

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Інститут Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С. Гулого

Кафедра машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв

«До захисту в ЕК»

Директор інституту

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Сергій БЛАЖЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

7 грудня 2024 року

_____ Олександр ГАВВА
(підпис) (ім'я та прізвище)

7 грудня 2024 року

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування

освітньо-професійної програми *Інжиніринг фармацевтичних та біотехнологічних виробництв*

на тему: **Інноваційний комплекс обладнання для виробництва та стерилізації екстрактів із лікарської рослинної сировини продуктивністю 10 кг/год**

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ОФ-2-6М

Данюк Богдан Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

_____ (підпис)

Керівник Десик Микола Григорович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

_____ (підпис)

Консультанти _____

(ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

Рецензент _____

(ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач

_____ (підпис)

Київ – 2024 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) *Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С.Гулого*

Кафедра машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв

Освітній ступінь *магістр*

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

Освітньо-професійна програма *Інжиніринг фармацевтичних та біотехнологічних виробництв*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв

Олександр ГАВВА

7 грудня 2024 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Данюк Богдан Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **Інноваційний комплекс обладнання для виробництва та стерилізації екстрактів із лікарської рослинної сировини продуктивністю 10 кг/год**

керівник роботи **Десик Микола Григорович, к.т.н., доцент**

затверджені наказом закладу вищої освіти від 1 жовтня 2024 р. № 859-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 10.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи:

Продукт – концентрований сік ехінацеї

Склад лінії: машина для грубого подрібнення рослинної сировини, ванна миття, машина для тонкого подрібнення, гідравлічний прес, холодильна камера, рекатор випарювання.

Основне обладнання – реактор випарювання

Продуктивність – 10 кг/од.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

- Порівняльний аналіз технічних рішень
- Матеріали і методи досліджень,
- Результати досліджень та їх пояснення,
- Проект лінії виробництва концентрованого соку ехінацеї
- Техніко-економічне обґрунтуван.
- Безпека життєдіяльності та охорона праці.
- Висновки.
- Список літератури.

5. Перелік графічного матеріалу

Слайди презентації:

- Актуальність теми
- Мета і завдання досліджень
- Матеріали і методи (2-3 слайди)
- Результати досліджень – 5-7 слайдів
- Проект лінії (2 креслення)
- Конструкції обладнання (4 креслення)
- Висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання **10 жовтня 2024 р.**

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Анотація, зміст	05.12.24	
2	Вступ	10.10.24	
3	Порівняльний аналіз технічних рішень	20.10.24	
4	Матеріали і методи досліджень	30.10.24	
6	Проведення експериментальних досліджень	09.11.24	
7	Результати досліджень та їх пояснення	11.11.24	
8	Проект лінії	20.11.24	
9	Проект та модернізація обладнання		
10	Техніко-економічне обґрунтування	22.11.24	
11	Безпека життєдіяльності та охорона праці	25.11.24	
12	Висновки	28.11.24	
13	Списки використаної літератури	01.12.24	
14	Презинтація	5.12.24	

Здобувач

(підпис)

Богдан ДАНЮК

Керівник роботи

(підпис)

Микола ДЕСИК

Анотація

Автор кваліфікаційної роботи освітнього рівня «магістр» – Данюк Богдан Миколайович.

Тема кваліфікаційної роботи: Інноваційний комплекс обладнання для виробництва та стерилізації екстрактів із лікарської рослинної сировини продуктивністю 10 кг/год.

Кваліфікаційну роботу виконано в Національному університеті харчових технологій в 2024 році .

Кваліфікаційна робота складається з анотації, чотирьох розділів, висновків та графічної частини. В кваліфікаційній роботі пропонуються заходи з розробки інноваційного обладнання для стерилізації та концентрації рослинних продуктів, а саме ехінацеї.

Основними задачами, які вирішуються в даній кваліфікаційній роботі є:

- розробка обладнання для стерилізації та концентрації рослинних продуктів, а саме вакуумний реактор випарювання;
- аналіз конструкцій обладнання для стерилізації та концентрації рослинних продуктів;
- розробка методики приготування соку ехінацеї починаючи з опису її збирання, пройшовши всі етапи переробки і отримання готового продукту, у нашому випадку соку ехінацеї;
- а також розробка заходів з техніки безпеки;

Результати роботи полягають у розробленні інноваційного комплексу обладнання для виробництва концентрованого соку ехінацеї та інших лікарських трав. Даний комплекс характеризується низьким споживанням енергоресурсів, достатньою продуктивністю, простотою у обслуговуванні, і забезпечує високі показники якості готової продукції, а саме – мікробіологічної чистоти, безпечності, концентрації тощо.

Ключові слова: ехінацея, екстрагування, вакуумний реактор випарювання.

Abstract

The author of the qualification work of the educational level "Master" - Bohdan Daniuk.

The topic of the qualification work: Innovative complex of equipment for the production and sterilization of extracts from medicinal plant raw materials with a capacity of 10 kg/h.

The qualification work was completed at the National University of Food Technologies in 2024.

The qualification work consists of an abstract, four sections, conclusions and a graphic part. The qualification work proposes measures to develop innovative equipment for sterilization and concentration of plant products, namely echinacea.

The main tasks to be solved in this qualification work are:

- development of equipment for sterilization and concentration of plant products, namely a vacuum evaporation reactor;
- analysis of the structures of equipment for sterilization and concentration of plant products;
- development of a method for preparing echinacea juice, starting with a description of its collection, going through all stages of processing and obtaining the finished product, in our case, echinacea juice;
- as well as the development of safety measures;

The results of the work consist in the development of an innovative complex of equipment for the production of concentrated juice of echinacea and other medicinal herbs. This complex is characterized by low energy consumption, sufficient productivity, ease of maintenance, and provides high quality indicators of the finished product, namely - microbiological purity, safety, concentration, etc.

Keywords: *echinacea, extraction, vacuum evaporation reactor.*

Зміст

Вступ	8
Розділ 1. Аналіз сучасного стану інноваційного обладнання для стерилізації та концентрації рослинних продуктів	11
1.1. Суть та значення рослин у виробництві та стерилізації екстрактів із лікарської рослинної сировини	11
1.2. Обґрунтування та вибір способу концентрування	12
1.3. Кострукції випарних апаратів та галузь застосування	14
1.4. Огляд конструкцій випарних апаратів	16
1.5. Огляд патентної документації	22
Висновки	26
Розділ 2. Теорія процесу випарювання	27
2.1. Процес випарювання	27
Розділ 3 Розробка інноваційного обладнання для стерилізації та концентрації рослинних продуктів	30
3.1 Розробка технологічного процесу виробництва соку ехінацеї пурпурової на вакуумному реакторі випарювання	30
3.2. Опис обладнання для виробництва та стерилізації екстрактів із лікарської рослинної сировини	40
3.3. Порядок роботи на обладнанні для виробництва та стерилізації екстрактів із лікарської рослинної сировини	46
3.4. Організація методів контролю якості готової продукції	49
Висновки	52
Розділ 4. Розрахункова частина	53
4.1. Розрахунок продуктивності реактора-змішувача	53
4.2. Розрахунок на механічну міцність	54

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Десик М.Г.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Данюк Б.М.	<i>Назва, додаткова назва</i> Пояснювальна записка	230637.MP.04.001.P3			
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 6/85

4.3.Тепловий розрахунок реактора.	61
Розділ 5. Матеріали і методи дослідження	63
Розділ 6. Результати теоретичних та експериментальних досліджень інноваційного обладнання для стерилізації та концентрації рослинних продуктів	66
6.1. Аналіз результатів експериментальних досліджень	66
6.2. Обґрунтування отриманих основних наукових та практичних результатів досліджень з точки зору наукової та практичної цінності	72
Розділ 7. Охорона праці	75
Розділ 8. Техніко-економічне обґрунтування вакуумного випарювача	78
Висновки	80
Список використаних джерел	82
Додатки	88

Вступ

Актуальність теми. Розвиток науково-технічного прогресу, розробка і впровадження у всі галузі виробництва інноваційних технологій формують суспільство високих технологій. В свою чергу, інноваційний розвиток сприяє отриманню широкої номенклатури цільових продуктів більш високої якості з меншими ресурсозатратами.

На даний час інновації займають головну роль у світі абсолютно у всіх сферах виробництва, адже можна стверджувати, що наразі ера інноваційних технологій. Для того аби підприємству втриматися на плаву як всередині країни так і за її межами, потрібно йти в ногу з часом та виготовляти конкурентоспроможні продукти. В теперішніх умовах світового розвитку інноваційних шлях розвитку для українських підприємств, тай України в цілому, є доцільним та економічно обґрунтованим. Особливого значення інноваційний розвиток набуває у харчових технологіях та фармацевтичному виробництві, адже реалізація новітніх технологій дають можливість отримати нове покоління харчових і фармацевтичних продуктів. У світі виробництво оздоровчих продуктів посилено зростає, а в Україні не перевищує 1-2% тому виробництво інноваційного обладнання є головним та першочерговим для утримання конкурентоспроможності підприємства, що у свою чергу передбачає виробництво високоякісних продуктів зі збереженням максимуму вітамінів та мінералів [].

Харчові та рослинні продукти, які отримано з використанням інновацій вважаються інноваційною продукцією. Це продукти, які є конкурентоздатними та відповідають вимогам Закону України «Про інноваційну діяльність» затверджений 4 липня 2002 р., зі змінами 2024 р.

Аналіз структури харчових та рослинних продуктів, які випускаються підприємствами, свідчить про те, що на даний час до інноваційної продукції належать в першу чергу харчові продукти

профілактичного та оздоровчого призначення [2]. З позиції інновацій, харчові продукти або нові дієтичні добавки, які отримані з використанням низькотемпературних методів переробки, належать до технологічно нових продуктів у яких після переробки зберігаються поживні властивості, які мають здатність позитивно впливати на всі функції та системи організму, і завдяки цьому при їх регулярному вживанні знижується ризик виникнення хронічних захворювань.

Мета роботи. розробка обладнання для стерилізації та концентрації рослинних продуктів та методики виготовлення готового продукту, лікарських трав, з максимальним збереженням лікувальних та оздоровчих властивостей .

Об'єкт, методи та джерела дослідження. Основним об'єктом дослідження є вплив конструкції вакуумного реактора випарювання на процес обробки лікарських трав на прикладі ехінацеї та методика обробки рослини ехінацея.

Предмет дослідження - конструкція вакуумного реактора випарювання.

Методи дослідження при виконанні роботи. порівняльний, теоретикоемпіричний, графічний та математичного моделювання.

Практичне значення отриманих результатів. Запропоновано технічні рішення з розробки та впровадження у виробництво вакуумного реактора випарювання;

запропоновано методику обробки рослинних продуктів, а саме ехінацеї для отримання готового продукту, соку ехінацеї .

Отже, виходячи з вищенаведеного, можна дійти висновку, що інноваційний розвиток у всіх сферах життя є досить важливим та актуальним, адже наше наукове дослідження ґрунтується на розробці інноваційного обладнання для стерилізації та концентрації рослинних

продуктів, яке націлене на щадній переробці рослинної сировини яка ґрунтується на максимальному збереженні поживних речовин.

У роботі було використано інформаційні технології стандартного програмного забезпечення MS Excel, за допомогою якого зроблено ряд розрахунків.

Розділ 1. Аналіз сучасного стану інноваційного обладнання для стерилізації та концентрації рослинних продуктів

1.1. Суть та значення рослин у виробництві та стерилізації екстрактів із лікарської рослинної сировини

Процес концентрування розчинів, який полягає у видаленні розчинника шляхом випарювання при кипінні називається випарюванням. В більшості випадків з розчину видаляють лиш частину розчинника, так як у випарних апаратах звичайних конструкцій випарений розчин повинен залишатися у текучому стані. У ряді випадків при випарюванні розчинів твердих речовин досягається насичення розчину, при подальшому видаленні розчинника з такого розчину відбувається кристалізація, тобто виділення з нього розчиненої твердої речовини. Випарювання широко застосовується для підвищення концентрації розбавлених розчинів, або виділення з них розчиненої речовини шляхом кристалізації. Важливо розуміти, що в даному конкурентному середовищі виробництва соку концентрованого має бути за найкращих умов для продукту, щоб залишити найбільшу кількість вітамінів та мікроелементів які містяться в свіжозрізаній рослині. Тому розглянемо сутність рослин у виробництві соку концентрованого.

Рослини є джерелом для отримання різноманітних лікарських речовин. Понад 30 % усіх лікарських препаратів отримують з рослинної сировини. Рослини використовують для отримання алкалоїдів, серцевих глікозидів, вітамінів та ін. Найбільше лікарські рослини застосовуються в народній медицині. Низька токсичність більшості лікарських рослин дозволяє використовувати їх у лікуванні хронічних захворювань, для протирецидивного або реабілітаційного лікування [9].

Рослини мають різний полівалентний хімічний склад, до якого можуть входити речовини з фармакологічними властивостями. Зазвичай у лікарських рослин один з хімічних компонентів домінує та визначає лікувальні властивості даного виду. Біологічно активні речовини групують у широкі хімічні класи: терпеноїди (ізопреноїди), фенольні сполуки, ліпіди, моно- та полісахариди, алкалоїди, вітаміни, органічні кислоти, мінеральні речовини. Саме тому одним з головних факторів розробки мною реактора вакуумного випарювання полягала у максимальному збереженні біологічно активних речовин які є у свіжозібраних рослинах. Але щоб зрозуміти переваги та недоліки вакуум-випарних установок, які вже запроваджено у виробництві різних підприємств, та врахувати їх у розробці власного реактора вакуумного випарювання, пропонуємо їх розглянути далі.

1.2. Обґрунтування та вибір способу концентрування

Нині відомі наступні можливі способи концентрування розчинів: перегонка, виморожування, екстракція, випарювання [41]. Перегонка один з найбільш розповсюджених методів розділення рідких однорідних сумішей, що складаються з двох або більшого числа компонентів. У широкому розумінні перегонка являє собою процес, що включає часткове випаровування суміші з наступною конденсацією пари, який проводять одно або багаторазово. У результаті конденсації одержують чистий випарений компонент (рідина), склад якої відрізняється від складу вихідної суміші. За допомогою перегонки розділяють суміші, усі компоненти яких леткі, тобто мають визначений, хоча і різний тиск пари [41]. Екстракцією називають процес витягу одного або декількох компонентів з розчинів або твердих тіл за допомогою виборчих розчинників (екстрагентів). При взаємодії з екстрагентом у ньому добре розчиняються компоненти, що витягаються, і значно слабкіше або зовсім не розчиняються інші компоненти вихідної

суміші. Екстракція незамінна для поділу суміші речовин, чуттєвих до підвищених температур. Випарюванням називається концентрування розчинів у рідких розчинниках, шляхом видалення частини розчинника. Випарюванню піддають розчини твердих речовин (водні розчини лугів, солей і ін.), а також висококиплячі рідини, що мають при температурі випарювання досить малий тиск насиченої пари – деякі мінеральні й органічні кислоти, багатоатомні спирти та ін. При випарюванні здійснюється часткове видалення розчинника з усього об'єму розчину при температурі кипіння. Тому випарювання принципово відрізняється від випаровування, що, як відомо, відбувається з поверхні розчину при будь-яких температурах нижче температури кипіння [41]. В даному випадку розглядається процес концентрування розчину лізину, який є термолабільною речовиною, то для здійснення цього процесу доцільно вибрати процес випарювання під вакуумом. Процеси випарювання проводять під вакуумом, при підвищеному й атмосферному тисках. Вибір тиску залежить від властивостей розчину, що випарюється, і мажливістю використання тепла вторинної пари. Випарювання під вакуумом має переваги перед випарюванням під атмосферним тиском. Хоча такий спосіб випарювання має один недолік. Теплота випаровування розчинника із розчину трохи зростає зі зниженням тиску і відповідно збільшується витрата пари на випарювання один кілограм розчинника (води) [41]. Вакуумне випарювання дозволяє знизити температуру кипіння розчину і застосовується для випарювання термічно нестійких речовин (наприклад розчинів органічних речовин, амінокислїт), а також висококиплячих розчинів, коли температура гріючого агента, не дає можливості вести процес під атмосферним тиском. Використання вакууму дозволяє також збільшити корисну різницю температур в випарному апараті, а отже, зменшити поверхню теплообміну [41].

1.3. Кострукції випарних апаратів та галузь застосування

Процеси випарювання проводять під вакуумом, при підвищеному й атмосферному тисках. Вибір тиску залежить від властивостей розчину, що випарюється, і можливістю використання тепла вторинної пари.

Випарювання під вакуумом має переваги перед випарюванням під атмосферним тиском. Хоча такий спосіб випарювання має один недолік.

