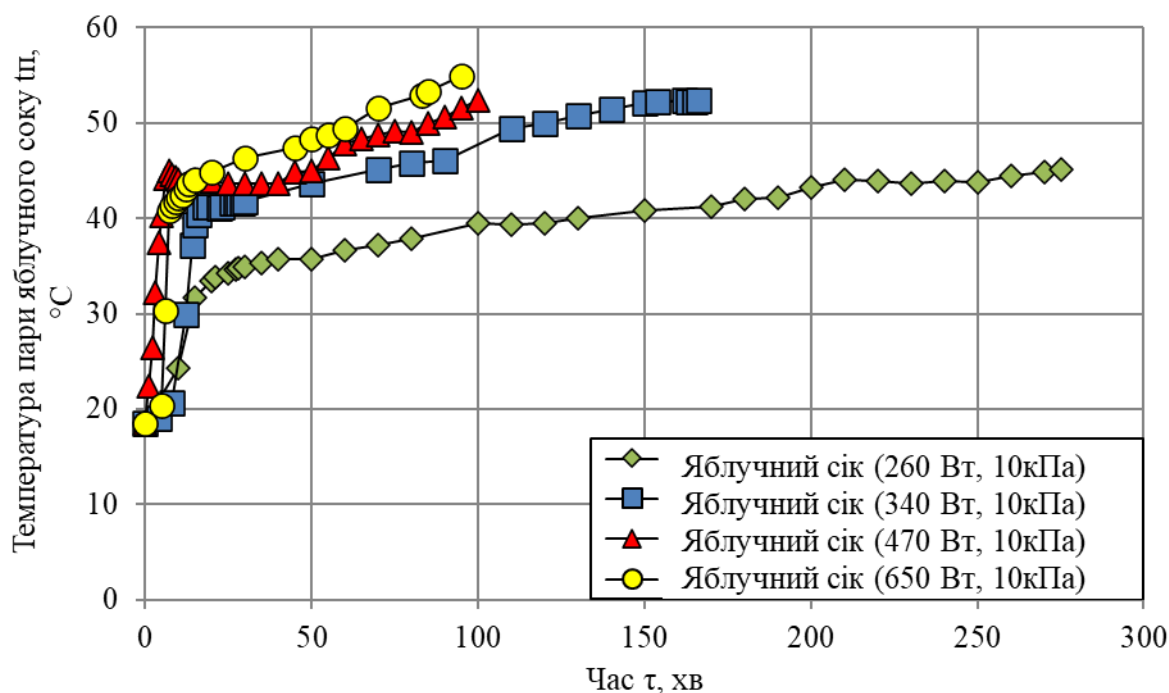


Рис. 5.2. Вплив потужності електромагнітного поля на зміну температури пари на виході в часі.

Отримані термограми (рис. 5.2) дають підставу гарантувати можливість збереження термолабільних компонентів в готовому продукті, що значно підвищує його цінність в порівнянні з результатами традиційних технологій.

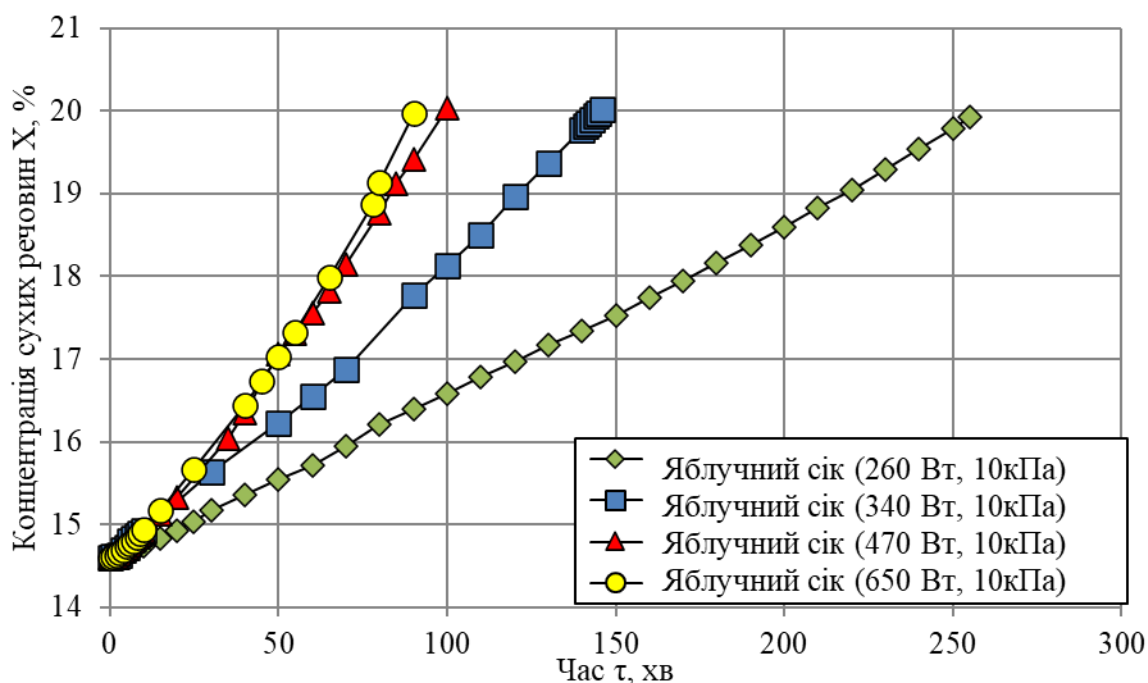


Рис. 5.3. Вплив потужності електромагнітного поля на зміну концентрації сухих речовин у часі.

Виходячи з отриманих значень зміни маси конденсату, за допомогою рівнянь матеріального балансу, були розраховані кінетичні характеристики процесу випарювання: зміни концентрації сухих речовин яблучного соку (рис. 5.3) і лінії швидкості випаровування (рис. 5.4).

Зміни паропродуктивності модуля чітко корелюються з рівнем підведеної потужності. Сталі швидкості пояснюються особливостями об'ємного підведення енергії при використанні електромагнітного поля.