Теплота випаровування розчинника із розчину трохи зростає зі зниженням тиску і відповідно збільшується витрата пари на випарювання один кілограм розчинника (води) [41].

Вакуумне випарювання дозволяє знизити температуру кипіння розчину і застосовується для випарювання термічно нестійких речовин (наприклад розчинів органічних речовин, амінокислот), а також висококиплячих розчинів, коли температура гріючого агента, не дає можливості вести процес під атмосферним тиском. Використання вакууму дозволяє також збільшити корисну різницю температур в випарному апараті, а отже, зменшити поверхню теплообміну [41].

Конструкції випарних апаратів повинні задовольняти ряд загальних вимог, а саме: мати велику інтенсивність теплопередачі та забезпечувати високу продуктивність при можливо менших об'ємах апарату; витрати металу на його виготовлення – мінімальні; простота конструкції та надійність в експлуатації [42]. Оскільки розчини, що випарюються, мають найрізноманітніші фізикохімічних властивості, потребують різну продуктивність випарних установок, мають різну організаційно-технічну структуру виробництва, використовують різноманітні теплонсії, тому було розроблено понад ста різновидів конструкцій випарювальної установки [42]. Враховуючи те, що було зазначено вище випарні апарати класифікують за наступними технологічними і конструкційними ознаками [43].

1. За принципом дії: апарати періодичної і безперервної дії.

2. За видом використовуваного теплоносія: апарати з паровим, газовим, рідинним або електричним обігріванням.

3. За способом організації руху і режиму циркуляції розчину, що випарюється, розрізняють:

- апарати із примусовою (вимушеною) циркуляцією;
- апарати з неорганізованою природною циркуляцією;
- апарати плівкового типу та без циркуляції розчину;
- апарати з організованою природною циркуляцією.

4. За конструктивною схемою з'єднання сепаратора і гріючої камери:

- апарати зі співвісним розміщенням;
- апарати із винесеною гріючою камерою;
- апарати із винесеною циркуляційною трубою.

5. За кратністю циркуляції: з однократною і багаторазовою циркуляцією розчину.

6. За способом підведення тепла до розчину розрізняють апарати поверхневого типу (з фіксованою поверхнею теплопередачі контактного типу, у яких тепло до розчину підводиться у результаті контакту гарячого теплоносія (газу) з розчином.

7. За орієнтацією поверхні нагрівання: на апарати з вертикальним, горизонтальним і похилим розташуванням гріючої камери [43].

Навіть незначний огляд класифікації показує, що випарні апарати бувають різних конструкцій, все залежить від речовини яка буде випарюватись та багато інших факторів. Проте світ кожного дня змінюється, це ж стосується і випарних апаратів. З кожним роком конструкції все більш вдосконалюються, рідше з'являються нові конструкції, однак для того щоб повністю ввести їх в експлуатацію потрібен час для проведення всіх експериментів, що підтверджують надійність та працездатність нової конструкції.

1.4. Огляд конструкцій випарних апаратів

Вакуум-випарний апарат – апарат, в якому проводять процеси концентрування рідких розчинів шляхом часткового видалення розчинника при кипінні рідини в умовах вакууму [44]. Випарювання під вакуумом проводять при більш низьких температурах, через що дуже важко руйнуватись речовинам, які схильні до розкладання. Вакуум-випарні апарати застосовують для концентрування розчинів, що киплять при високій температурі, розчинів термолабільних речовин таких як: екстракти, настойки, ферменти, амінокислоти та ін. З метою економії енергоносіїв та зменшення часу проведення технологічного процесу [44].

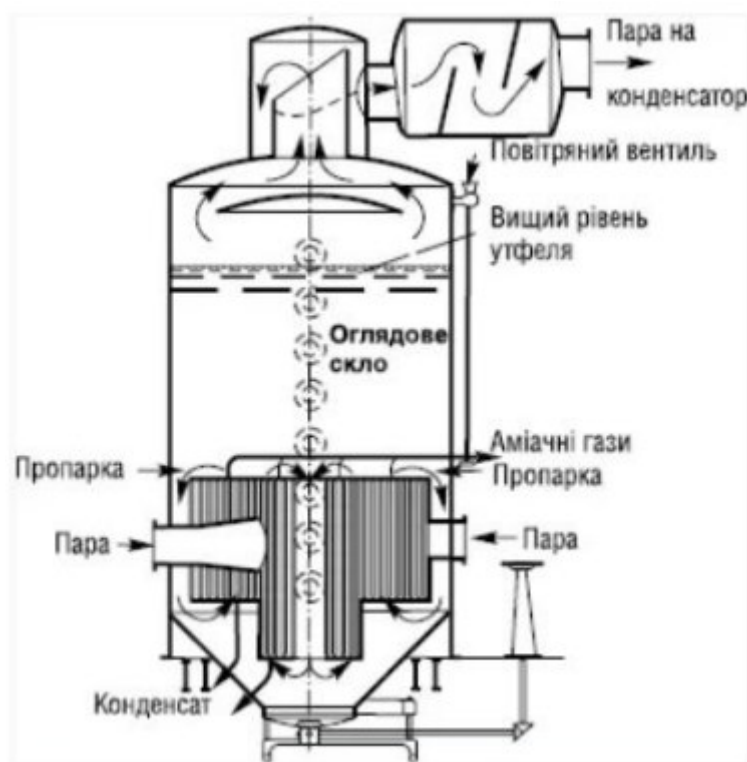


Рис. 1.1. Вакуум-випарний апарат з підвісною випарною камерою

Нині використовують два типи вакуум-випарних апаратів: вертикальні та горизонтальні. Вони можуть мати різноманітні видозміни в конструктивному плані. Найпоширенішим вакуум-випарним апаратом є вертикальний з підвісною випорною камерою (Рис. 1.1). Такий тип апарату має дві циліндричні парові камери різного діаметру, які вмонтовані одна в одну. В камерах знаходяться вертикальні трубки для обігріву, усередину центральної камери вмонтовано циркуляційну трубу і витік для маси після закінчення процесу випарювання [44]. Проте існують ситуації коли підвісну камеру недоцільно використовувати тому було зконструйовано апарати з винесеною поверхнею нагрівання (Рис. 1.3). Такі апарати знайшли широке застосування при випарюванні шумлячих розчинів. В апаратах проходить в основному самовипарювання перегрітої в трубках рідини при її виході з трубок у сепаратор, де кипіння проходить спокійно і не спостерігається винесення крапель рідини та піни з вторинною парою [44].



Рис. 1.2. Вакуум-випарний апарат з винесеною зоною нагріву:

1 – сепаратор; 2 – нагрівальна камера

Апарати такого типу працюють завдяки холодній циркуляційній трубі та достатній висоті стовпчика рідини, що циркулює. Виносна камера завдяки доступу до трубок полегшує ачищення і ремонт апарата [44]. Для того, щоб запобігти відкладанню накипу в трубах, особливо при випарюванні розчинів, що кристалізуються, необхідні швидкості циркуляції не менші за 2-2,5 м/с. В апаратах з примусовою циркуляцією її швидкість визначається продуктивністю циркуляційного насоса і не залежить від висоти рівня рідини в трубах, а також від інтенсивності пароутворення. Тому в апаратах з примусовою циркуляцією випарювання ефективно відбувається за малих корисних різниць температур, що не перевищують 3-5°C, і за значних в'язкостей розчинів. Апарат з примусовою циркуляцією (Рис. 1.4) має виносну нагрівальну камеру 1, сепаратор 2 і необігрівану циркуляційну трубу 3, в яку подається вихідний розчин. Циркуляція розчину здійснюється насосом 4.

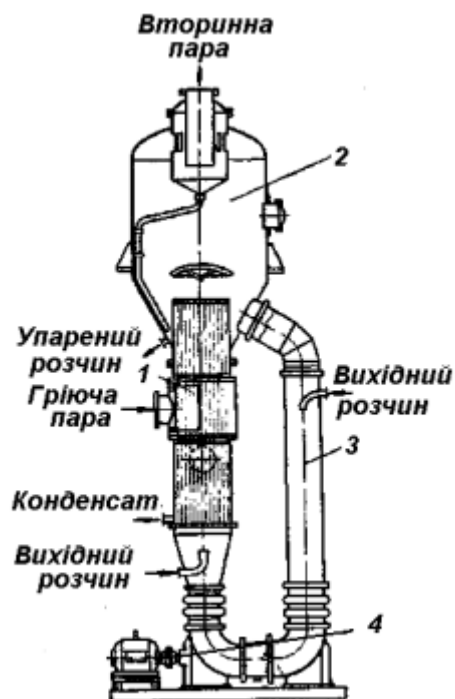


Рис. 1.3. Випарний апарат з примусовою циркуляцією:
 1 – нагрівальна камера; 2 – сепаратор; 3 – циркуляційна труба;
 4 – циркуляційний насос

За великої швидкості руху випарюваного розчину його кипіння відбувається на короткій ділянці перед виходом з кип'ятильних труб. Отже, зона кипіння виявляється переміщеною у верхню частину нагрівальної камери. На більшій частині довжини труб рідина лише дещо перегрівается, оскільки тиск внизу труби вищий за тиск поблизу її верхнього краю на величину гідростатичного тиску стовпа рідини та гідравлічного опору труби. Плівкові апарати використовують при концентруванні розчинів, чутливих до високих температур. За необхідного часу перебування у зоні високих температур розчин не встигає перегріватися і його якість не знижується. Принциповою відмінністю прямоочних (плівкових) апаратів від апаратів з природною циркуляцією полягає у тому, що випарювання в них відбувається при однократному проходженні випарюваного розчину по трубах нагрівальної камери. Отже, випарювання здійснюється без циркуляції розчину. Крім того, розчин випарюється, переміщуючись (по більшій частині висоти кип'ятильних труб) у вигляді тонкої плівки по внутрішній поверхні труб. У центральній частині труб вздовж їх осі рухається вторинна пара. Це приводить до різкого зниження температурних втрат, зумовлених гідростатичною депресією. Розрізняють апарати з висхідною та падаючою (нисхідною) плівкою. Апарат з висхідною плівкою (Рис. 1.5) складається з нагрівальної камери 1, яка представляє собою пучок труб невеликого діаметра (15-25 мм) завдовжки 5- 9 м, і сепаратора 2.

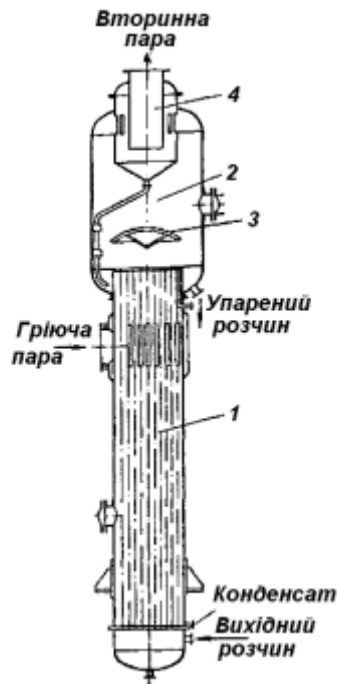


Рис. 1.4. Випарний прямоточний апарат з висхідною плівкою:

1 – нагрівальна камера; 2 – сепаратор; 3 – відбійник;

4 – бризковловлювач

Розчин на випарювання надходить знизу у труби нагрівальної камери, міжтрубний простір якої нагрівається гріючою парою. На рівні близько 20-25% висоти труб починається інтенсивне кипіння. Бульбашки вторинної пари зливаються і пара, швидка піднімаючись по трубах, захоплює з собою розчин. При цьому рідина переміщується у вигляді плівки, що ніби повзе вгору по внутрішній поверхні труб, і випарювання відбувається у тонкому шарі [44].

Вторинна пара, що виходить з труб, звільняється від крапель рідини за допомогою відбійника 3 та відцентрового бризковловлювача 4.

Багатокорпусні випарні установки

З метою зменшення витрат пари на випарювання води з продукту, вторинну пару, отриману в випарному апараті, використовують в нагрівній

камері іншого випарного апарату. Такі установки називають багатокорпусними. Набули поширення двокорпусні та трьохкорпусні установки. Принципова схема трьохкорпусної установки наведена на рисунку 7.59.

Перший корпус обігривається паром, що надходять ззовні. Вторинна пара першого корпусу переходять в нагрівну камеру наступного корпусу і там конденсується. Вторинна пара останнього корпусу надходять в конденсатор.

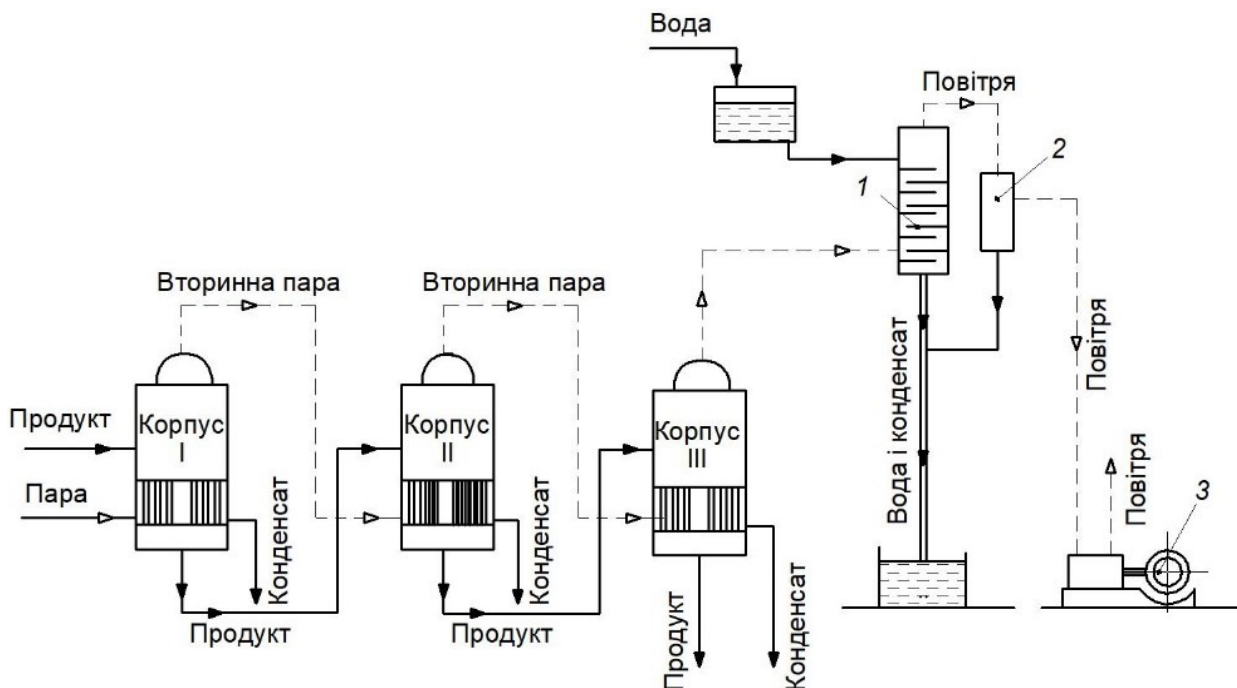


Рисунок 7.59. Схема трьохкорпусної випарної установки

1 – конденсатор; 2 – вловлювач; 3 – вакуум-насос.

У кожному наступному корпусі тиск вторинної пари менший, ніж у попередньому. Це призводить до того, що температура кипіння маси знижується в кожному наступному корпусі та буває найвищою в першому та найнижчою в останньому. Під час роботи установки підтримується постійний рівень маси та сталий для кожного корпусу відсотковий вміст сухих речовин, що збільшується від першого корпусу до останнього.

Продуктивність багатокорпусної випарної установки залежить від кількості корпусів та від суми перепадів температур за всіма корпусами та поверхнями нагрівання. Збільшення числа корпусів зменшує витрати пари, однак, економія поступово зменшується і за деякої кількості корпусів вона стає настільки мала, що не виправдовує витрат на встановлення корпусу.

1.5. Огляд патентної документації

Патентне дослідження – це системний науковий аналіз властивостей об'єкта господарської діяльності (ОГД) протягом його життєвого циклу, які впливають з правової охорони об'єктів промислової власності [45]. Дане дослідження проводиться з метою визначення патентної ситуації щодо проєктованого апарату, а саме визначення їх патентоспроможності й тенденцій розвитку. Дослідження проводилося на основі патентної бази України та іноземних публікацій. Провівши патентне дослідження можна сказати, що в даний час застосовуються різні типи апаратів, що проєктуються. Їх різноманіття обумовлюється особливістю теплових режимів та масообмінних процесів, що підтримуються під час проведення технологічного процесу.