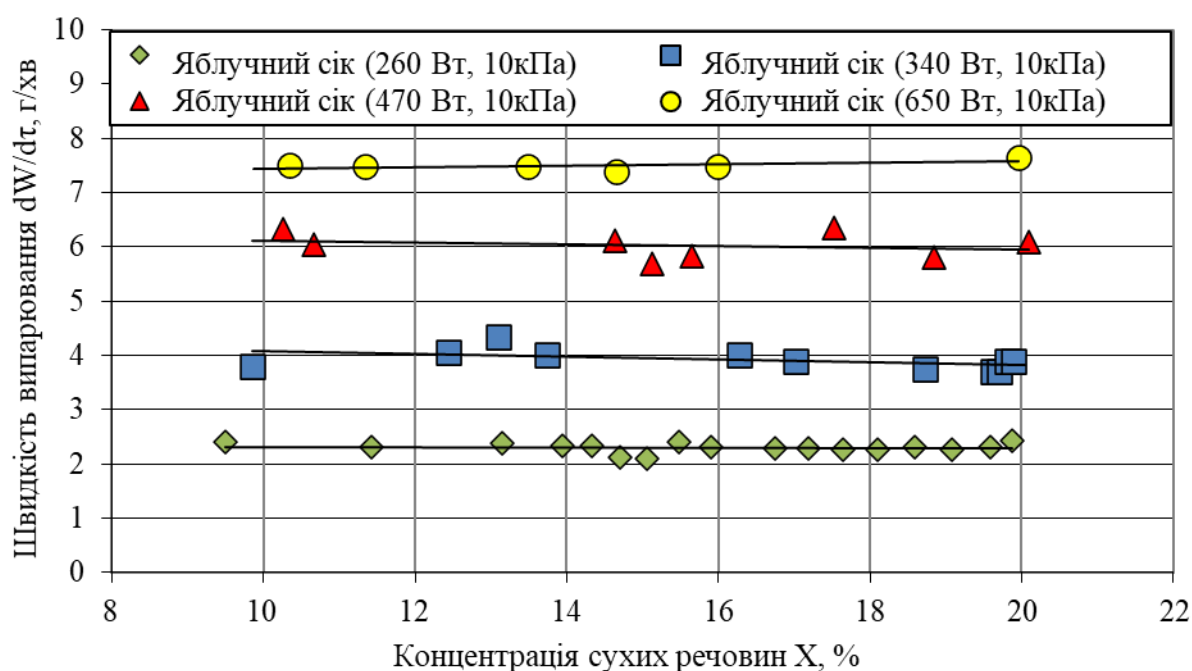


Рис. 5.4. Вплив потужності електромагнітного поля на швидкість випаровування яблучного соку.

Наступна серія дослідів спрямована на вивчення впливу рівня тиску на кінетику випаровування яблучного соку.

5.3. Дослідження впливу величини тиску на паропродуктивність установки.

При проведенні дослідів потужність підведеної енергії була сталою. Інструментом управління рівнем тиску в системі був режим роботи конденсатора-дистилятора. Послідовне підвищення тиску в системі досягалося шляхом зниження потужності конденсатора – зменшенням витрати

охолоджуючої води і підвищенням її температури. Діапазон експериментальних даних при проведенні другої серії експериментальних досліджень наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2

**Діапазон експериментальних даних при дослідженні процесу
випарювання при різних тисках**

Об'єкт	Розчин- ник	Тиск, МПа	Темпе- ратура, °С	Потужність, Вт	Концентрація, %	
					Початкова	Кінцева
Яблучний сік	Вода	0,01 – 0,08	40-94	650	10	30

Отримані експериментальні дані оброблені у вигляді залежностей, наведених нижче (Рис. 5.5 – 5.7).

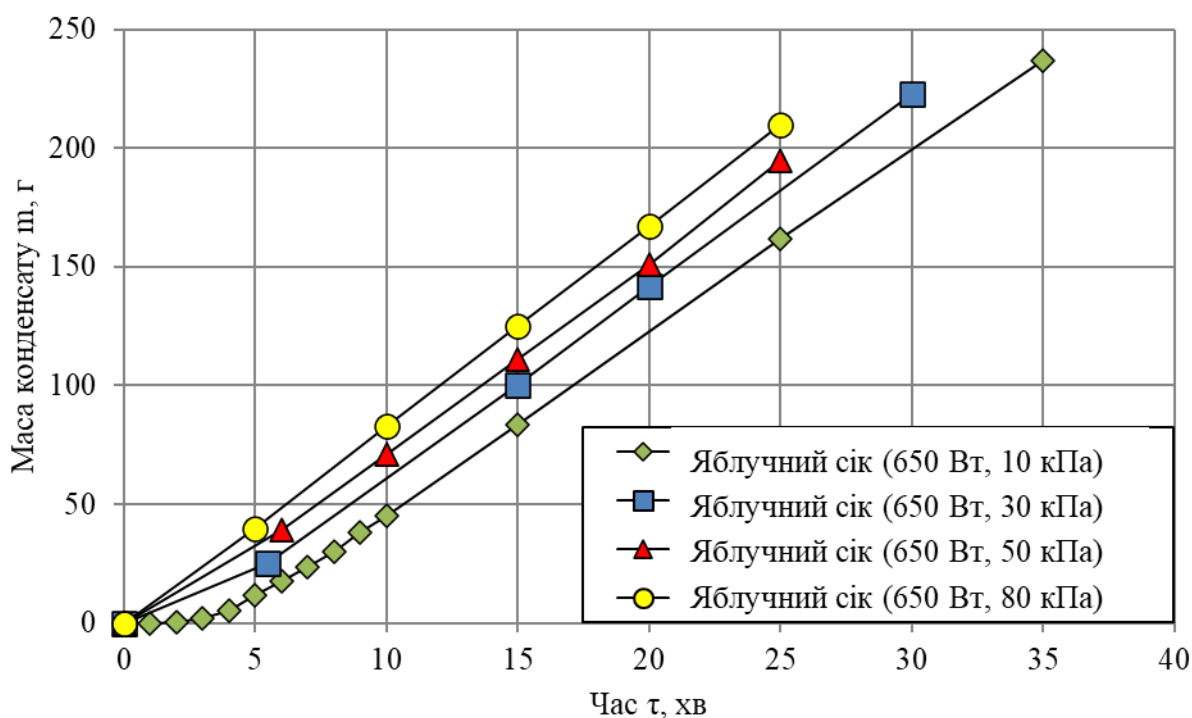


Рис. 5.5. Вплив тиску на зміну маси конденсату в часі.

Видно (рис. 5.5), що з підвищенням тиску в незначній мірі зростає швидкість збільшення маси конденсату.

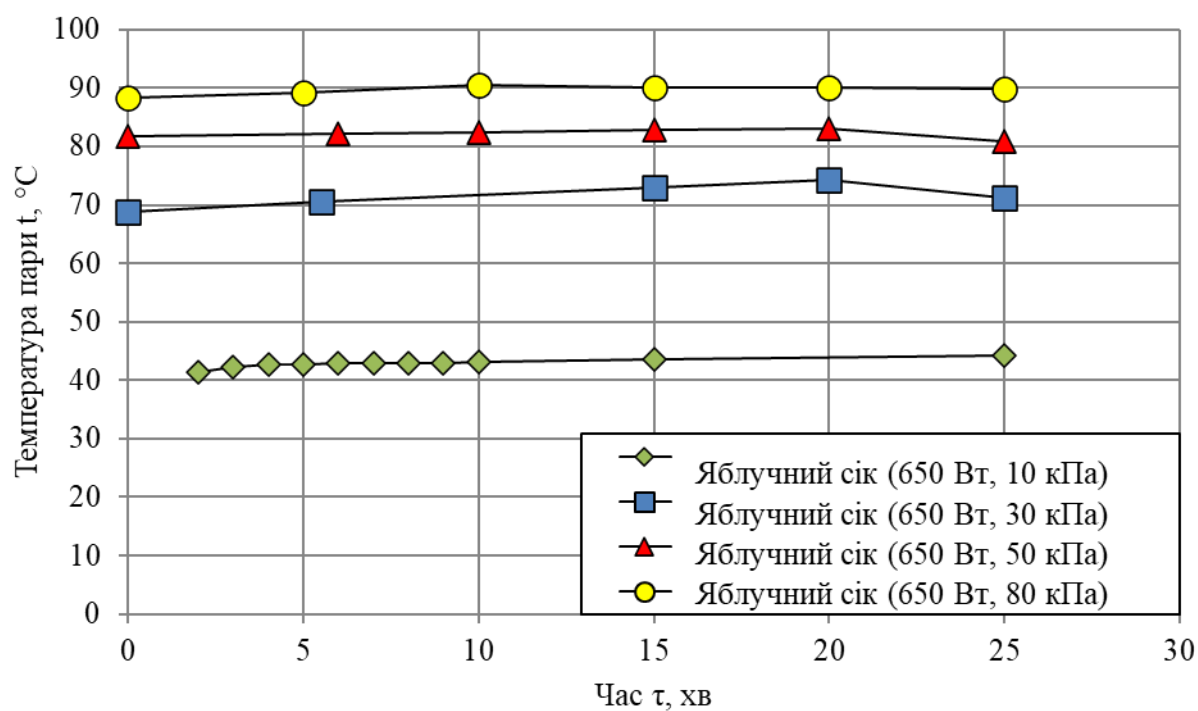


Рис. 5.6. Вплив тиску на зміну температури пари на виході в часі.

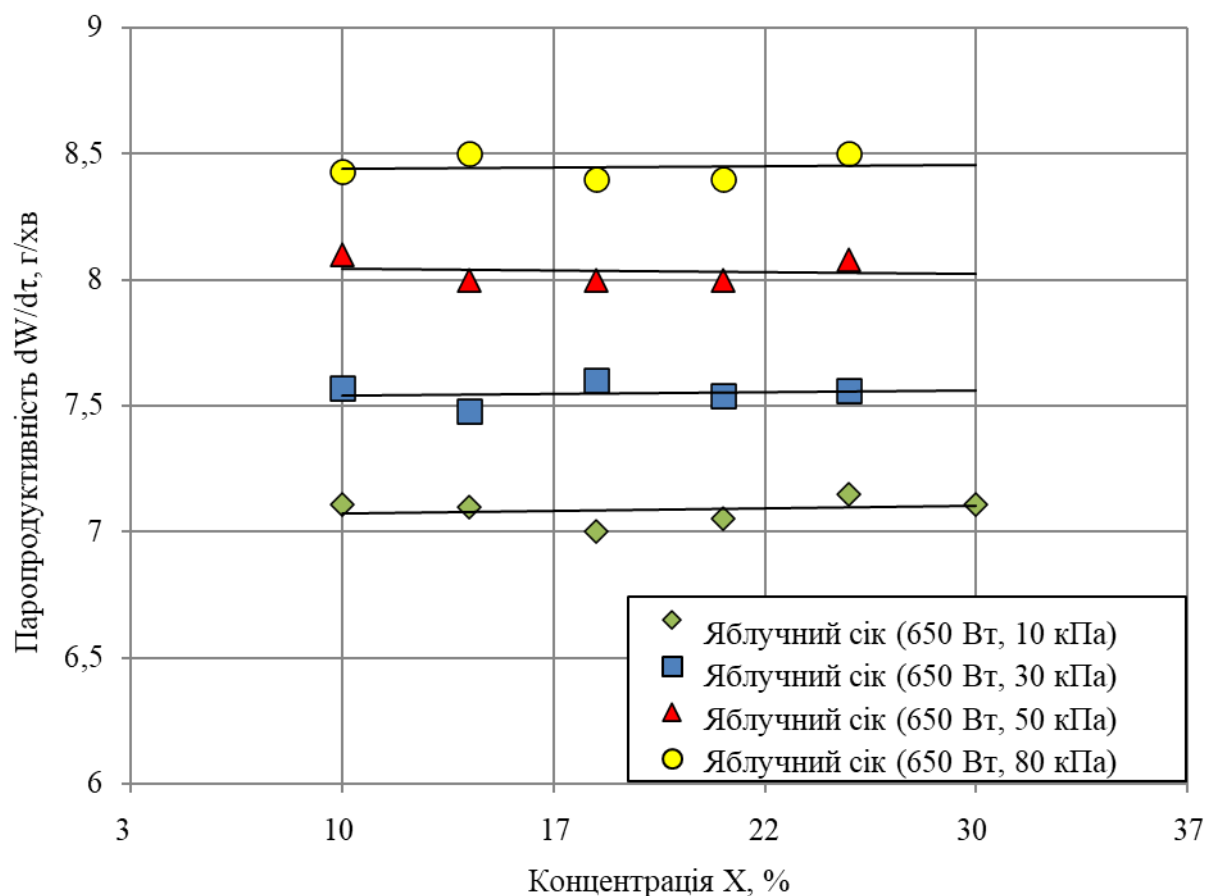


Рис. 5.7. Вплив тиску на паропроодуктивність.