Регламент пошуку

Найменування: Випарний апарат з співвісною гріючою камерою та винесеною циркуляційною трубою.

Етап: Проєктування апарату та його складових частин.

Обґрунтування регламентного пошуку:

- предмет пошуку – випарний апарат;
- об'єкт пошуку – винаходи та корисні моделі.

Мета пошуку інформації: визначення відомостей про використані патенти та винаходи, огляд на характер розвитку даного напрямку в техніці.

Визначення держав пошуку: Україна, США, ЄС.

Ретроспективність: встановлений регламент на період пошуку з 2010-2022 роки.

Джерела інформації: національні то зарубіжні офіційні описи винаходів, описи корисних моделей.

Таблиця 1.1.

Регламент пошуку для порівняльного аналізу конструкцій
випарного апарату (форма Б.1 згідно з ДСТУ 3575-97)

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Мета пошуку інформації	Держав а пошуку	Класифікаційн і індекси: МПК, НПК, МКПЗ, МКТП, УДК	Ретро-спективніст ь пошуку	Джерела інформації
1	2	3	4	5	6
Випарни й апарат	Визначення патентоздатност і проєктованого апарету й визначення тенденцій розвитку цього напрямку в техніці	Україна , ЄС, США	B01D 1/00; B01D 1/06; УДК 661.158; УДК 621.929.3; УДК 66.023 (088.8)	2010-2022	Описи до винаходів і корисних моделей Держпатент у України; національні й зарубіжні офіційні бюлетні.

Таблиця 1.2.

Джерела інформації, використані під час проведення пошуку конструкцій
випарного апарату

Пред-мет пошуку (ОГД, його складові частини)	Держава пошуку	Класифікаційні індекси: МПК, НПК, МКПЗ, МКТП, УДК	Інформаційна база, використана під час пошуку	Бібліографічні дані за хронологією патентна інформація	Першого та останнього джерела інформації інша науковотехнічна інформація
1	2	3	4	5	6
Випарний апарат	Україна, США, ЄС	МПК6 і МПК7-В01D 1/00; В01D 1/06; В01D 3/00; УДК 621.929.3; УДК 66.023 (088.8); УДК 66.048.5-956; В01D 1/00; В01D 1/06; В01D 1/22.	Фонд НГУУ "КПР"; фонди Державної науковотехнічної бібліотеки України; офіційні сайти Держпатенту України, іноземні патенти.	Описи винаходів патентів України №№1-41000; Описи корисних моделей патентів України №№1-150; Описи винаходів іноземних патентів.	Описи винаходів і корисних моделей; United States Patent (Evaporation means and method).

Джерело: Розроблено автором.

Таблиця 1.3.

Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу з обраною конструкцією випарно апарату

ОГД, його складові частини	Бібліографічні дані	Відомості, щодо їхньої дії
1	2	3
Випарний апарат з природньою циркуляцією	Патент № 74151 (UA), В01D 1/00. Випарний апарат з природньою циркуляцією / Іващенко Олександр Яковлевич (UA); Мовчанов Володимир Ігнатійович (UA); Гринько Іван Дмитрович (UA); Гринько	Діє

	Олександр Іванович (UA). Заявка № 2002010670, 28.01.2010. Опубл. 15.11.2011; бюл. № 11, 2011 р.	
Випарний апарат з підвісною гриючою камерою	Патент № 72504 (UA), B01D 1/00, 1/06. Випарат апарний з підвісною гриючою камерою / Гітис Едуатр Борисович (UA); Мовчанов Володимир Іванович (UA); Гринько Іван Дмитрович (UA); Ніколенко Валентина Миколаївна (UA); Костіна Тетяна Іванівна (UA). Заявка № 2001106716, 01.10.2012. Опубл. 15.03.2005; бюл. № 3, 2012 р	Діє
Випарний апарат	Патент № 107787 (UA), B01D1/22. Випарний апарат [UA] / Бишко Микита Андрійович (UA). Заявка № u201511883, 01.12.2015. Опубл. 24.06.2016.	Не діє
Випарний апарат	Патент № 103776 (UA), B01D1/00. Випарний апарат [UA] / Саввіна Вікторія Ігорівна [UA]. Заявка № u201507187, 17.07.2015. Опубл. 25.12.2015	Не діє
Випарний апарат	Патент № 91961 (UA), B01D 1/00, C13B 25/00. Випарний апарат / Чагайда Андрій Олегович (UA), Станев Сергій Костянтинівич (UA), Гонта Ігор Анаталійович (UA) . – Заявка № u201401366, 12.02.2014.; Опубл. 25.07.2014, бюл. № 14/2014.	Діє
Плівковий випарний апарат	Патент № 28618 (UA), B01D 1/22. Плівковий випарний апарат / Пристрома Євгеній Олександрович (UA); Ладановський Михайло Іванович (UA); Василяка Олександр Сергійович (UA); Заявка № u200712095 , 01.11.2017. Опубл. 10.12.2007.	Діє

Висновки

Проведений патентний пошук показав, що в світі існує понад ста найрізноманітніших конструкцій випарних апаратів. Деякі патенти не діють, але знайдено достатньо велику кількість діючих патентів.

Із всіх розглянутих способів і методів випарювання установки безперервної дії мають більшу продуктивність, легко автоматизуються і регулюються, більш економічні у тепловому відношенні. В залежності від умов виробництва, об'ємів випуску продукції, габаритних розмірів існує велика кількість видів випарних апаратів. Всі вони мають ряд переваг та недоліків один від одного. Аналізуючи всі знайдені патенти, можна зробити висновок, що головна мета в наш час покращити технічні характеристики випарних апаратів для функціональнішої роботи. Наприклад, для зменшення часу випарювання речовин, що застосовуються у біотехнологічній промисловості.

Розділ 2. Теорія процесу випарювання

2.1. Просте випарювання

Просте випарювання проводять на установках малої продуктивності, коли витрати теплоти не мають великого значення [12]. Матеріальний баланс простого випарювання включає два рівняння, складені:

— по матеріальних потоках

$$G_n = G_k + W \quad (2.1)$$

— по розчиненій речовині

$$G_n x_n = G_k x_k \quad (2.2)$$

Де G_n , G_k – масова витрата початкового і кінцевого розчину; W – масова витрата розчинника, що випарюється; x_n , x_k – масові частки розчиненої речовини в початковому і кінцевому розчинах. Тепловий баланс простого випарювання може бути записаний на основі потоків приходу і витрати теплоти [12]. Щоб скласти тепловий баланс випарювання визначаємо основні складові: D – масова витрата гріючої пари; $i_{\text{пар}}$, $i_{\text{вп}}$, $i_{\text{конд}}$ – питомі ентальпії гріючої пари, повторної пари, а також конденсату; t_n , t_k – початкова і кінцева температури розчину; Δq – теплота концентрування від концентрації x_n до концентрації x_k ; c_n , c_k – питома теплоємність вихідного (початкового) і кінцевого розчинів [13].

Тепловий баланс простого випарювання має вигляд:

$$G_n c_n t_n + D i_{\text{пар}} = G_k c_k t_k + W i_{\text{в.п.}} + 0,01 G_k x_k \Delta q + D i_{\text{конд.}} + Q_n \quad (2.3)$$

Провівши заміну у рівнянні (2.3) відповідно до рівняння (2.1) G_n на $G_k + W$ та вирішивши його відносно витрати гріючої пари, отримаємо:

$$D = G_k \frac{c_k t_k - c_n t_n + 0,01 x_k \Delta q}{i_{\text{пар}} - i_{\text{конд}}} + W \frac{i_{\text{в.п.}} - c_n t_n}{i_{\text{пар}} - i_{\text{конд}}} + \frac{Q_n}{i_{\text{пар}} - i_{\text{конд}}} \quad (2.4)$$

З рівності (2.4) слідує, що загальна витрата пари визначається трьома доданками, які можна інтерпритувати таким чином [13]:

- 1) витрата пари на зміну теплоємності упареного розчину;
- 2) витрата пари на утворення повторної пари;
- 3) витрата пари на компенсацію втрат теплооти в довкілля [12].

Значення першого і останнього складових досить мала в порівнянні з другим. Тому при наближених розрахунках вважається, що й кг води, що випаровується з розчину вимагає витрат 1,1...1,2 кг гріючої пари.

Розведення спирту. Формула розведення етанолу та перерахування масових відсотків в об'ємні.

Розведення водно-спиртових розчинів необхідно проводити за об'ємом і за масою. При цьому зручно виходити з рівняння матеріального балансу абсолютного спирту:

$$X \cdot a = p \cdot b, \quad (2.5)$$

де X — кількість міцного спирту;

a — концентрацій міцного спирту;

p — кількість спирту необхідної концентрації;

b — необхідна концентрація.

Для розведення слабкими спиртами формула (3.5) набуває іншого вигляду:

$$X \cdot (a - c) = p \cdot (b - c), \quad (2.6)$$

де c — концентрація слабого спирту. ,

Розрахунки можуть бути проведені за правилом «зірочки»:

Зліва вгорі записують концентрацію міцного розчину a ; зліва внизу — концентрацію розріджувача, слабого розчину c ; у разі чистого розчинника $c = 0$. У центрі записується потрібна концентрація b . Цифри праворуч

одержують відніманням по діагоналі - від більшого менше. Вони показують відповідну (по горизонталі) кількість міцного розчину (b- c) і розріджувача (a -b). При додаванні цих величин одержують кількість розчину (a - c) необхідної концентрації.

3 Розробка інноваційного обладнання для стерилізації та концентрації рослинних продуктів

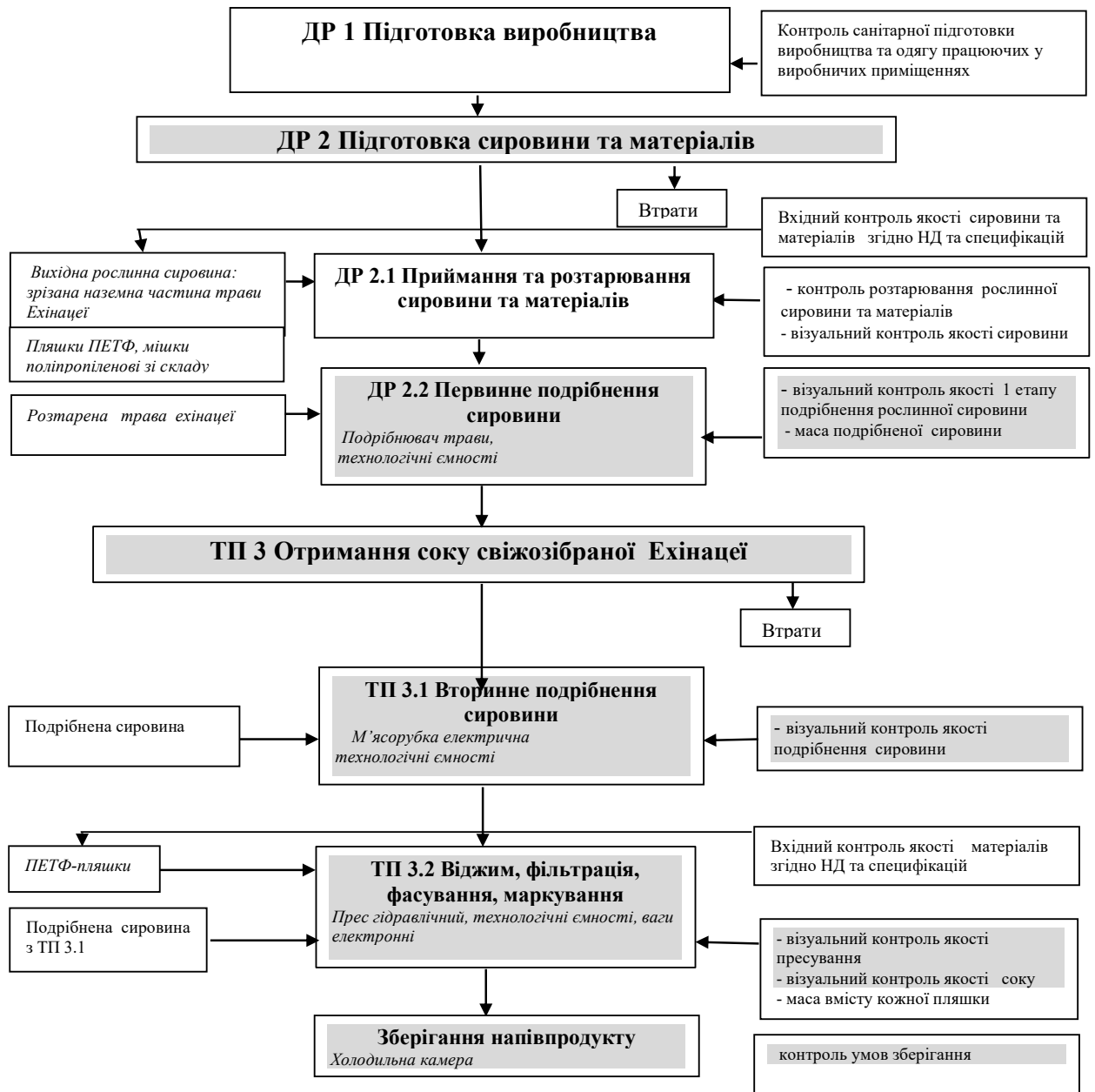
3.1 Розробка технологічного процесу виробництва соку ехінацеї пурпурової на вакуумному реакторі випарювання

Практика інноваційної програми підприємств країн світу показує, що їх успіхи найчастіше пов'язані саме з розробленням стратегій, пошуком і освоєнням нових ідей та їх впровадження в практику. Ці підприємства націлені на створення інноваційної структури та відповідної культури управління. На даному етапі розвитку підприємств в плані конкурентоспроможності, роль інновацій стає все більш ваговою, адже в процесі інноваційної діяльності підприємство на основі підвищення ефективності виробництва та здійснення перспективних науково–дослідних розробок отримує конкурентні переваги порівняно з іншими підприємствами [7].

Головною та першочерговою складовою будь якої діяльності є визначення цілей, в нашому випадку це знайти нове інноваційне обладнання для стерилізації та концентрації рослинних продуктів. Концентрований сік непризначений для прямих продажів і вживання в їжу. Він є сировиною, необхідною для виробництва продуктів харчування. Завдяки позбавленню від більшої частини вологи збільшується термін зберігання і спрощується перевезення.

Тому нами було прийнято рішення розробити та описати технологічний процес виробництва на прикладі рослини ехінацеї пурпурової, а також створили схеми опису даного процесу, які наведено нижче.