Збільшення паропродуктивності з ростом тиску пояснюється зниженням теплоти пароутворення.

5.4. Дослідження впливу типу продукту на паропродуктивність установки.

У третій серії дослідів діапазон експериментальних даних при проведенні досліджень відображено в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3

Діапазон експериментальних даних при дослідженні випарювання

Об'єкт	Розчинник	Тиск, МПа	Температура, °С	Потужність, Вт	Концентрація, %	
					Початкова	Кінцева
Цукровий розчин	Вода	0,01	45-55	260	15	20
Яблучний сік	Вода	0,01	40-50	260	10	20
Водний екстракт кави	Вода	0,01	45-55	260	15	19,2
Біле вино	Етанол (10%)	0,01	40-50	260	5,8	8,7
Водоспиртовий екстракт дубу	Етанол (42%)	0,01	45-50	260	14,6	22,7

На основі отриманих в ході досліджень даних побудовані окремі залежності впливу виду продукту на ключові параметри процесу (рис.5.9-5.12).

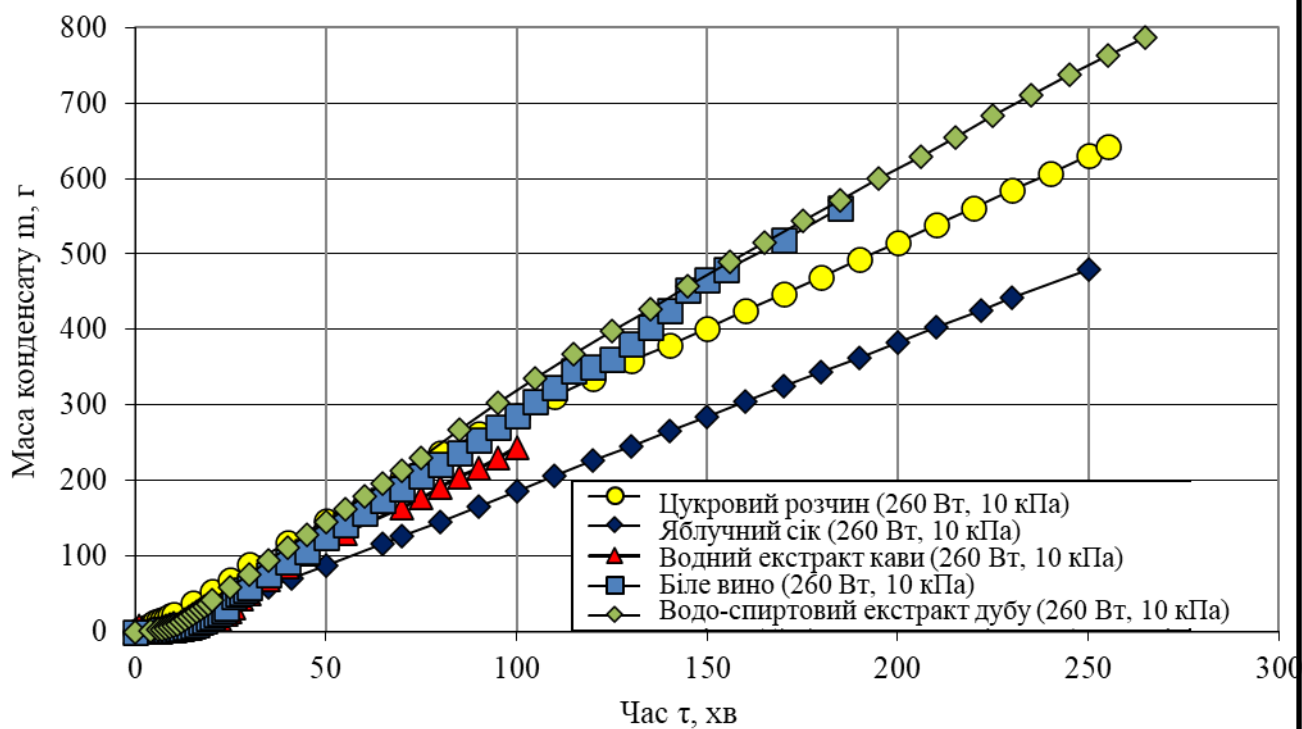


Рис. 5.9. Зміна маси конденсату в часі в залежності від виду продукту.

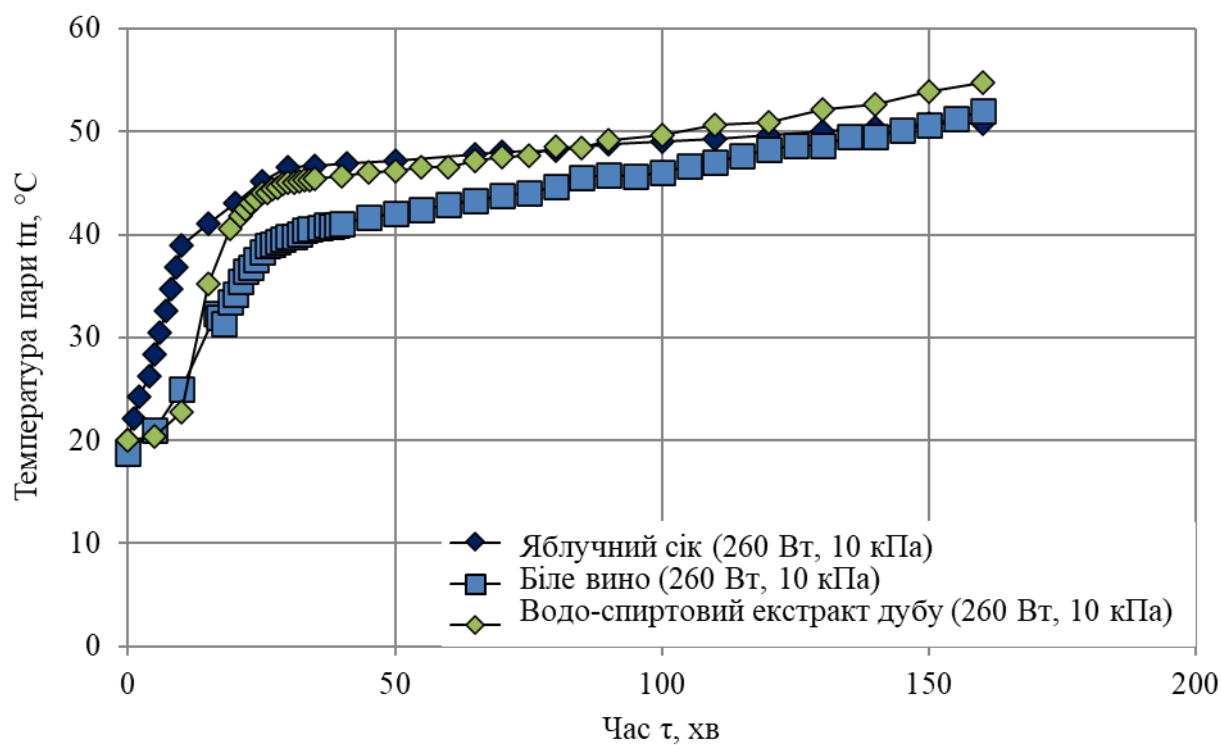


Рис. 5.10. Зміна температури пари на виході в часі в залежності від типу продукту.

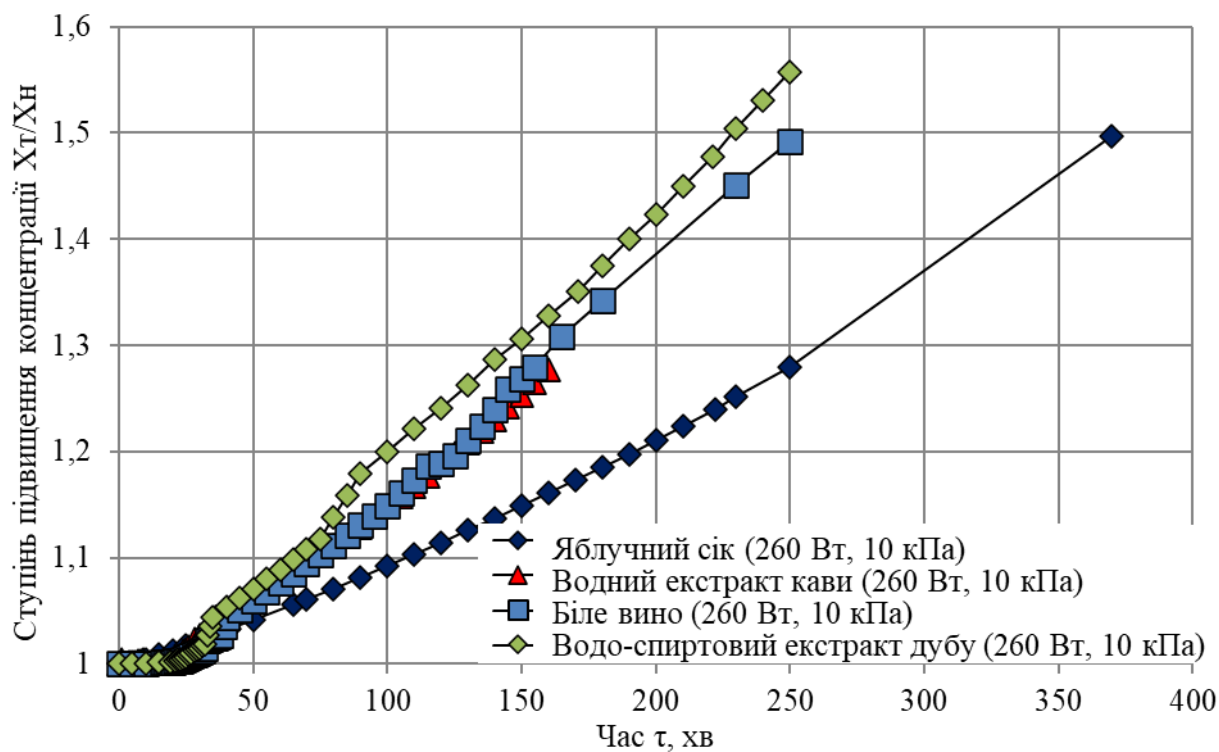


Рис. 5.11. Зміна ступеня підвищення концентрації сухих речовин в часі в залежності від типу продукту.

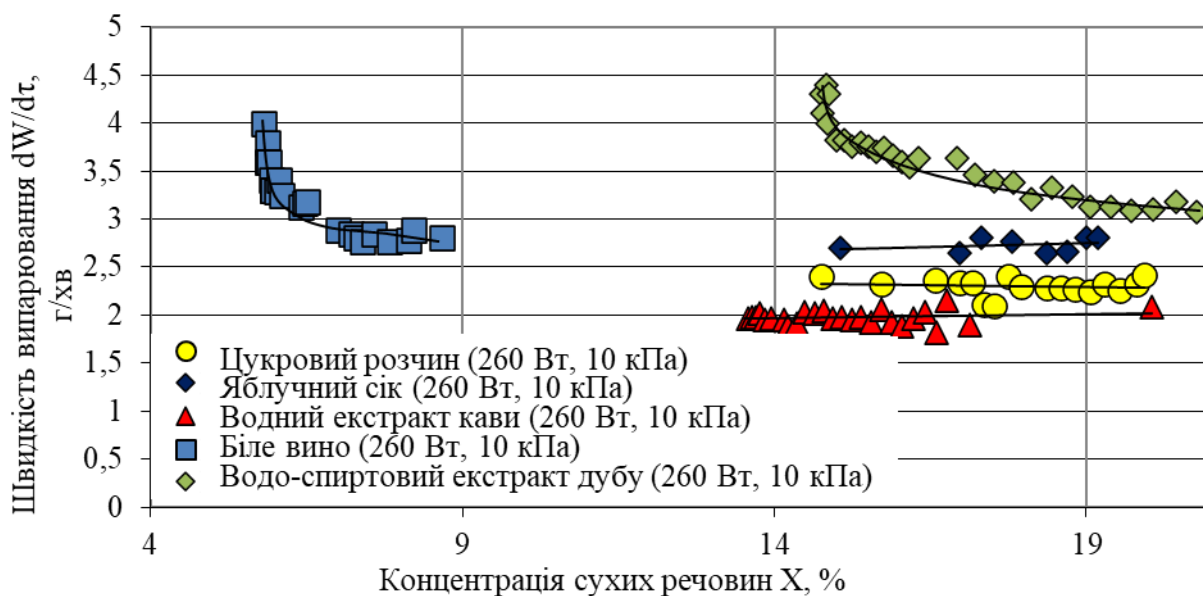


Рис. 5.12. Зміна швидкості випаровування в часі в залежності від типу продукту.