**СХЕМА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА
напівпродукту
«Сік свіжозібраної Ехінацеї»**



Примітка: критичні операції та критичні контрольні точки виділені тонування

Рисунок 3.1. Схема технологічного процесу виробництва напівпродукту «Сік свіжозібраної ехінацеї»

**СХЕМА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА
АФІ
«Концентрований сік Ехінацеї пурпурової»**

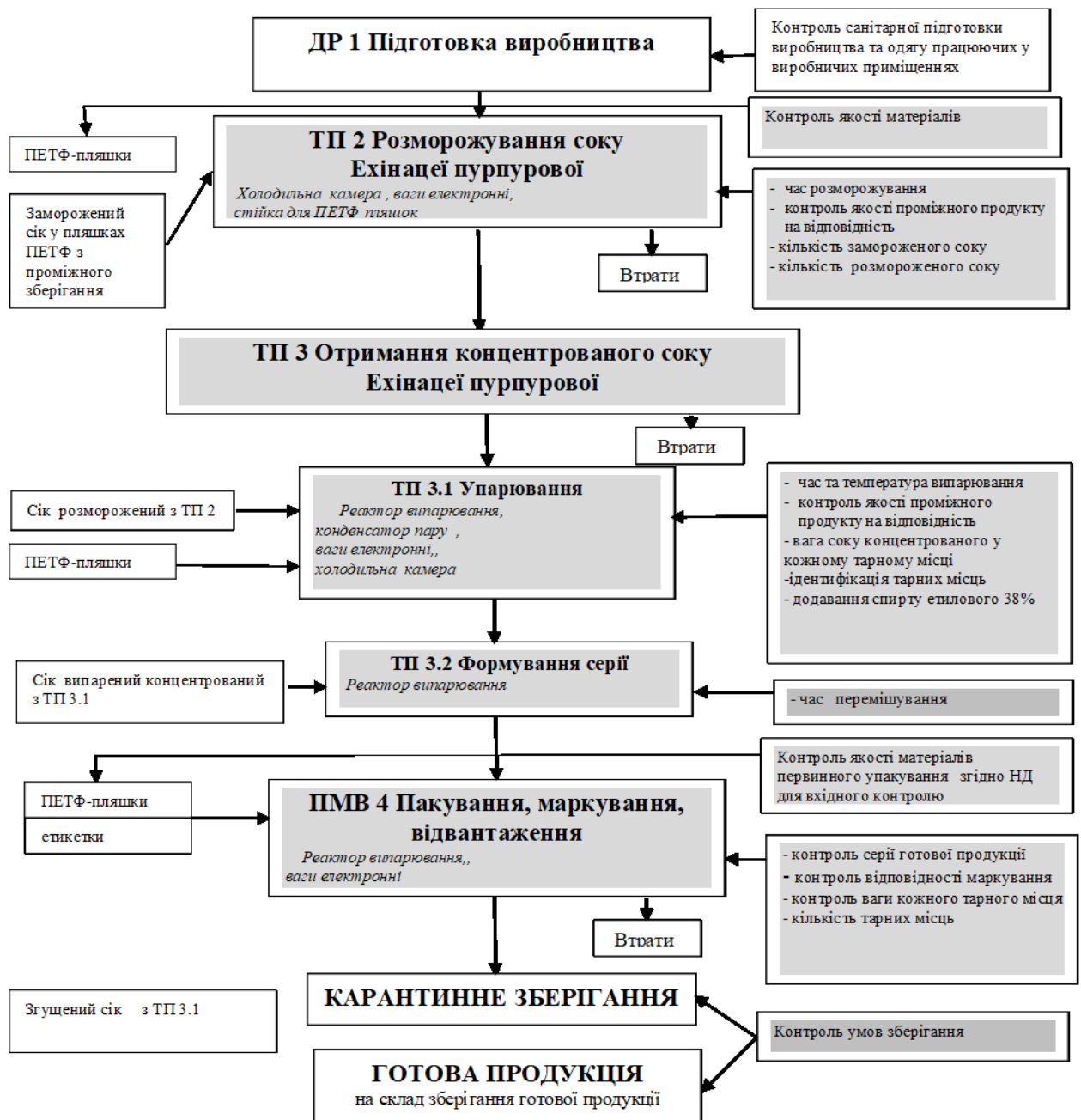


Рисунок 3.2. Схема технологічного процесу виробництва «Концентрований сік ехінацеї»

Вищенаведені схеми вимагають більш ширшого пояснення тому пропонуємо більш детально описати кожен з етапів технологічного процесу виробництва напівпродукту «Сік свіжозібраної Ехінацеї» згідно рис. 3.1.

Стадія 1. Підготовка виробництва.

Технологічний процес виробництва здійснюють у некласифікованих виробничих приміщеннях. Санітарна підготовка виробництва (підготовка виробничих приміщень, технологічного обладнання, технологічного одягу та персоналу до роботи, а також приготування та застосування дезінфікуючих розчинів) регламентовано згідно вимог стандартів підприємства за відповідними стандартними робочими процедурами [7].

Для забезпечення необхідних санітарно-гігієнічних вимог мікроклімату на виробництві передбачена загальнообмінна вентиляція.

Для водопостачання на технологічні та побутово-господарські потреби використовують воду з артезіанської свердловини. Вода очищена в виробництві не використовується.

Перевірку технічної підготовки обладнання до роботи здійснює інженер – механік згідно діючих письмових методик, які були нами описані в попередніх розділах кваліфікаційної роботи.

До початку роботи перевіряють наявність електроенергії, робочого тиску води та повітря в технологічних трубопроводах; роботу обладнання та контрольно-вимірювальних приладів; візуально перевіряють чистоту обладнання та перевіряють роботу обладнання згідно інструкцій з експлуатації теж описаною нами в попередніх розділах даної роботи. У випадку відсутності зауважень щодо стану обладнання та приміщень можна починати роботу. По закінченню технологічного процесу,

передбачено проведення санітарної підготовки приміщень та обладнання: очищення/дезінфекційну обробку [7].

Стадія ДР 2 Підготовка сировини

Сировину і допоміжні матеріали зберігають на складі сировини і матеріалів та розміщують на піддонах, стелажах по групах, найменуванням, маркам відповідно до вимог Правил пожежної безпеки для підприємства по виробництву лікарських засобів та процедур підприємства.

Основна та допоміжна сировина, матеріали (у тому числі пакувальні та друкована продукція) надходять на виробництво тільки після здійснення вхідного контролю якості відповідно нормативно-технічної документації відділу контролю якості.

Відбір проб для вхідного контролю сировини здійснює контролер з якості відділу контролю якості (далі - ВКЯ).

Відбір проб для вхідного контролю пакувальних матеріалів здійснює контролер з якості ВКЯ.

При отриманні сировини та матеріалів інженер-технолог/майстер цеху перевіряють відповідність аналітичних листів для сировини та протоколів аналізів вхідного контролю для пакувальних матеріалів, візуально контролюючи цілісність упаковки, відповідність маркування, зовнішній вигляд сировини/матеріалів, відповідність кількостей сировини/матеріалів згідно регламентних норм витрат [7].

Стадія ДР 2 Підготовка сировини

ДР 2.1 Приймання та розтарювання сировини

ДР 2.2 Первинне подрібнення сировини

ДР 2.1 Вихідна рослинна сировина: свіжозібрана наземна частина трави квітучої Ехінацеї, у допоміжних технологічних ємностях, попередньо підготованих відповідним чином, поступає на виробництво

лікарської рослинної сировини безпосередньо з місця заготовки, яке розташоване неподалік від площ виробничої ділянки [7].

Рослинну сировину приймають у виробництво у супроводі аналітичного листа, який підтверджує якість рослинної сировини та є дозволом на використання у виробництві. Порядок оформлення та видачі документації контролю якості на вихідну сировину. Технологічні ємності із травою Ехінаце, передають у некласифіковане виробниче приміщення отримання соку Ехінацеї, для подальшого використання. В процесі розтарювання рослинної сировини здійснюють контроль розтарювання та візуальний контроль якості трави: відсутність сторонніх включень [7].

Пляшки ПЕТФ, які використовуються у технологічному процесі обробляються водою питною.

ДР 2.2 Операцію первинного подрібнення рослинної сировини здійснюють за допомогою подрібнювача трави. Подрібнену рослинну сировину збирають у відтаровані, попередньо підготовані та ідентифіковані маркуванням, технологічні ємності. Кожну ємність із подрібненою травою зважують на вагах електронних. Для підтвердження точності зважування проводять калібрування ваг.

Технологічні ємності з подрібненою травою передають на вторинне подрібнення на ТП 3.1.

Стадія ТП 3 Отримання соку свіжозібраної Ехінацеї

ТП 3.1 Вторинне подрібнення сировини

ТП 3.2 Віджим, фільтрація, фасування, маркування

ТП 3.1 Для отримання більш однорідної маси передбачено вторинне подрібнення за допомогою м'ясорубки електричної. Отриману масу подрібненої трави збирають у попередньо підготовані та ідентифіковані маркуванням допоміжні технологічні ємності. В кожну ємність перед початком накопичення подрібненої трави, вкладають мішок з бейтингу, який виконує роль фільтрувального матеріалу.

У процесі виконання операції контролюють якість подрібнення (візуально-відсутність крупних відрізків рослин та відсутність будь-яких сторонніх включень).

ТП 3.2 Операції здійснюють в некласифікованому приміщенні отримання соку ехінацеї, за допомогою гідравлічного преса, в напівавтоматичному режимі. Параметри роботи пресу виставляють вручну.

Для здійснення операції, підготовлену та подрібнену траву ехінацеї пурпурової, у мішках з бейтингу поміщають в приймальну ємність гідравлічного пресу. Отриманий в результаті віджимання сік, самопливом стікає у пляшки – ПЕТФ. В процесі віджимання контролюють візуально якість отриманого соку на відсутність механічних включень.

Пляшки, наповнені соком свіжозібраної трави, передають в некласифіковане приміщення отримання вимороженого соку Ехінацеї, зважують на вагах електронних. Точність зважування ваг електронних перед використанням перевіряють калібруванням. Кожну пляшку ідентифікують маркуванням [7].

Отриманий віджятий та профільтрований сік в пляшках, які щільно закриті кришками, ідентифікованих маркуванням, накопичують та зберігають у холодильній камері до подальшого концентрування випарюванням.

Далі переходимо до опису технологічного процесу виробництва «Концентрований сік Ехінацеї» згідно рис. 4.2.

ДР 1 Підготовка виробництва

«Підготовка до виробництва відбувається аналогічно з етапом «Стадія 1. «Підготовка виробництва»» технологічного процесу виробництва напівпродукту «Сік свіжозібраної Ехінацеї» який описано вище.

ТП 2 Розморожування соку Ехінацеї

Проведення виморожування передбачено як додаткова технологічна операція з метою додаткового попереднього концентрування свіжого віджатого соку та зменшення часу на випарювання. Сік свіжозібраної Ехінацеї у пляшках-ПЕТФ зберігають у холодильній камері . Після чого пляшки із соком переміщують із холодильної камери для розморожування при кімнатній температурі протягом певного часу. Рідину, яка утворюється у результаті розморожування, зливають за допомогою стійки для ПЕТФ-пляшок. Сік виморожений збирають у пляшки ПЕТФ, кожену пляшку із соком зважують на вагах електронних, пляшки ідентифікують маркуванням та переміщують у холодильну камеру для накопичення, зберігання та передачі на наступний етап подальшого концентрування. Залишок у пляшках, що не був розморожений протягом встановленого часу, передають для подальшої утилізації.

ТП 3 Отримання концентрованого соку Ехінацеї

ТП 3.1 Упарювання

ТП 3.2 Формування серії

ТП 3.1 Операцію випарювання розмороженого соку здійснюють для додаткової концентрації соку, випарювання проводять за допомогою реактору випарювання. Для проведення процесу, сік, частково концентрований виморожуванням, поміщають у реактор. Пред початком упарювання до загальної маси додається етиловий спирт до досягнення частки 25% спирту загального розчину згідно формули (2.5). Нагрівають масу до регламентованої температури (40°C) за допомогою подачі гарячої води у сорочку реактора при постійному перемішуванні за допомогою мішалки. При нагріванні реакційної маси створюють знижений тиск у реакторі концентрування соку за допомогою вакуумного насосу, що дозволяє знизити температуру кипіння маси та прискорити процес

упарювання. Залишкова волога випаровується з реакційної маси, пари рідини конденсуються за допомогою конденсатора пару [22].

В процесі випарювання контролюють значення остаточного тиску у реакторі, температуру реакційної маси. По закінченню процесу проводять технологічний контроль: перевіряють значення показника «Сухий залишок» у концентрованому соці. При досягненні регламентованого значення сухого залишку, процес вважають завершеним, сік концентрований може бути розфасованим.

Фасування здійснюють під потоком підготованого повітря для мінімізації контакту із зовнішнім середовищем. Злив концентрованого соку Ехінацеї проводять самопливно з нижнього спуску реактора випарювання соку у пляшки з поліетилентетрафталату (ПЕТФ). Пляшки, наповнені соком концентрованим, зберігають у холодильній камері, до накопичення достатньої кількості для формування серії в регламентованих умовах згідно вимог внутрішньої специфікації підприємства на проміжний продукт.

На даному етапі здійснюють контроль проміжного продукту на відповідність регламентованим показникам якості наведеного у розділі 3.3 «Організація методів контролю якості готової продукції» даної кваліфікаційної роботи [22].

ТП 3.2. Операцію здійснюють за допомогою реактора випарювання. У реакторі об'єднують концентрований випарений сік від декількох операцій випарювання для досягнення однорідності.

Для здійснення операції, концентрований сік від декількох операцій упарювання завантажують у реактор випарювання, перемішують за допомогою мішалки протягом встановленого часу.

Стадія ПМВ 4 Пакування, маркування та відвантаження готової продукції .

Фасування концентрованого соку здійснюють під потоком підготованого повітря для мінімізації контакту із зовнішнім середовищем. Злив концентрованого соку трави Ехінацеї проводять самопливно з нижнього спуску реактору випарювання у ПЕТФ пляшки. Контролюють масу наповнення пляшок. Для ідентифікації готової продукції, кожному пляшечку-ПЕТФ, наповнену концентрованим соком Ехінацеї, ідентифікують маркуванням. Готову продукцію, передають у зону карантинного зберігання готової продукції. До одержання сертифікату якості готову продукцію ідентифікують та зберігають в зоні карантинного зберігання готової продукції в регламентованих умовах [21].

Протоколи виробництва серії та протоколи пакування комплектують, включаючи всю супроводжуючу документацію з контролю якості, протоколи з підготовки виробничих приміщень та обладнання, аналітичні листи вхідного контролю сировини та пакувальних матеріалів, результати проміжного контролю в процесі виробництва, ідентифікаційні етикетки, зразки пакувальних матеріалів та друкованої продукції [21].

За результатами оцінки комплектності та змісту Досьє виробництва серії, Уповноважена особа дає дозвіл на подальше використання серії готової продукції, засвідчуючи особистим підписом, що серія була вироблена і проконтрольована у відповідності до вимог затвердженої технологічної нормативної і аналітичної нормативної документації, відповідає своєму призначенню та вимогам. Після отримання позитивного висновку про якість, статус продукції «Дозволено до реалізації», після чого готову продукцію у супроводі сертифікату якості переміщують на склад готової продукції для подальшого зберігання в регламентованих умовах та використання [22].

Отже, нами була розроблена та освоєна технологія виробництва рослинних продуктів, що забезпечує одержання високоякісного продукту, в якому в концентрованому вигляді збережені всі інгредієнти вихідної сировини. Мають високу харчову цінність, компактні, зберігаються тривалий час. Отриманий рослинний продукт не містить хімічних та інших інгредієнтів.

Сучасне ринкове середовище України зазнає постійних змін. В умовах жорсткої конкуренції кожне підприємство має втриматися на плаву, для цього організація потребує адекватного динамічного розвитку, основним напрямком якого виступають новітні інноваційні технології. Тому ключовим етапом розвитку підприємств виступають інновації, які виведуть підприємство на абсолютно новий рівень розвитку та конкурентоспроможності як на ринку України, так і за її межами.

3.2. Опис обладнання для виробництва та стерилізації екстрактів із лікарської рослинної сировини

Реактор випарювання призначений для здійснення процесу випарювання вимороженого соку ехінацеї для отримання соку заданої концентрації.

Ознайомлення з конструкцією та принципом роботи реактора випарювання є необхідною умовою безпечної роботи та правильної експлуатації.

Таблиця 3.1.

Технічні характеристики

Характеристика	Одиниця виміру	Показник
Корисний внутрішній об'єм	л	80
Робоча температура ємності	°C	40
Робоча температура в рубашці	°C	50

Робочий відємний тиск в ємності	МПа	-0,9
Робочий тиск	МПа	0,3
Кількість обертів валу мішалки	об/хв	30

Джерело: Розроблено автором

Опис конструкції

Всі елементи складової частини реактору зображено на рис. 3.1. Корпус реактора представляє собою ємність з складною двошаровою стінкою.

Внутрішня порожнина ємності утворена обичайкою (15) і нижньою кришкою (6). Внутрішня порожнина оточена сорочкою, утворена обичайкою (24), кришкою (7), кільцем (10) та конічною вставкою (3).

Сорочка в свою чергу оточена шаром теплоізоляції, що складається з обичайки (9, 23 та 11). Простір між сорочкою та обичайками теплоізоляції заповнено мінеральною ватою (44). Вода для нагріву в сорочку подається через штуцер (38).

Для вивантаження сировини з робочої порожнини реактора слугує пряма заслінка (41). Вихід парів в процесі роботи реактора проводиться через вихлопну трубу (33) зв'язаний з конденсатором пари (рис. 3.3.). Для спостереження за робочою сумішшю та внутрішнім станом реактора служить діоптр (30), який зображений на рис. 3.1.

Перемішування робочої суміші проводиться за допомогою чотирьох лопатей (12), які жорстко закріплені на основному валу (2), який в свою чергу за допомогою різьбового з'єднання з'єднаний з приводним валом (1). Вал (1) через торцеве ущільнення (16) встановлене на фланці (21), проходить у внутрішню порожнину реактора. Торцеве ущільнення фіксується за допомогою штифта (26).

Лопаті з основним валом приводяться в рух електродвигуном (32), з'єднаним через редуктор (31) з валом (1). Обертання від редуктора до валу

(1) передається за допомогою шпоночного з'єднання шпонкою (25). Редуктор за допомогою восьми болтів (36) кріпиться до фланцю (22), який з'єднаний з фланцем (21) за допомогою труби (18). Так як нормальна робота ущільнення потребує подачі в порожнину, де воно установлене мастильно-охолоджуючої рідини (води) в трубі (18) є два патрубків (45) для подачі та зливу води.

Порожнина реактора закривається кришкою (5), яка за допомогою фланців (19) і (20) стикується з тілом реактора. Фланець (19) притискається до фланцю (20) за допомогою дванадцяти болтів М8 [1].

Для вимірювання температури робочої суміші всередині реактора розміщений датчик (35), що знаходиться в середині гільзи (34).

Мийка внутрішньої порожнини реактора здійснюється через дві мийні голівки (29), на які подається миюча рідина під тиском 1,5-3 бар. Дренаж при цьому здійснюється через патрубок (40).

Реактор монтується на спеціальну раму за допомогою чотирьох кронштейнів (8). Всі деталі реактора виповнені зі сталі AISI 304.

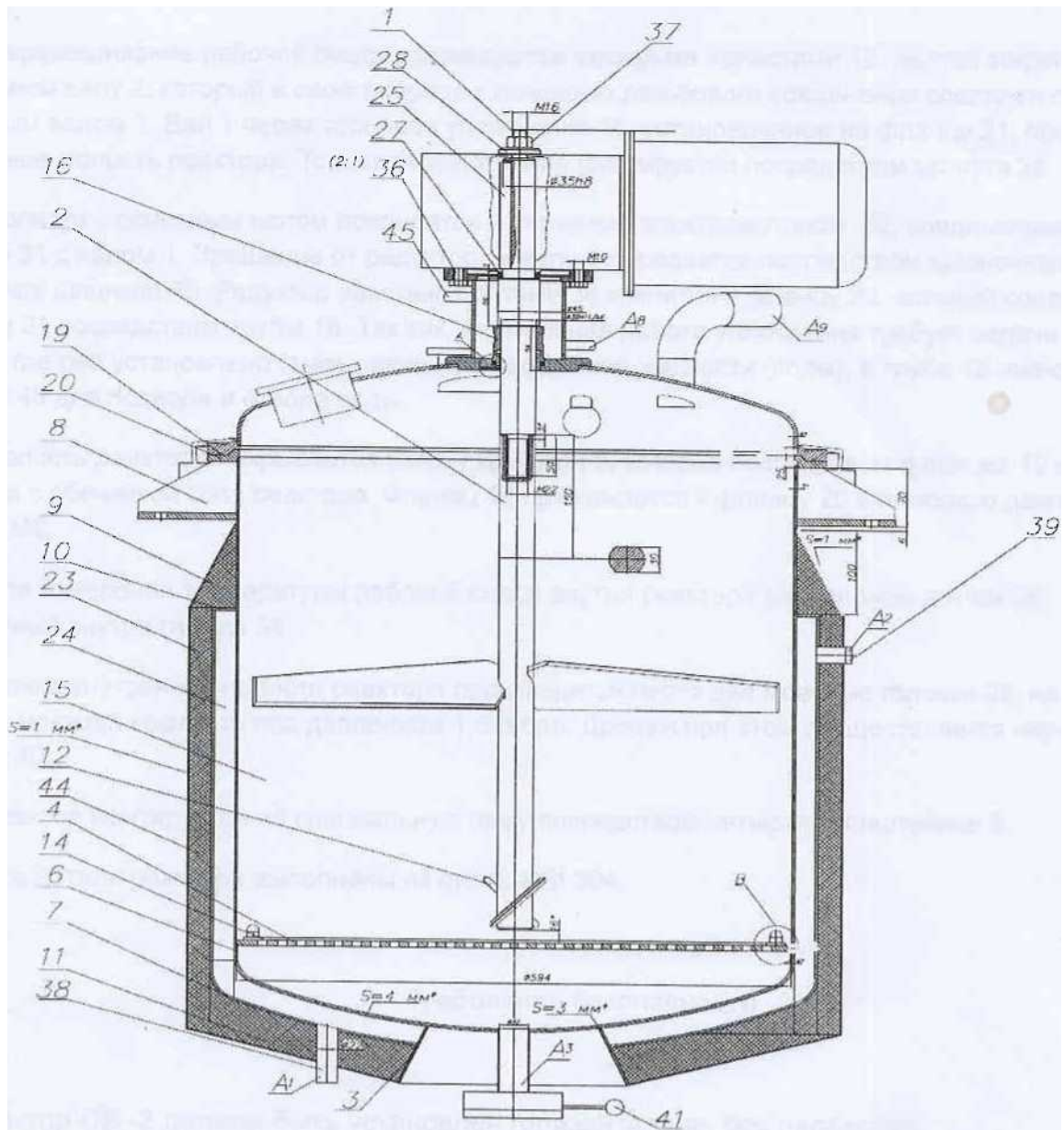
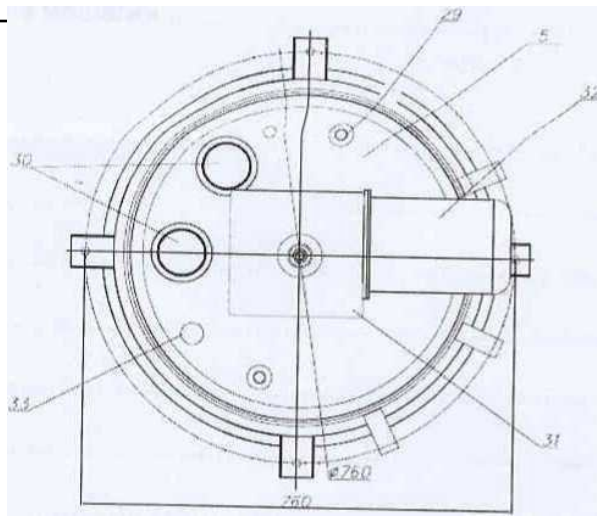


Рисунок 3.1. Вигляд реактора випарювання в розрізі



1- приводний вал; 2 – основний вал; 3 – конічна вставка; 5-кришка; 6- нижня кришка; 7 – кришка; 8 – кронштейн; 9,11,15,23,24 – обичайка; 10 – кільце; 12- лопасті; 16 – торцеве ущільнення; 18 – труба; 19,20,21,22 – фланц; 25 – шпонка; 26 – штифт; 29 – мийна голівка; 30-діоптр; 31 – редуктор; 32-електродвигун; 33 – вихлопна труба; 34 – гільза; 35 – датчик; 36 – болт; 38 – штуцер; 40,45-патрубок; 44 – мінеральна вата; Рисунок 3.2. Загальний вигляд реактора випарювання зверху

Технічні характеристики конденсатора пару наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2.

Основні технічні характеристики конденсатору пару:

Характеристика	Одиниця виміру	Показник
Корисний внутрішній об'єм	л	300
Об'єм сорочки	л	30
Робоча температура ємності	°С	-2

Джерело: Розроблено автором

Вигляд конденсатора пару у розрізі наведено на Рисунку 3.3.

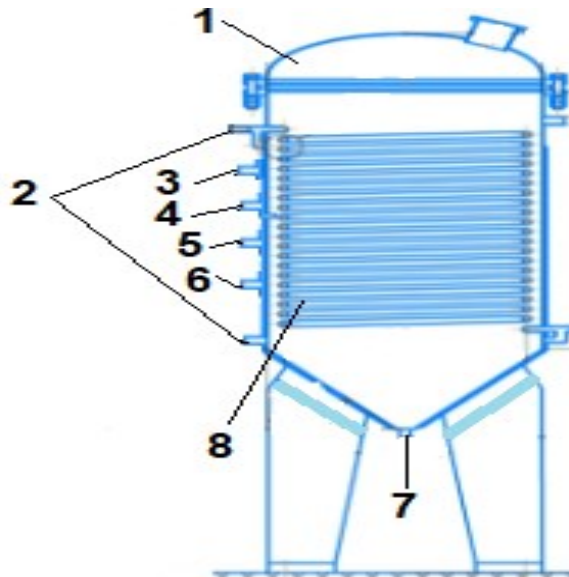


Рисунок 3.3. Вигляд конденсатора пару у розрізі

Опис конструкції конденсатора пару:

Корпус представляє собою ємність з складною двошаровою стінкою та кришкою (1).

Внутрішня порожнина оточена сорочкою [6].

Всередині корпусу знаходиться змійовик (8).

Верхній штуцер змійовика (4), а нижній (5).

Для вивантаження сировини з робочої порожнини конденсатора пару слугує нижній штуцер (7).

Для підключення вакуумного насосу використовується верхній штуцер (3) в робочу камеру конденсатора пару. Також всередину веде штуцер (6).

Рідина для охолодження в сорочку подається через штуцери (2).

Отже, наш вибір припав саме на такий тип конструкції роторного випарювального апарату, оскільки за допомогою випарювання в біотехнологічній промисловості найчастіше використовується – концентрування розчинів. Вибір конструкції випарного апарату залежить від багатьох фізичних чинників, а саме: в'язкість, температура кипіння, густина, величина критичного теплового потоку; та хімічних процесів: кристалізація, піноутворення, кипіння розчинів та ін. Усі зазначені параметри створюють

основні вимоги до проведення процесу випарювання, і відповідно до вибору конструкцій випарних апаратів [18]. Концентрування розчину екстрактів лікарської рослинної сировини має бути досить обережним та щадним за відносно невисоких температур. Тому для концентрування необхідно підтримувати більш низьку температуру за більш короткий час. Так як під час випарювання розчин екстрактів із лікарської рослинної сировини не містить домішок, які можуть відкладатись на поверхні теплообміну, то для випарювання розчину застосовують апарати з природньою циркуляцією. Розчини екстрактів із лікарської сировини, не схильні до інтенсивної кристалізації, тому добре піддається випарюванню. Також апарат зазначеної конструкції за рахунок винесеної зони кипіння простий в експлуатації. Цю конструкцію рекомендовано використовувати на даному виробництві тому що: випарник має мінімальний гідравлічний опір при проході парів через нього; час перебування продукту в зоні нагріву є мінімальним; апарати даної конструкції використовуються для випарювання рідин невеликої в'язкості; забезпечується висока швидкість процесу випарювання за досить невисоких температур, що у свою чергу дає змогу зберігати лікувальні властивості соку [18-19].

3.3. Порядок роботи на обладнанні для виробництва та стерилізації екстрактів із лікарської рослинної сировини

Перед початком роботи на реакторі потрібно пройти навчання та ознайомитися з технікою безпеки. Перед завантаженням реактора впевнитись в тому, що вивантажувальний отвір перекритий [5].

Далі наведено покроковий порядок роботи:

- помістити сік у реактор випарювання через оглядове вікно (2) та додати розрахункову кількість ізопропілового спирту 96%, закрити вікно;

- увімкнути мішалку реактору та продовжувати перемішування суміші згідно регламентним даним [3];
- на пульті керування реактору випарювання натиснути кнопку «Котел» та «Насос котлу»;
- нагріти суміш до температури 40°C (контролювати температуру за допомогою датчику 8) за допомогою подачі гарячої води у сорочку реактора при постійному перемішуванні;
- контролювати тиск у реакторі випарювання за допомогою манометра (1,8-2,2 бара);
- увімкнути вакуумний насос, натиснувши кнопку «Включення»;
- увімкнути холодильну машину та відкрити крани (2) конденсатору пару [3];
- заповнити сорочку охолоджувальною рідиною, досягнувши температуру в системі -2°C;
- починається процес випарювання;
- контролювати тиск у вакууму за допомогою манометра (800-1000 мілібара);
- при досягненні тиску 1000 мілібар, вимикати насос;
- зливати конденсат зі штуцера (7) конденсатору пару порційно кожну годину та не менш, чим через годину після початку процесу, для цього закривати подачу вакууму з реактору випарювання;
- контролювати кількість зливої водно-спиртової

рідини;

- по досягненні концентрації соку ехінацеї у реакторі регламентним параметрам, завершити процес випарювання;
- вимкнути вакуумний насос, закрити всі штуцера [3];
- розфасувати отриманий сік ехінацеї у чисті ПЕТФ-пляшки шляхом зливу соку самоплином з нижнього (вивантажувального) спуску реактора випарювання (7).

Після закінчення роботи зробити санітарну підготовку обладнання.

Також важливо персоналу проводити щоденне обслуговування (огляд) обладнання на відповідність техніки безпеки.

В процесі розробки та експлуатації реактора випарювання мною було встановлено можливі несправності, які можуть виникати та розроблено методи їх усунення, які наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3.

Можливі несправності та методи їх усунення

Несправність 1	Причина 2	Метод усунення 3
Двигун не вмикається	Відсутність напруги в мережі електроживлення	Під'єднати реактор до справної електромережі.
	Вийшов з ладу двигун	Замінити двигун
Витік масла через сальники	Дефекти сальників. Пошкодження сальників.	Замінити сальники
Витік масла в місці з'єднання двигуна і реактора	Пошкоджена прокладка або ущільнююче кільце	З'єднатись з сервісним центром

Таким чином, в даному підрозділі наведено розроблений нами порядок роботи на роторному вакуумному випарювачі та встановлено можливі несправності які можливо виявити при щоденному технічному огляді перед початком роботи та методи їх усунення.

3.4. Організація методів контролю якості готової продукції

Контроль якості продукції, що здійснюється на підприємстві повинен включати в себе забезпечення відповідності продукції та процесів заданим вимогам нормативно-технічної документації (Державна фармакопея України) [49]. Також це сукупність інформації про перебіг виробничих процесів та методів підтримання його, відповідно до вимог. Завдяки методам підбору якісної сировини, матеріалів, відбувається запобігання випуску дефектної, неякісної продукції підприємством [8].

Контроль якості продукції - це сукупність всіх методів і засобів контролю та регулювання якості сировини, рівня умов праці на виробництві, вони мають визначати рівень якості продукції на всіх стадіях розробки, виробництва та подальшої експлуатації продукції.

Всі екстракти з лікарської сировини мають відповідати вимогам стандарту, згідно якому, їх потрібно виготовляти за технічними вимогами, погодженими центральним органом виконавчої влади у сфері охорони здоров'я, та обов'язково за технологічними інструкціями (регламентами), затвердженими ним в установленому порядку.

Екстракт із лікарської рослинної сировини, у нашому випадку сік ехінацеї пурпурової, також має показники якості, які включають в себе візуальні показники та фізико-хімічні показники.

Відповідність екстракту лікарських рослин всім показникам безпеки важливе, оскільки він широко використовується в продуктах охорони здоров'я (біологічно активні добавки) та косметологічній сфері [49].

Тому далі наводимо перелік методів відповідності на якість.

1. Опис

1.1. Рідина коричневого кольору з приємним запахом. Допускається наявність осаду, який руйнується при струшуванні.

1.2. Густа рідина темно-коричневого, темно-бурого кольору із характерним запахом.

2. Сухий залишок.

2.1. Не менше 15 %. Випробування проводять згідно вимог ДФУ, 2.2.32. [49].

Близько 1,0 г (точна наважка) соку ехінацеї пурпурової висушують при температурі 105 °С до постійної маси.

2.2. Не менше 36 %. Випробування проводять згідно вимог ДФУ, 2.2.32. [49].

Близько 1,0 г (точна наважка) концентрованого соку ехінацеї пурпурової висушують при температурі 105 °С до постійної маси.

3. Кількісне визначення. Випробування проводять відповідно до вимог ДФУ, 2.2.25. [49].

Близько 1,0 г (точна наважка) субстанції (сік у перерахунку на суху речовину) поміщають у мірну колбу ємністю 50 мл додають 20 мл *води Р*, струшують протягом 10 хв, доводять об'єм розчину до мітки тим самим розчинником. 30 мл отриманого розчину фільтрують крізь паперовий фільтр «синя стрічка», відкидаючи перші 5 мл фільтрату. 10,0 мл фільтрату поміщають в мірну колбу ємністю 50 мл, додають 20 мл *води Р*, доводять об'єм розчину до мітки *етанолом 96 % Р* та перемішують. 2,0 мл отриманого розчину поміщають в мірну колбу ємністю 10 мл, доводять об'єм розчину до мітки *етанолом 96 % Р* та перемішують.

Вимірюють оптичну густину випробуваного розчину на спектрофотометрі за довжини хвилі 327 нм у кюветі з товщиною шару 10 мм, використовуючи як компенсаційний розчин *етанол 96 % Р*.

Вміст суми оксикоричних кислот (X), в субстанції, у перерахунку на кислоту хлорогенову, у відсотках, обчислюють за формулою:

$$X = \frac{A_1 \cdot 50 \cdot 50 \cdot 10 \cdot 100}{520 \cdot 100 \cdot m \cdot 10 \cdot 2} = \frac{A_1 \cdot 1250}{520 \cdot m}$$

де A_1 – оптична густина випробовуваного розчину;

520 – значення питомого показника поглинання хлорогенової кислоти в 40 % етанолі;

m – маса наважки субстанції, яка взята до аналізу, в грамах.