Таким чином, в результаті комплексних стендових досліджень встановлено статичні і кінетичні характеристики експериментального зразка

мікрохвильової вакуум-випарної установки. Наступний етап роботи випробування– відпрацювання режимів експлуатації установки.

5.5. Випробування установки в режимі напівбезперервної роботи.

В процесі випробувань складено циклограми напівбезперервної роботи МХ ВВУ (Рис. 5.13 – 5.15).

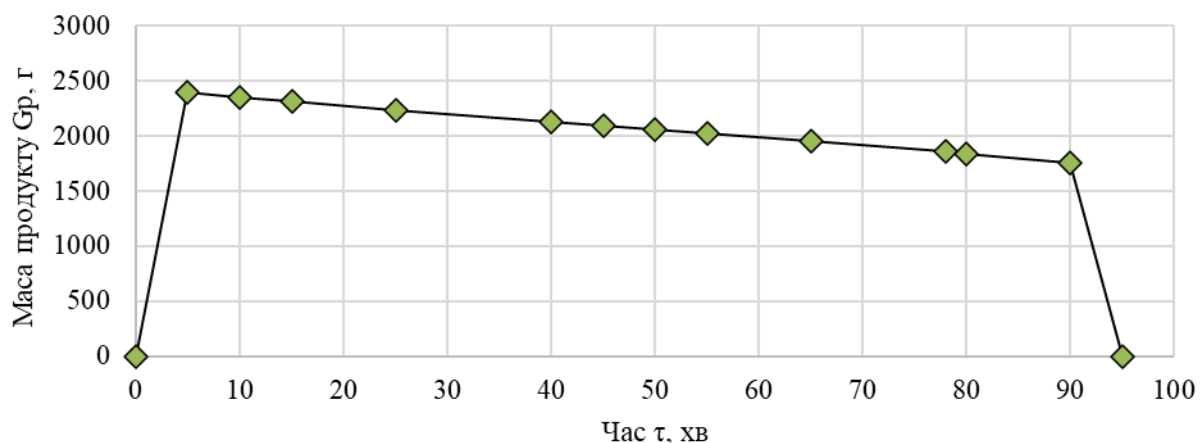


Рис. 5.13. Зміна маси продукту протягом повного циклу процесу концентрування.

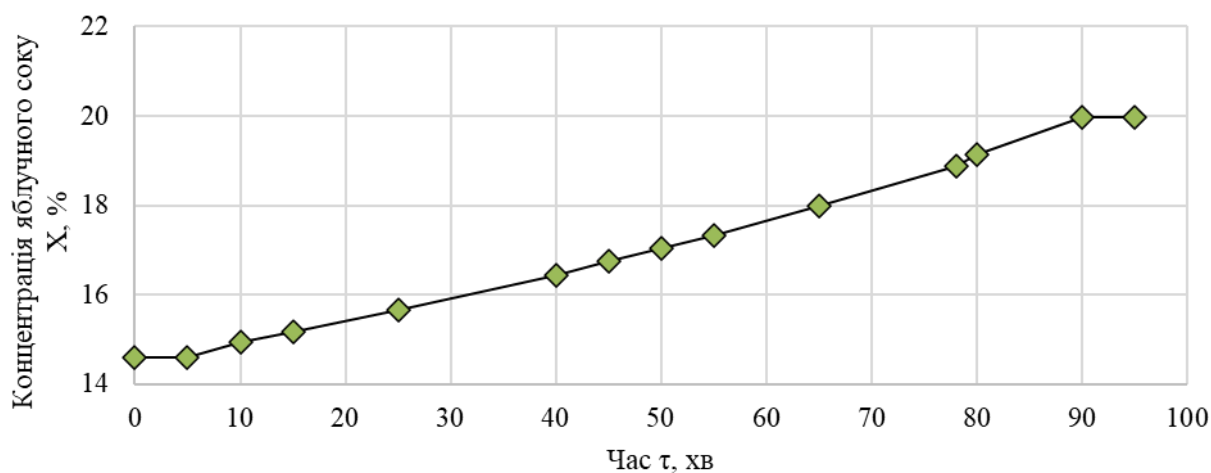


Рис. 5.14. Зміна концентрації протягом повного циклу процесу концентрування.

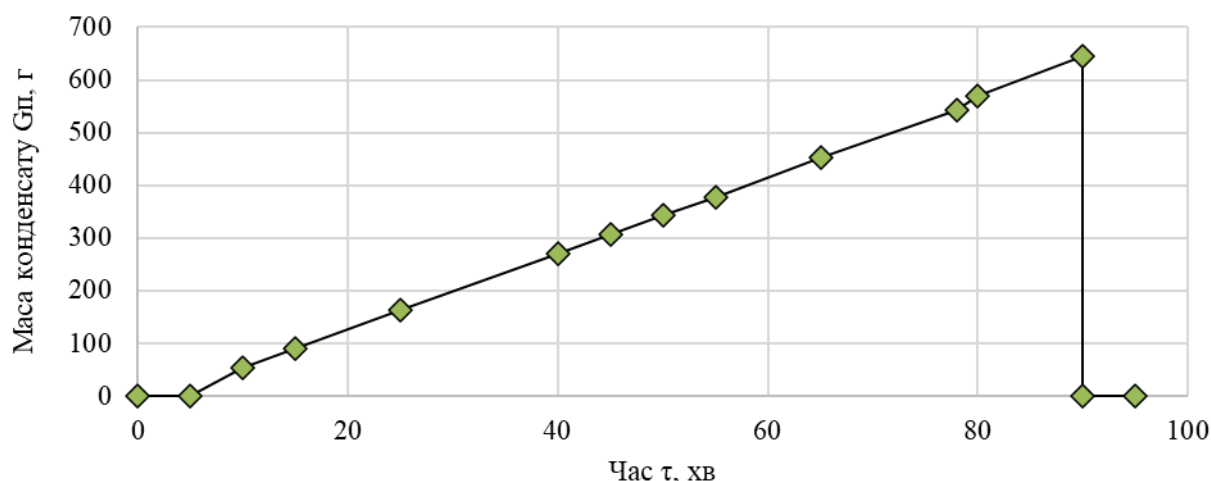


Рис. 5.15. Зміна маси конденсату протягом повного циклу процесу концентрування.