Вміст суми оксикоричних кислот в субстанції у перерахунку на кислоту хлорогенову повинен бути не менше 1,0 %.

З вищенаведеної інформації можна дійти висновку, що сік ехінацеї пурпурової має відповідати вимогам та характеристикам Державної фармакопеї України, що буде характеризувати її як якісний, безпечний та ефективний продукт [49].

Отже, в процесі виконання роботи нами було розроблено методи контролю якості продукції, а саме ехінацеї пуопурової, згідно вимог Державної фармакопеї України. Вищенаведена методика спрощує роботу працівників, адже має короткий виклад визначень, яким має відповідати готовий продукт.

Висновки

Отже, нами було розроблено роторний реактор випарювання призначений для здійснення процесу випарювання вимороженого соку ехінацеї для отримання соку заданої концентрації. Також розроблено порядок роботи на роторному вакуумному випарювачі та встановлено можливі несправності які можливо виявити при щоденному технічному огляді перед початком роботи та методи їх усунення. Сформовано методи контролю якості продукції, а саме ехінацеї пуопурової, згідно вимог Державної фармакопеї України. Дана методика спрощує роботу працівників, адже має короткий виклад визначень, яким має відповідати готовий продукт.

Таким чином, даний комплекс розроблених матеріалів та методів, в сукупності, дає повноцінну систему роботи від включення обладнання до виходу якісної продукції в необхідній концентрації.

Розділ 4. Розрахункова частина

4.1. Розрахунок продуктивності реактора-змішувача

Продуктивність реактора-змішувача розраховуємо за формулою:

$$P = \frac{M}{\tau_{осн} + \tau_{доп}}$$

де M – маса продукту в апараті, кг;

$\tau_{осн}$ - час проведення хімічної реакції, годин.

$\tau_{доп}$ - час допоміжних операцій (завантаження та розвантаження компонентів та готового продукту).

Продуктивність апарату розраховуємо на прикладі приготування модифікованого крохмалю особливої чистоти для фармацевтичних препаратів.

Час реакції – 30 хв.

Об'єм апарату – 0.08 м³.

Густина середовища – 1,1 кг/м³.

Коефіцієнт заповнення – 0,5.

Тоді маса продукту в апараті $0.08 * 1,0 * 0,5 = 0,04$ кг.

Час допоміжних операцій – 30 хвилин = 0.5 годин.

Тоді продуктивність апарату:

$$P = \frac{M}{\tau_{осн} + \tau_{доп}} = \frac{40}{1 + 0.5} = 28 \text{ кг/год}$$

Зазвичай апарат працює безперервно протягом 22-23 годин (14 циклів за добу), інший час відбувається розбирання та очищення апарату.

Тому добова продуктивність:

$$P_{доб} = 0.028 * 22,5 = 0,62 \text{ тон/добу}$$

4.2. Розрахунок на механічну міцність

Розрахунок товщини стінки парової сорочки котла, яка знаходиться під внутрішнім тиском

Додаткова товщина обичайки розраховується за формулою:

$$S = \frac{P_p D}{2\varphi\sigma_{\text{доп}} - P_p} + C + C_1$$

де P_p – робочий тиск в корпусі, Мпа;

D – діаметр оболонки, м;

$C=1$ мм – прибавка на корозію;

C_1 – додаткова прибавка на розрахункову товщину (приймаємо 4,5 мм)

$\varphi=0,95$ – коефіцієнт міцності зварного шва;

$\sigma_{\text{доп}}=\eta\sigma_{\text{доп}}^*$ – допустиме напруження;

$$\sigma_{\text{доп}}^* = \min\left(\frac{\sigma_B^t}{n_B}; \frac{\sigma_T^t}{n_T}\right) \text{ – нормальне допустиме напруження;}$$

$\sigma_B^{150} = 362,846$ Мпа – межа міцності 54ід.3 кп при $t=150^\circ\text{C}$

$\sigma_T^{150} = 193,191$ Мпа – межа текучості 54ід.3 кп при $t=150^\circ\text{C}$

$n_B=2,6$ – коефіцієнт запасу міцності по межі міцності;

$n_T=1,5$ – коефіцієнт запасу текучості по межі текучості;

$\eta=1$ – поправочний коефіцієнт, що враховує умови роботи в апараті.

$$\sigma_{\text{доп}}^* = \min\left(\frac{362,846}{2,6}; \frac{193,191}{1,5}\right) = \min(139,556; 128,794) = 128,794 \text{ Мпа}$$

$$S = \frac{0,3 \cdot 1100}{2 \cdot 0,95 \cdot 128,794 - 0,3} + 1 + 4,5 = 6,85 \text{ мм.}$$

Приймаємо $S=7$ мм.

Товщину стінки еліптичних днищ знаходимо за формулою:

$$S_{\text{дн}} = \frac{p D_{\text{вн}}}{400 K \sigma_{\text{доп}} \varphi - p} \cdot \frac{D_{\text{вн}}}{2 h_{\text{в}}} + C = \frac{4,08 \cdot 800}{400 \cdot 0,83 \cdot 11,7 \cdot 1 - 4,08} \cdot \frac{800}{2 \cdot 600} + 5 = 10,05 \text{ мм}$$

де φ - коефіцієнт міцності зварного шва (днище прийнято штамповане);
 $\varphi=1$;

$\sigma_{\text{доп}}$ – допустиме напруження матеріалу стінки; при температурі до 200°C
 $\sigma_{\text{доп}}=11,7 \text{ кг/мм}^2=115 \text{ Мн/м}^2$

p – розрахунковий (робочий) тиск, $p=0,4 \text{ МПа}=4,08 \text{ кг/см}^2$

C – надбавка на корозію, знос та інші несприятливі фактори; приймаємо
 $C=5 \text{ мм}$

Безрозмірний коефіцієнт, який враховує послаблення днища отворами найбільшого діаметра, визначаємо за формулою:

$$K = 1 - \frac{d}{D_{\text{вн}}} = 1 - \frac{100}{800} = 0,83$$

де d – діаметр лаза у днище; $d=100 \text{ мм}$

В залежності від товщини еліптичних днищ приймаємо товщину циліндричних обичаєк реактора $S_{\text{ц}}=10 \text{ мм}$.

В корпусі реактора є неукріплені отвори.

Максимально допустимий діаметр неукріпленого отвора в циліндричній частині:

$$d_{\text{н.ц.}} = 8,1 \sqrt[3]{D_{\text{вн}}(S_{\text{ц}} - C_{\text{ц}})(1 - K)} = 8,1 \sqrt[3]{800(10 - 3)(1 - 0,52)} = 162 \text{ мм}$$

де

$C_{\text{ц}}$ – надбавка до товщини стіни; $C_{\text{ц}}=3 \text{ мм}$

Значення K визначаємо за формулою:

$$K = \frac{pD_{\text{вн}}}{(230\sigma_{\text{доп}} - p)(S_{\text{ц}} - C_{\text{ц}})} = \frac{4,08 \cdot 800}{(230 \cdot 11,7 - 4,08)(10 - 3)} = 0,52$$

Отворів, діаметр яких перевищує 162 мм, в циліндричній частині реактора немає.

Максимально допустимий діаметр неукріпленого отвору в еліптичних днищах:

$$d_{\text{н.д.}} = 0,95D_{\text{вн}}(1 - K_1) = 0,95 \cdot 800(1 - 0,84) = 365 \text{ мм}$$

Значення коефіцієнту K_1 визначаємо за формулою:

$$K_1 = \frac{p}{400\sigma_{\text{доп}}} \cdot \left[\frac{D_{\text{вн}}}{S_{\text{дн}} - C_{\text{дн}}} \cdot \frac{D_{\text{вн}}}{2h_{\text{в}}} - 1 \right] = \frac{4,08}{400 \cdot 11,7} \cdot \left[\frac{2400^2}{(10 - 5) \cdot 2 \cdot 600} - 1 \right] = 0,84$$

Отворів, діаметр яких перевищує 365мм на у днищі не передбачається.

Гідравлічне випробування реактора має проводитись при тиску:

$$p_r = p + 2 = 4,08 + 2 = 6,08 \text{ кГ/см}^2$$

До цього тиску додається гідростатичний тиск стовпа рідини, що заливається в апарат при випробуванні, $p_{\text{ж}} = 0,1 \text{ Н}$.

Гідравлічний випробувальний тиск:

$$p_{\text{н}} = p_r + p_{\text{ж}} = 6,08 + 0,1 \cdot 4,98 = 6,578 \text{ кГ/см}^2$$

Де H – висота реактора; $H = 4,98 \text{ м}$

Допустима напруга матеріалу при гідравлічному випробування реактора має задовольняти вимозі:

$$\sigma = \frac{[D_{\text{вн}} + (S - C)]p_{\text{н}}}{2(S - C)\eta} \leq \frac{\sigma_T}{1,2}$$

де

S – товщина стінки апарата; $S = 0,01 \text{ м}$

η – коефіцієнт міцності зварного шва; $\eta = 0,9$

σ_T – межа текучості матеріалу; для Ст. 3 $\sigma_T = 24 \text{ кГ/см}^2 = 236 \text{ Мн/м}^2$

Підставивши цифрові значення, отримаємо допустиму напругу:

$$\sigma = \frac{[240 + (1 - 0,3)]6,578}{2(1 - 0,3)0,9} = 1256 \text{ кГ/см}^2$$

що менше, ніж

$$\frac{2400}{1,2} = 2000 \text{ кГ/см}^2$$

Розрахунок корпусу на зовнішній тиск

Корпус реактора піддається зовнішньому тиску, що подається в охолоджуючу сорочку. Надлишковий робочий тиск в сорочці $p = 1,5 \text{ кг/см}^2$ ($0,1472 \text{ МН/см}^2$). Запас на стійкість форми реактора від зовнішнього тиску приймають чотирикратним від робочого тиску. Критичний тиск, при якому форма ємкості стає нестійкою, $p_{кр} = 1,5 \cdot 4 = 6 \text{ кг/см}^2 = 588,6 \text{ кН/м}^2$.

Товщину стінки реактора, що піддається зовнішньому тиску, визначаємо за формулою:

$$S = r \sqrt[3]{\frac{p_{кр} 4(1 - \mu^2)}{E}} = 121 \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 4(1 - 0,3^2)}{2100000}} = 0,72 \text{ см}$$

де μ – коефіцієнт Пуассона; $\mu=0,3$

E – модуль пружності вуглецевої сталі; $E=2100000 \text{ кг/см}^2$

Середній радіус циліндра:

$$r = \frac{D_{вн} + 2S}{2} = \frac{240 + 2 \cdot 1}{2} = \frac{242}{2} = 121 \text{ см}$$

Прийнята товщина стінки $S=1 \text{ см}$ забезпечує стійкість форми реактора.

Розрахунок зовнішньої стінки охолоджуючої сорочки реактора

Товщина стінки сорочки реактора розраховуємо за формулою:

$$S_{\text{дн}} = \frac{pD_{\text{вн}}}{230\sigma_{\text{доп}}\varphi - p} + C = \frac{4,08 \cdot 2480}{230 \cdot 11,7 \cdot 0,9 - 1,5} + 3 = 7,2 \text{ мм}$$

де p – розрахунковий (робочій) тиск, $p=1,58\text{кГ/см}^2$

φ - коефіцієнт міцності зварного шва; $\varphi=0,9$;

C – надбавка на корозію, знос та інші несприятливі фактори; приймаємо $C=3\text{мм}$

$\sigma_{\text{доп}}$ – допустиме напруження матеріалу стінки на розтяг;
 $\sigma_{\text{доп}}=11,7\text{кГ/мм}^2=115\text{МН/м}^2$

Приймаємо $S=8\text{мм}$.

Розрахунок валу мішалки на міцність

Діаметр валу, на якому закріпалена мішалка, розраховуємо за умови міцності задеформації кручення.

Потужність на валу: $N = 6 \text{ кВт}$

Частота обертання валу: $n = 150 \text{ об/хв}$.

Крутній момент на валу:

$$T = 9550 \frac{N}{n}$$

де - потужність на валу, кВт

n - частота обертання валу, об/хв.

тоді

$$T = 9550 \frac{N}{n} = 9550 \frac{6}{150} = 382 \text{ Іл}$$

Граничне напруження кручення для сталі 45Х:

$$[\tau_{\dot{\epsilon}\delta}] = 40 \text{ Мпа}$$

Тоді діаметр валу:

$$d = \sqrt{\frac{\dot{Q}}{0,2 \cdot [\tau_{\dot{\epsilon}\delta}]}} = \sqrt{\frac{382}{0,2 \cdot 40}} = 47,1 \text{ мм}$$

З конструктивних міркувань, а саме, для закріплення втулок з лопатями, кріплення фланця, зручності обслуговування приймаємо діаметр валу

$$d = 50 \text{ мм}$$

Розрахунок потужності приводу реактора

Порядок розрахунку потужності на перемішування в реакторі-змішувачі:

1. Розраховуємо критерій Рейнольдса
2. Розраховуємо критерій потужності за формулою для конкретної мішалки
3. Розраховуємо потужність перемішування.
4. З врахуванням коефіцієнту корисної дії приводу та втрат потужності в торцевому ущільненні.

Розрахунок лопатевої мішалки

Коефіцієнт Рейнольдса заповнюємо за формулою:

де:
$$Re_e = \frac{n \cdot d^2 \cdot \rho}{\mu} = \frac{2.5 \cdot 0.76^2 \cdot 1100}{5} = 51$$

ρ = густина середовища, кг/м³;

μ = в'язкість перемішувальної рідини, Нхс/м²

Критерій потужності для дволопатевої мішалки розраховуємо за формулою:

$$Kn = 1.09 \cdot Re_e^{0.31} \left(\frac{D}{d} \right)^{0.31} = 1.09 \cdot 51^{0.91} \left(\frac{0.86}{0.76} \right)^{0.31} = 69$$

D – діаметр апарату, м

d – діаметр валу мішалки, м.

Потужність мішалки розраховуємо за формулою:

$$N_1 = Kn \cdot \mu \cdot n^2 \cdot d^3 = 39 \cdot 5 \cdot 150^2 \cdot 0.76^3 = 568.1 \text{ Вт}$$

Так як в апараті встановлено сучасне торцьове ущільнення (замість застарілого сальникового), то втрати потужності в ньому мізерно малі порівняно з сальниковим. Приймаємо, що на подолання опору обертання валу в ущільненні витрачається 100 Вт.

Приймаємо потужність мотор-редуктора внутрішньої мішалки N=1 кВт.

4.3. Тепловий розрахунок реактора.

Розрахунок водяної сорочки

В реактор змішувач зазвичай надходить підігріта гетерогенна система, і функція водяної сорочки – лише підтримка постійної температури.

Іноді продукт нагрівається безпосередньо в реакторі при постійному перемішуванні.

Розглянемо випадок, коли потрібно підігріти в реакторі систему з розчину хімічних реагентів та крохмвлю від 20 до 60 °С.

Середовище має нагрітись за пів години ($\tau=0,5$)

Кількість тепла, що передається від водяної сорочки до продукту в реакторі:

$$Q = \frac{V \rho c (t_2 - t_1)}{\tau}$$

де V – об'єм середовища; V=0,9 м³

ρ – густина середовища; $\rho=1050$ кг/м³

c - теплоємність середовища, $c = 2,5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{°C}}$

Тоді:

$$Q = \frac{V \rho c (t_2 - t_1)}{0,5} = \frac{0,9 \cdot 1050 \cdot 2,5 (60 - 20)}{0,5} = 189000 \frac{\text{кДж}}{\text{год}} = 52,5 \frac{\text{кВт}}{\text{год}} \quad (\text{або } \text{кВт})$$

Кількість води, яку потрібно витратити на нагрівання продукту в реакторі, за умови, що початкова температура води – 100 °С, кінцева – 70 °С:

$$M_{\text{в}} = \frac{Q + 2\%Q}{c(t_2 - t_1)} = \frac{189000 + 2\%(189000)}{4,19(100 - 70)} = 1591 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

Розрахунок теплової ізоляції

Згідно умов безпеки праці температура зовнішньої стінки апарату не повинна перевищувати 40 °С.

Температура води в водяній сорочці – 100 °С.

Матеріал ізоляції – мінеральна вата.

Товщину теплової ізоляції розраховуємо за формулою:

$$\delta = \frac{\lambda(t_{cm} - t_{iz})}{\alpha(t_{iz} - t_n)} = \frac{1,3(100 - 40)}{13,5(40 - 20)} = 0,21 м$$

де:

λ – коефіцієнт теплопровідності мінеральної вати, Вт/(м·К);

α – коефіцієнт теплопередачі від зовнішньої поверхні ізоляції в навколишнє середовище, Вт/(м²·К)

t_{ct} - температура стінки апарату з боку ізоляції (приймаємо рівною температурі теплоносія)

t_{iz} – температура зовнішньої стінки ізоляції;

t_n – температура навколишнього повітря.

Отже, при товщині ізоляції з мінеральної вати понад 0,21 м будуть забезпечені вимоги охорони праці, згідно яких температура стінок теплообмінних апаратів не повинна перевищувати 40 градусі.

Розділ 5. Матеріали і методи дослідження

Контроль якості продукції, що здійснюється на підприємстві повинен включати в себе забезпечення відповідності продукції та процесів заданим

вимогам нормативно-технічної документації (Державна фармакопея України) [49]. Також це сукупність інформації про перебіг виробничих процесів та методів підтримання його, відповідно до вимог. Завдяки методам підбору якісної сировини, матеріалів, відбувається запобігання випуску дефектної, неякісної продукції підприємством [8].

Контроль якості продукції - це сукупність всіх методів і засобів контролю та регулювання якості сировини, рівня умов праці на виробництві, вони мають визначати рівень якості продукції на всіх стадіях розробки, виробництва та подальшої експлуатації продукції.

Всі екстракти з лікарської сировини мають відповідати вимогам стандарту, згідно якому, їх потрібно виготовляти за технічними вимогами, погодженими центральним органом виконавчої влади у сфері охорони здоров'я, та обов'язково за технологічними інструкціями (регламентами), затвердженими ним в установленому порядку.

Екстракт із лікарської рослинної сировини, у нашому випадку сік ехінацеї пурпурової, також має показники якості, які включають в себе візуальні показники та фізико-хімічні показники.

Відповідність екстракту лікарських рослин всім показникам безпеки важливе, оскільки він широко використовується в продуктах охорони здоров'я (біологічно активні добавки) та косметологічній сфері [49].

Тому далі наводимо перелік методів відповідності на якість.

1. Опис

1.1. Рідина коричневого кольору з приємним запахом. Допускається наявність осаду, який руйнується при струшуванні.

1.2. Густа рідина темно-коричневого, темно-бурого кольору із характерним запахом.

2. Сухий залишок.

2.1. Не менше 15 %. Випробування проводять згідно вимог ДФУ, 2.2.32. [49].

Близько 1,0 г (точна наважка) соку ехінацеї пурпурової висушують при температурі 105 °С до постійної маси.

2.2. Не менше 36 %. Випробування проводять згідно вимог ДФУ, 2.2.32. [49].

Близько 1,0 г (точна наважка) концентрованого соку ехінацеї пурпурової висушують при температурі 105 °С до постійної маси.

3. Кількісне визначення. Випробування проводять відповідно до вимог ДФУ, 2.2.25. [49].

Близько 1,0 г (точна наважка) субстанції (сік у перерахунку на суху речовину) поміщають у мірну колбу ємністю 50 мл додають 20 мл *води Р*, струшують протягом 10 хв, доводять об'єм розчину до мітки тим самим розчинником. 30 мл отриманого розчину фільтрують крізь паперовий фільтр «синя стрічка», відкидаючи перші 5 мл фільтрату. 10,0 мл фільтрату поміщають в мірну колбу ємністю 50 мл, додають 20 мл *води Р*, доводять об'єм розчину до мітки *етанолом 96 % Р* та перемішують. 2,0 мл отриманого розчину поміщають в мірну колбу ємністю 10 мл, доводять об'єм розчину до мітки *етанолом 96 % Р* та перемішують.

Вимірюють оптичну густину випробуваного розчину на спектрофотометрі за довжини хвилі 327 нм у кюветі з товщиною шару 10 мм, використовуючи як компенсаційний розчин *етанол 96 % Р*.

Вміст суми оксикоричних кислот (X), в субстанції, у перерахунку на кислоту хлорогенову, у відсотках, обчислюють за формулою:

$$X = \frac{A_1 \cdot 50 \cdot 50 \cdot 10 \cdot 100}{520 \cdot 100 \cdot m \cdot 10 \cdot 2} = \frac{A_1 \cdot 1250}{520 \cdot m}$$

де A_1 – оптична густина випробовуваного розчину;

520 – значення питомого показника поглинання хлорогенової кислоти в 40 % етанолі;

m – маса наважки субстанції, яка взята до аналізу, в грамах.

Вміст суми оксикоричних кислот в субстанції у перерахунку на кислоту хлорогенову повинен бути не менше 1,0 %.

З вищенаведеної інформації можна дійти висновку, що сік ехінацеї пурпурової має відповідати вимогам та характеристикам Державної фармакопеї України, що буде характеризувати її як якісний, безпечний та ефективний продукт [49].

Отже, в процесі виконання роботи нами було розроблено методи контролю якості продукції, а саме ехінацеї пуопурової, згідно вимог Державної фармакопеї України. Вищенаведена методика спрощує роботу працівників, адже має короткий виклад визначень, яким має відповідати готовий продукт.

У роботі було використано інформаційні технології стандартного програмного забезпечення MS Excel, за допомогою якого зроблено ряд розрахунків.

Розділ 6. Результати теоретичних та експериментальних досліджень інноваційного обладнання для стерилізації та концентрації рослинних продуктів

6.1. Аналіз результатів експериментальних досліджень

Підприємство, яке прагне активного розвитку, як на ринку України, так і за її межами має шукати та впроваджувати у виробництво інноваційні технології та обладнання, які будуть максимально ефективними, економічними і фінансововигідними [40]. Тому нами було прийнято рішення розглянути функції та енергозатратність розробленого мною роторного вакуумного випарювача у порівнянні з азотним реактором високого тиску.

У табл. 6.1. та табл. 6.2. показано порівняння витрат електроенергії вакуумного випарювання порівняно з азотним реактором високого тиску.

Визначення витрат електроенергії

Таблиця 6.1.

Вакуумне випарювання

Обладнання	кВт
Реактор з мішалкою	0,5
Нагрівач	3,5
Вакуумний насос	1,5
Холодильна машина	1,5
Разом	7,0

Джерело: розраховано автором.

Час роботи обладнання – 0,5 години

Витрати енергії – 3,5 кВт год

Продуктивність – 10 кг/год

Питомі витрати електроенергії: $3,5/10 = 0,35$ (кВт год) / (кг/год)

Таблиця 6.2.

Азотний реактор високого тиску

Обладнання	кВт
Насос високого тиску	30
Клапан скиду	0,1
Реактор з мішалкою	0,5
Разом	30,6

Джерело: розраховано автором.

Час роботи обладнання – 0,3 години

Витрати енергії – 10,2 кВт год

Продуктивність – 10 кг/год

Питомі витрати електроенергії: $10,2/10 = 1,02$ (кВт год) / (кг/год)

Таким чином, встановлено, що роторний вакуумний випарювач має менші витрати електроенергії за довший час роботи у порівнянні з азотним реактором високого тиску.

Наступним визначасмо вартість обладнання, які наведено в табл.

6.3. та табл. 6.4.

Визначення вартості обладнання

Таблиця 6.3.

Вакуумне випарювання

Обладнання	грн
Реактор з мішалкою 80л	250000,0
Нагрівач	25000,00
Вакуумний насос	10000,00
Холодильна машина	15000,00
Разом	300000,0

Таблиця 6.4.

Азотний реактор високого тиску

Обладнання	грн
Насос високого тиску	80000,00
Клапан скиду	5000,00
Реактор з мішалкою 50 л	300000,0
Разом	385000,0

Джерело: розраховано автором.

Встановлено, що азотний реактор високого тиску має реактор з мішалкою є меншого об'єму, відсутня холодильна машина та має вищу вартість при покупці, порівняно з реактором вакуумного випаровування [40].

Розглянувши вищенаведені таблиці, приходимо до висновку, що роторний вакуумний випарювач є більш енергоефективним та дешевшим у закупівлі тому далі розглянемо залежність продуктивності реактора від температурного режиму та залежність продуктивності реактора від глибина вакууму, що наведено у табл. 6.5. та табл. 6.6. відповідно.

Таблиця 6.5.

Залежність продуктивності реактора від температурного режиму

Глибина вакууму, кПа	Температура, °С	Продуктивність, кг/год
0,9	20	5
	25	6
	30	7
	35	9
	40	11
0,8	20	4
	25	5
	30	6
	35	8
	40	9
0,7	20	2
	25	3,5
	30	5
	35	6
	40	7

Таблиця 6.6.

Залежність продуктивності реактора від глибина вакууму

Глибина вакууму, кПа	Температура, °C	Продуктивність, кг/год
0,9	40	11
0,8		8
0,7		5
0,9	30	10
0,8		6
0,7		4
0,9	20	5
0,8		2
0,7		0,5

На базі розроблених нами таблиць 6.5. та 6.6. пропонуємо побудувати діаграми, які наочно нам продемонструють залежність продуктивності реактора від температурного режиму та від глибини вакууму.

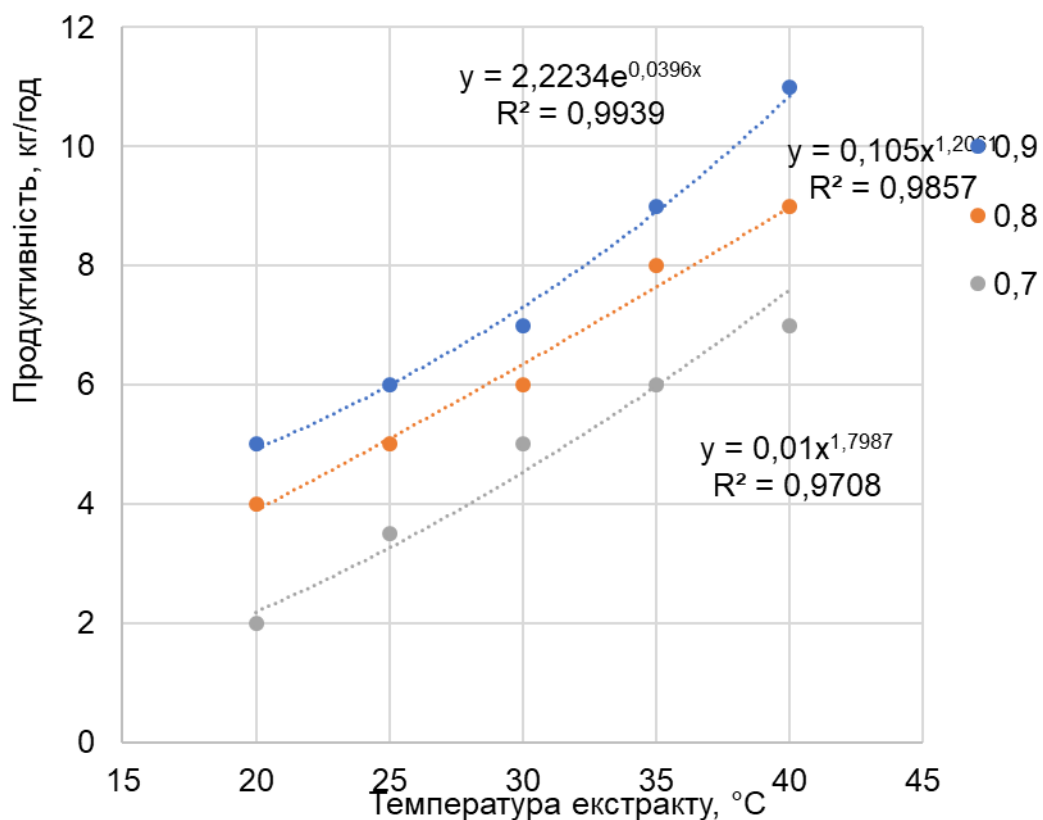


Рис. 6.3. «Залежність продуктивності реактора від температурного режиму».

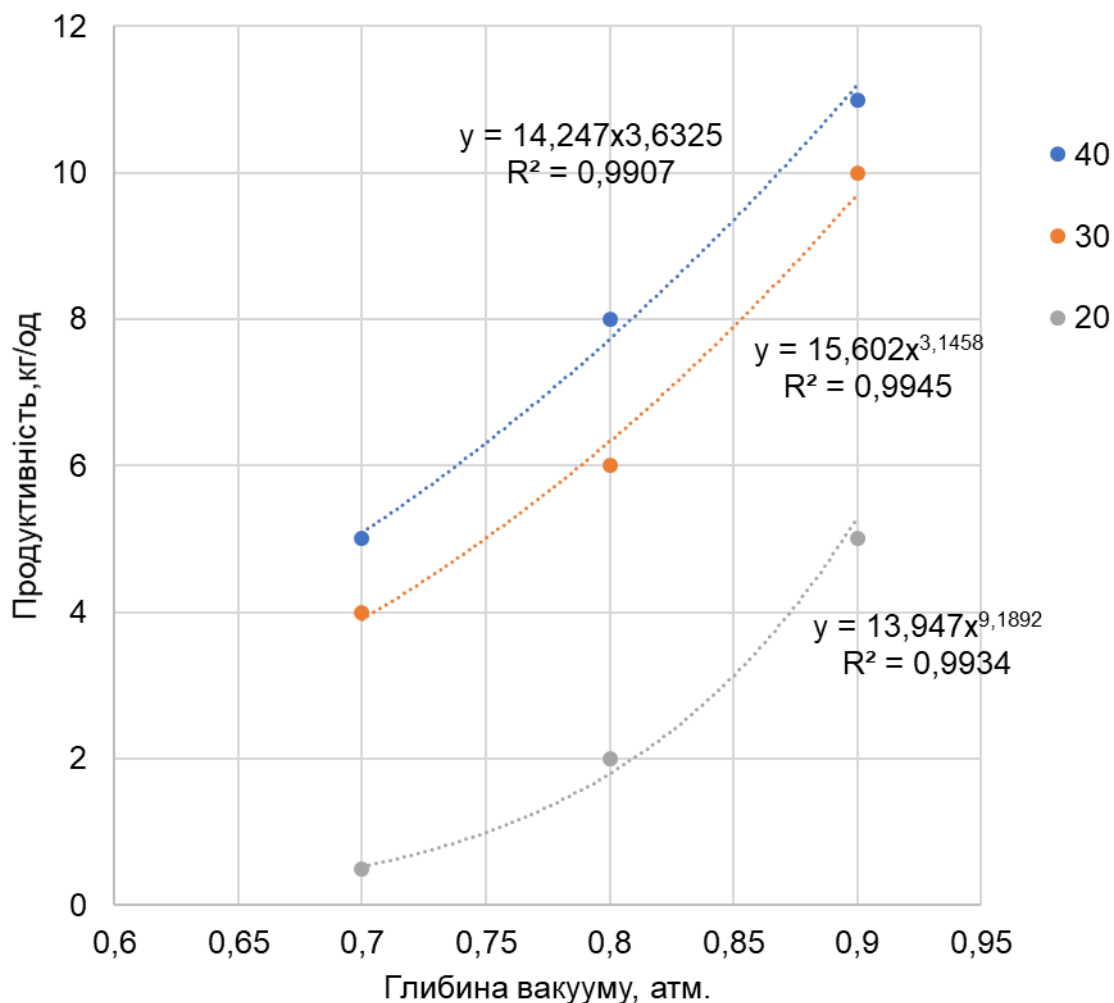


Рис. 6.4. «Залежність продуктивності реактора від глибина вакууму».

За даними табл. 6.5., рис. 6.3. та табл. 6.6, рис. 6.4. можна спостерігати, що найкраща продуктивність реактора спостерігається за температурного режиму 40 °C та глибини вакууму 0,9 кПа, а саме 10 кг/год рослинної сировини. Це є досить ефективним та щадним методом переробки рослинної сировини, адже за даної температури зберігаються велика кількість мікроелементів та поживних речовин які є у свіжозібраних рослин [40].

Наступним етапом в нашій роботі стало порівняння двох методів стерилізації рослинної сировини у реакторах з різними типами випарювання, а саме: вакуумне випарювання та азотний реактор високого тиску.

Таблиця 6.7

Порівняння двох методів стерилізації рослинної сировини, соку ехінацеї

	Метод установки	
	Вакуумне випарювання	Азотний реактор високого тиску
Мікробіологічний показник, КУО, в 1 мл	15000	20000
Продуктивність	10 кг/год	50 кг/год
Сухий залишок активних речовин, %	40	25
Механічні включення	Не виявлено	Незначні
Енергоємність (Питомі витрати електроенергії на одиницю продуктивності) (кВт год) / (кг/год)	0,35	1,02
Безпека	Пожежо- та вибухо-небезпечно у зв'язку із наявністю спиртовмісних речовин. У разі використання ізопропилового спирту - токсичність	Травмонебезпечність через наявність високого тиску
Вартість комплексу обладнання, грн	300000	385000
Необхідна площа приміщення, 16 м ²	16	16
Сфера застосування	Багатофункціональне, використовується у виробництві інших продуктів	Специфічне, лише для даного виробництва

Таким чином, табл. 6.7. показує, що реактор вакуумного випарювання у порівнянні з азотним реактором високого тиску має меншу продуктивність, але вищий показники сухого залишку активних речовин та вищу

енергоємність. Також реактор вакуумного випарювання має багатofункціональну сферу застосування та може використовуватися у виробництві інших продуктів, а азотний реактор високого тиску лише для даного виробництва [40].