Наведені залежності (рис. 5.13-5.15) необхідні для організації експлуатації апарату в умовах виробництва.

5.6. Випробування установки в режимі безперервної роботи.

Режим безперервної роботи є необхідною умовою тоннажного виробництва. Експериментальні дослідження проводилися при рівні підведеної потужності у 650 Вт і мінімально можливому тиску в 10 кПа. Було організоване безперервне подавання яблучного соку з початковою концентрацією 30°Brix. На протязі процесу випарювання рівень продукту в модулі був постійним і становив 2,2 л.

Інструментом для вирішення цього завдання є чітке узгодження матеріальних потоків: витрати сировини повинні дорівнювати сумі витрат конденсату та кінцевого продукту.

Допускається періодичне підведення сировини та відведення продукту за умови постійного відведення парів розчинника та їх подальшої конденсації. Самостійним завданням є оптимізація керування цими процесами не лише в теоретичному аспекті, але і при технічному втіленні такої системи регулювання. Наведені графічні залежності (рис. 5.16, 5.17) були отримані в результаті ручного регулювання витрат.

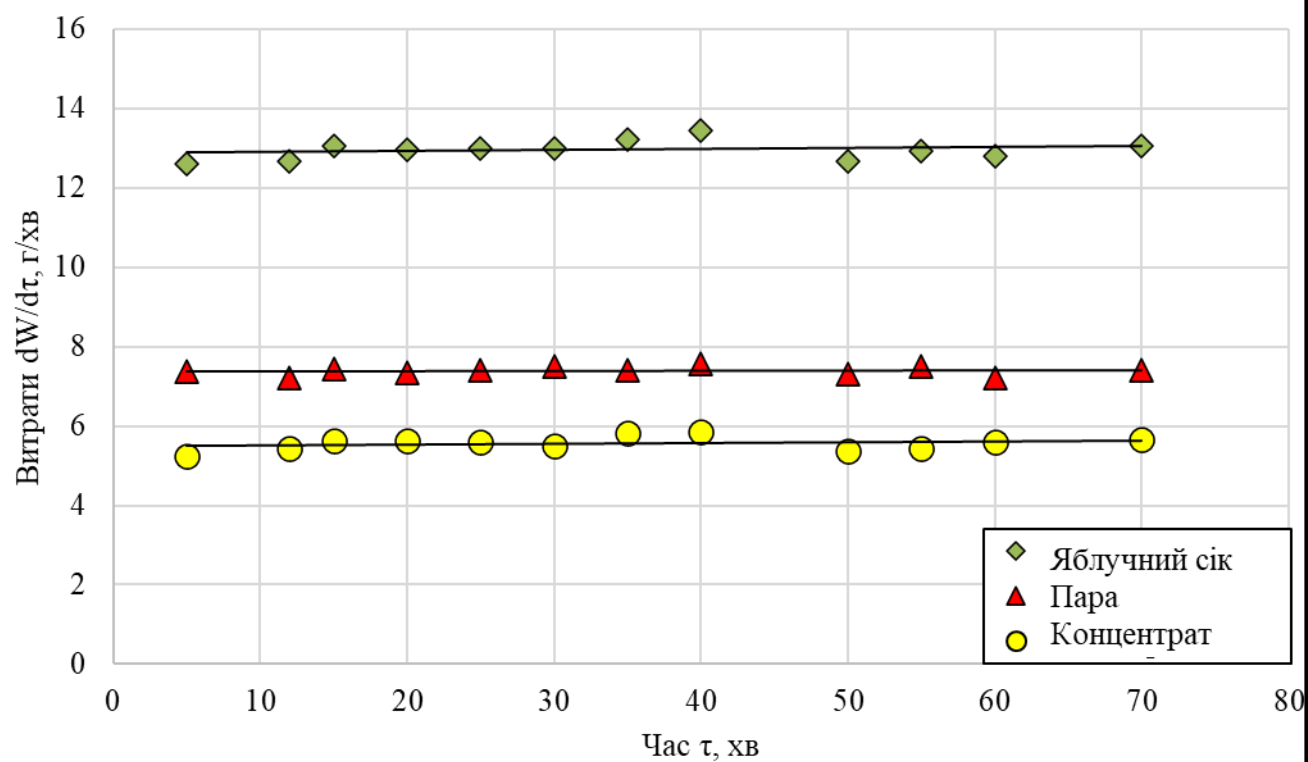


Рис. 5.16. Витрати матеріальних потоків в режимі безперервної роботи модуля.

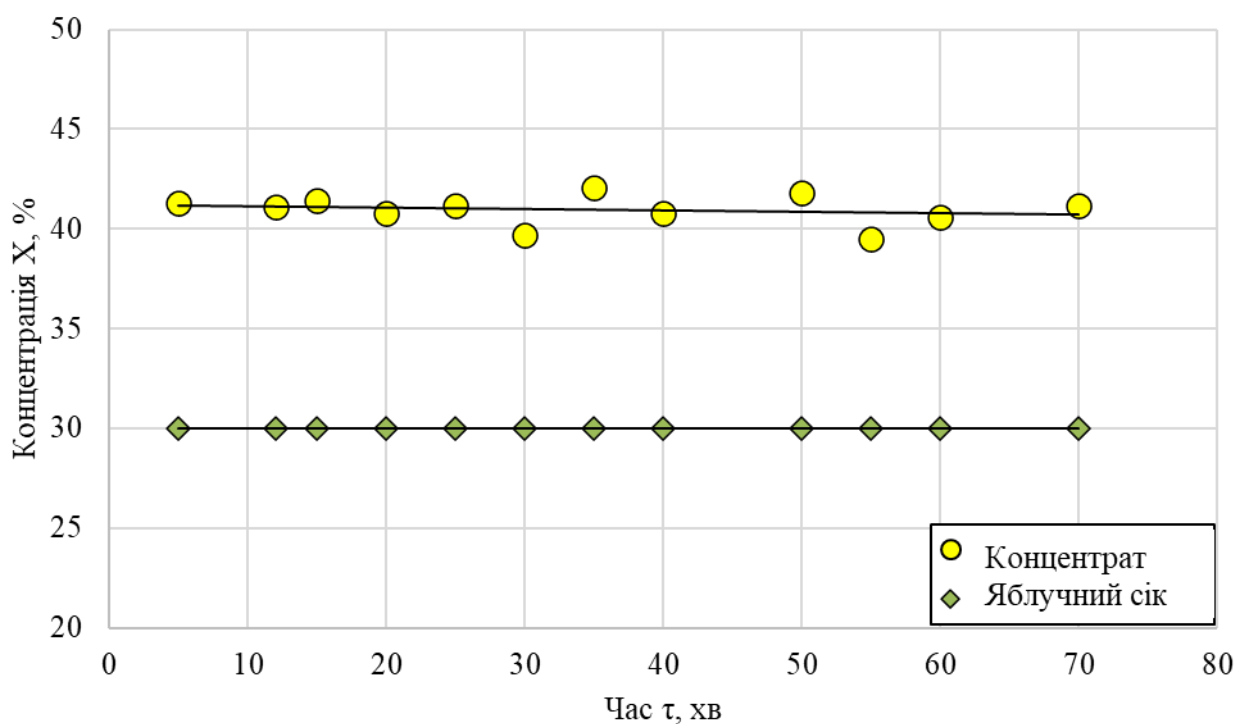


Рис. 5.17. Концентрація розчину на вході і на виході в режимі безперервної роботи модуля.

В результаті проведених досліджень була підтверджена практична працездатність розробленого пілотного зразка інноваційної установки, можливість стабільного підвищення концентрації продукту на одному ступені на 10-60°brix. Представлені графічні залежності (рис. 5.16, 5.17) слугують основою для організації роботи установки у виробничих умовах.

					<i>КРМ.ПомідЕМ.1.707-03.2.2</i>	Арк.
						74
<i>Змн.</i>	<i>Арк.ш</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

6. ІНСТРУКЦІЯ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ РОБОТІ З МІКРОХВИЛЬОВОЮ ВАКУУМ-ВИПАРНОЮ УСТАНОВКОЮ

Експлуатація мікрохвильової вакуум-випарної установки безперервної дії потребує суворого дотримання правил безпеки через поєднання двох небезпечних факторів: високого рівня електромагнітного випромінювання (НВЧ) та роботи під вакуумом при підвищених температурах.

1. Вимоги до персоналу

Допуск до роботи: Особи не молодші 18 років, які пройшли медичний огляд, спеціальне навчання, перевірку знань з електробезпеки, а також інструктажі з охорони праці та пожежної безпеки.

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ): Працівники забезпечуються термостійкими рукавичками, захисними окулярами, спецодягом з антистатичних матеріалів та спецвзуттям.

2. До початку роботи (Підготовчий етап)

Перевірка блокувань: Переконайтеся, що блокувальні пристрої несправні, які не дозволяють увімкнути магнетрони під час відчинених дверей або порушення герметичності робочої камери.

Герметичність: Перевірте цілісність ущільнювачів вакуумної камери, фланців та оглядових вікон.

Система охолодження: Перевірте подачу води або холодоагенту для охолодження НВЧ-генераторів (магнетронів).

Контрольно-вимірювальні прилади: Оцініть працездатність вакуумметрів, датчиків тиску, температури та таймерів.

3. Під час роботи (Дотримання регламенту)

Контроль параметрів: Безперервно стежте за рівнем вакууму та температурою продукту. Перевищення допустимих значень може призвести до закипання продукту за межами штатного режиму.

Захист від випромінювання: Забороняється відкривати захисні екрани та кожухи установки, блокувати кінцеві вимикачі під час генерації НВЧ-хвиль.

					<i>КРМ.ПотдЕМ.1.707-03.2.2</i>	Арк.
						75
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

Робота під тиском: У разі різкого підвищення тиску всередині вакуумної камери негайно зупиніть процес та перекрийте подачу сировини.

Санітарні норми: Не допускайте накопичення забруднень на ущільнювачах дверцят камери, оскільки це порушує захист від електромагнітного випромінювання.

4. Аварійні ситуації

Негайна зупинка (кнопка «Аварійний стоп»): Виконується при виявленні запаху гару, сильного іскріння всередині камери, пробої ізоляції, виході з ладу вакуумного насоса або різкому стрибку тиску вище за норму.

Дії при займанні: Знеструмте установку, використовуйте вуглекислотні або порошкові вогнегасники (гасіння водою під напругою суворо заборонено).

5. Після завершення роботи

Зупинка НВЧ: Вимкніть генератори мікрохвильового випромінювання.

Скидання вакууму: Дочекайтеся плавного зниження температури продукту, скиньте вакуум до атмосферного тиску згідно з інструкцією з експлуатації.

Очищення: Проведіть безрозбірне миття (CIP) або очищення внутрішніх поверхонь камери від залишків сировини. Установка має бути відключена від електромережі, а парові та вакуумні магістралі – перекриті..

					<i>КРМ.ПотдЕМ.1.707-03.2.2</i>	Арк.
						76
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. Комплекс проведених досліджень показав, що концентрування харчових розчинів в умовах дії мікрохвильового поля та вакууму є ефективним методом отримання високоякісних концентратів.
2. Отримано графічні залежності роботи мікрохвильової вакуум-випарної установки у напівбезперервному та безперервному режимах, які свідчать, що установка вдало виконує завдання концентрування розчинів в потоці.
3. Встановлено вплив режимних параметрів на процес концентрування в умовах дії мікрохвильового поля.
4. Отримані дані можуть бути використані при проектуванні установки для концентрування харчових розчинів в умовах виробництва.

					<i>КРМ.ПотдЕМ.1.707-03.2.2</i>	Арк.
						77
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Електронний ресурс: <https://buklib.net/books/36204/> (Дата звернення: 13.02.2026 р.).
2. Електронний ресурс: <https://www.kmbp.com.ua/produksiya/rishennia-dlia-molochnoi-promyslovosti/vakuum-viparni-ustanovki/vakuum-vyparna-ustanovka> (Дата звернення: 19.02.2026 р.).
3. Патент на корисну модель CN216946278 «Високоєфективний пристрій для мікрохвильового випаровування концентрованих сольових стічних вод»
https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=CN370252027&_cid=P11-MQP7ZS-38099-1
4. Патент на корисну модель CN215609361 «Інтегрований пристрій для випаровування, концентрування та озолення в мікрохвильовій печі»
https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=CN349593851&_cid=P11-MQP7Y3-36561-1
5. Патент на корисну модель KR1020140143549 «Випарник із мікрохвильовим нагріванням та система вакуумного осадження, що містить такий випарник»
https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=KR132665066&_cid=P11-MQP7YN-37089-1