Реактор вакуумного випарювання працює з невеликими витратами електроенергії під загальним постійним від'ємним тиском (0,9 кПа), а головне за невисокої температури (40°C), яка не порушує основні властивості рослинної сировини та зберігає необхідні вітаміни та мікроелементи готової продукції. Це дозволяє припустити, що реактор вакуумного випарювання є більш ефективним та енергоємним для впровадження його у виробництво на підприємство.

6.2. Обґрунтування отриманих основних наукових та практичних результатів досліджень з точки зору наукової та практичної цінності

Розробка нових технологій, як у харчових так і в фармацевтичних, біотехнологічних виробництвах, допомагає раціонально використовувати сировину та енергетичні ресурси. Це в свою чергу має не лише науковий, а й соціальний аспект, адже завдяки цьому формуються наукові основи раціонального харчування і відповідно підвищується якість життя. Тому, на основі комплексного дослідження даної теми нами було розроблено вакуумний реактор випарювання (Рис.3.1. - Рис. 3.3), який показав свою ефективність у роботі і виробництві [40].

На даний час відомо, що в процесі переробки рослинної сировини втрачається вагома кількість важливих речовин порівняно з непереробленою сировиною.

Вищенаведений вакуумний реактор випарювання довів свою ефективність у стерилізації та концентрації соку ехінацеї при цьому зберігаючи всі поживні речовини, адже всі процеси відбуваються за температури 40 °С. Дослідження з визначення хімічного складу сировини

показало високу ефективність розробленого вакуумного реактора випарювання, при виробництві на якому втрати основних вітамінів та мікроелементів мінімальна.

Тому, розроблений нами вакуумний реактор випарювання дає змогу поліпшити структуру раціонів харчування населення шляхом збереження вітамінів, мінералів та мікроелементів у продукті та підвищити ефективність переробки вітчизняної сировини [40].

Стосовно наукової та практичної цінності розробленого нами вакуумного реактора випарювання то варто зазначити, що дана установка підходить як для фармацевтичних, біотехнологічних так і для харчових промисловостей. Дана установка є абсолютно новим видом адже концентрація відбувається на мінімальних температурних режимах, що дозволить зберегти користь продуктів, тоді як інші ротаційні випарювачі працюють за температури 75 °С, що на виході має менш якісний продукт стосовно вітамінів, які в ньому залишаються після переробки [40].

Нами було розраховано матеріальний баланс «Концентрований сік Ехінацеї пурпурової» та представлено далі розрахунки.

Матеріальний баланс «Концентрований сік Ехінацеї пурпурової»

ТПЗ.1 Упарювання

Отже, з проведених розрахунків матеріального балансу сировини концентрований сік Ехінацеї пурпурової можна спостерігати, що упарювання становить не менше 41,74% та не більше 58,26%.

Таблиця 6.8.

Матеріальний баланс «Концентрований сік Ехінацеї пурпурової»

Найменування	Вміст основної діючої речовини, % мас.	Витрачено та одержано	
		Загальна маса, кг	Кількість шт.
ТП 3 Отримання концентрованого соку Ехінацеї пурпурової			
ТП 3.1 Упарювання			
Витрачено			
А. Проміжної продукції			
Соку свіжозібраної Ехінацеї Пурпурової розмороженого в пляшках ПЕТФ, в тому числі			-
соку згущеного, в тому числі	100,00	138,00	
сухої речовини	20,00	27,60	-
рідини	80,00	110,40	
пляшок ПЕТФ			14
Матеріалів			
Пляшок ПЕТФ			6
Разом:		138,00	20
Одержано			
А. Проміжної продукції			
Згущеного соку Ехінацеї Пурпурової в пляшках ПЕТФ, в тому числі:			
згущеного соку Ехінацеї Пурпурової, в тому числі:	100,00	57,60	
сухої речовини	46,00	26,50	
рідини	54,00	31,10	
пляшок ПЕТФ			6
Б. Втрат		80,40	-
Матеріалів			14
Разом:		138,00	20
Вихід на ТП 3 – ТП 3.1, не менше: 41,74 %; Втрати на ТП 3 – ТП 3.1, не більше: 58,26 %			

Розділ 7. Охорона праці

Збереження життя та здоров'я працівників виробництва є найважливішим напрямом державної політики у галузі охорони праці. У виробничому середовищі, в якому працює людина формуються небезпечні та шкідливі фактори для її здоров'я та життєдіяльності.

Процеси виробництва супроводжуються значними тепло- та волого виділеннями, а також високим рівнем шуму та вібрації. Також в результаті окремих операцій в повітря робочих приміщень потрапляють пил, пар та газ,

що при недостатньому рівні вентиляції шкідливо впливають на організм людини. А через застосування легкозаймистих і горючих матеріалів, та пилу виникає ризик пожеж та вибухів на виробництвах.

Безпека виробничих процесів перш за все, відслідковується політикою підприємства, спрямованою на використання технічно справного обладнання та устаткування [5].

А також, допуск до роботи працівників, які пройшли інструктаж з охорони праці.

Для управління охороною праці існує чітка взаємодія всіх структур виробництва, яка направлена на дотримання нормативних вимог по охороні праці і виконання обов'язків по забезпеченню безпеки виробничих процесів.

Для позитивних результатів по профілактиці виробничого травматизму, варто проводити інструктажі на робочих місцях, щоденно контролювати виконання інструкцій по охороні праці начальниками цехів, відповідальними особами технічних служб, службою охорони праці по безпечному виконанню технологічних операцій .

Відповідно до Закону України "Про охорону праці" [50], охороною праці вважається система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів та

засобів, що спрямовані на збереження працездатності та здоров'я працівників виробництва.

Забороняється застосування відкритого вогню на виробництві з вибухота пожежонебезпечних, і в місцях зберігання і переробки горючих матеріалів а також потрібно пам'ятати про вибухонебезпечність сипких матеріалів при роботі з ними.

Територія виробництва повинна утримуватись в чистоті, та постійно підтримуватись охайністю.

Оснвні вимоги до організації робочих місць:

1. Роботодавець повинен забезпечити захист працівників від небезпечного впливу хімічних речрвин під час виробництва харчової продукції, що існує або може виникати внаслідок їх впливу. Під час виконання робіт, пов'язаних з обслуговуванням електроустановок, роботодавець повинен забезпечити працівникам засоби захисту від дії струму [50].

2. Для приміщень, в яких використовують обладнання, під час роботи якого створюється підвищений рівень шуму, необхідно використовувати колективні засоби захисту: звуко-ізолювальні (кожухи, екрани, кабіни) та звукопоглинальні пристрої (облицювальні, штучні звуко поглиначі); глушники аеродинамічного шуму.

3. Обладнання, під час роботи якого виникає підвищений рівень вібрації, має бути оснащеним вібро-ізолювальними, віброгасильними, вібропоглинальними або огорожувальними пристроями.

Для вібруючого устаткування чи його частин, що утримуються працівниками у різних положеннях під час виконання роботи, установлена максимально допустима маса – 10 кг, тільки якщо технічні вимоги не передбачають більш жорстких обмежень. При роботі з вібруючим устаткуванням сумарний час контакту з вібруючими поверхнями не повинен перевищувати 75% тривалості робочого часу [5].

4. На місцях можливого виділення шкідливих речовин повинне бути встановлене обладнання в вигляді відсмоктувачів місцевої витяжної вентиляції.

5. Робочі місця працівників мають розташовуватись поза зоною переміщення механізмів і вантажів. Працівники повинні мати достатній рівень для спостереження за виробничими операціями, щоб керувати ними, та в разі виникнення непередбачуваних ситуацій чи полемок швидко звернутись до устаткування та виправити неспадки.

6. Для ремонту устаткування, що працює під тиском, повинна бути передбачена можливість транспортування їх вмісту за допомогою насосів, самопливом та іншими засобами до складських резервуарів, технологічних апаратів та спеціально призначених для цієї мети аварійних або дренажних збірників.

8. Усі рухомі, обертові і виступаючі частини які є в устаткуванні, допоміжних механізмів, повинні бути надійно огорожені або розташовані таким чином, щоб травмування працівників було неможливим [5].

9. Схема повинна бути встановлена горизонтально без перекосів.

10. Вмикати привід реактора дозволяється тільки після зотиску всіх шести болтів верхньої кришки.

11. Для того, щоб запобігти виникненню ударних навантажень на привід реактора та виходу його з ладу, рекомендується експлуатація реактора без інверторних джерел живлення [50].

12. Робочий тиск в сорочці реактора не повинен перевищувати 3,0 бар.

Отже, техніка безпеки є важливим фактором на підприємстві, адже від цього залежить життя та здоров'я працівників тому дотримання вищенаведених вимог має обов'язковий характер.

Розділ 8. Техніко-економічне обґрунтування вакуумного випарювача

Вже на початку минулого століття фармацевтичні компанії почали випускати препарати, які містять екстракти або частини рослини. На початку 20 століття настойка ехінацеї стала найбільш затребуваною у США. Також її вивчали та успішно продавали в Німеччині та інших країнах Європи. До прикладу на сьогоднішній день препарати для імунітету на основі ехінацеї є найбільш продаваними у всьому світі. Навіть поява публікацій у Кокранівській бібліотеці про їхню сумнівну ефективність не зменшила попит.

Саме тому метою даної дипломної роботи є розробити інноваційний комплекс обладнання для виробництва та стерилізації екстрактів із лікарської рослинної сировини.

В дипломній роботі нами було розроблено та впроваджено у виробництво вакуумний випарювач для концентрації та стерилізації рослинних продуктів продуктивністю 10 кг/год який ми продемонстрували та дослідили у роботі саме на прикладі рослини ехінацеї та зробили повний етап виробництва від вирощування квітки до отримання готового соку концентрованого та стерилізованого.

Переваги досліджуваного в даній кваліфікаційній роботі вакуумного випарювача наступні:

- концентрація за температури 40°C, що дозволяє зберегти якість продукції та основні вітамінні комплекси, які досить важливі для продукту;
- економія часу виробництва (виробництво 10 л продукту за годину часу);
- економія людського ресурсу, адже з повним циклом роботи може впоратися навіть одна людина;

- простота у роботі;
- висока енергоефективність (0,35 кВт /кг)
- економія виробничих приміщень, адже випаровувач займає всього лиш 32 м².

Так як кожен процес і обладнання не може бути досконалим на всі 100% тому і наша установка має свої недоліки, а саме:

- має бути додаткова система вентиляції, оскільки є викиди пару;

Таким чином, нами було встановлено, що на ринку України є великий вибір вакуумних концентраторів, але вони не мають функції одночасної стерилізації продукції. А саме рослинні екстракти потребують стерилізації оскільки мають схильність до зростання негативних мікроорганізмів які псують якість продукту. Також найголовнішою перевагою нашого вакуумного випаровувача є те, що весь процес відбувається за температури 40°C, що дозволяє зберегти якість продукції та основні вітамінні комплекси, які досить важливі у соках концентрованих.

Висновки

На даний час відома значна кількість як досліджень так і розроблених та впроваджених у виробництво вауумно-випарних установок. Значна їх кількість є досить енергозатратною, економічно неефективною та досить впливовою на якість кінцевого продукту шляхом високих температурних режимів в процесі переробки.

Літературний огляд, який був проведений у дипломній роботі, підтвердив актуальність застосування випарних апаратів. За результатами патентного дослідження можна сказати що протягом останніх років розроблено та модернізовано велику кількість різноманітних типів випарних установок для промислового виробництва.

Інноваційна діяльність займає важливе місце у світі і в більшості випадків саме від інноваційних розробок залежить успішність розвитку як окремого підприємства так і країни в цілому. Оскільки обладнання для виробництва, стерилізації та концентрації харчових та рослинних продуктів завжди має вдосконалюватися задля більшого та ефективнішого збереження поживних речовин, вітамінів, амінокислот і тд, які будуть мати кращу ефективність після застосування. Тому вважаємо, що дане дослідження є потрібним, актуальним та новітнім у сфері обладнань для стерилізації та концентрації рослинних продуктів.

В роботі було вирішено наступні задачі:

- розроблено обладнання для стерилізації та концентрації рослинних продуктів, а саме вакуумний реактор випарювання;
- проаналізовано конструкції обладнання для стерилізації та концентрації рослинних продуктів;

- розроблено методики приготування соку ехінацеї починаючи з опису її збирання, пройшовши всі етапи переробки і отримання готового продукту, у нашому випадку соку ехінацеї;

- а також розробка заходів з техніки безпеки.

Отже, на основі проведених досліджень, аналізів та розробок зроблено висновок, що найбільш перспективним є нами розроблений вакуумний реактор випарювання, конструкція якого має кращу перспективу з точки зору технологічних умов оброблення продукту. Втілення даного вакуумного реактора у виробництво підприємства надасть ряд переваг як у якості кінцевого продукту так і в економії ресурсів підприємства.

Таким чином, розроблений та запропонований у дані дипломні роботі вакуумний реактор випарювання є інноваційним, актуальним та заслуговує бути впровадженим у виробництво підприємств.

Список використаних джерел

1. Технологічне обладнання фармацевтичної та біотехнологічної промисловості [Текст] : підручник / С. Т. Стасевич, А. О. Милянч, Л. С. Стрельников та ін. ; Нац. ун-т "Львів. політехніка", Нац. фармац. ун-т. — Львів : Новий світ-2000, 2017. — 500 с.
2. Ванін В.В. Комп'ютерна інженерна графіка в середовищі AutoCAD / В.В. Ванін В.В. Перевертун, Т.М. Надкернична. — К.: Каравелла, 2006.— 334 с.
3. Гліненко, Л.К. Основи моделювання технічних систем / Л.К.Гліненко, О.Г.Сухоносів — Львів: Бескид Біт, 2003. — 176 с.
4. Кривопляс-Володіна Л.О. Основи наукових досліджень у прикладних задачах : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Кривопляс-Володіна Л.О., Гавва О.М., Яровий В.Л., Токарчук С.В. — К.: Сталь, 2016. — 271 с.
5. Охорона праці у фармацевтичній галузі [Текст] : навч. посіб. / О. В. Жуковина, О. І. Зайцев, О. І. Жуковін, Г. А. Грецька. — К. : Медицина, 2009. — 432 с.
6. Томашевський, В.М. Моделювання систем / В.М.Томашевський — Київ : Видавнича група ВНУ, 2005. — 352 с.
7. Петрова Ж.А. Інноваційна технологія отримання функціональних порошків із рослинної сировини / Ж.А. Петрова // Збірник наук. праць Вінницького нац. аграр. університету. — 2012. — Вип. 11, Т. 2. — С. 351–355.
8. Мельничук М. Д. Біотехнологія рослин : підруч. /М. Д. Мельничук, Т. В. Новак, В. А. Кунах. — К. :Поліграф Консалтинг, 2003. — 520 с.

9. Мусієнко М. М. Біотехнологія рослин : навч. посіб. /М. М. Мусієнко, О. О. Панюта – К. : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2005. – 114 с.
10. Задерей Н. С. Біотехнологія рослин : навч.-метод. посібн. / Н. С. Задерей. – Одеса: Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, 2015. – 84 с.
11. Гончар О. М., Андрущенко А. В. та ін. Методи визначення показників якості рослинницької продукції. К.: Алефа, 2000. 114 с.
12. Петерсон Н.В., Черномирдіна Т.О., Куреляк Є.К. Практикум з фізіології рослин. Київ: Вид-во НАУ, 1995. 189 с.
13. Брайон О.В., Чикаленко В.Г., Славний П.С., Мережинський Ю.Ю., Білановський М.Ф. Фізіологія рослин: Практикум. Київ : Вища шк., 1995. 191 с.
14. Шумпетер Й. Теорія економічного розвитку. Дослідження прибутків, капіталу, кредиту, відсотка та економічного циклу [В. Старко, пер. з нім]. Київ: Видавництво НаУКМА, 2011.
15. Федулова, І. В., Кундєєва, Г. О. Інноваційний потенціал підприємства. Київ: МВЦ «Медінформ», 2012.
16. Сімахіна, Г. О., Науменко, Н. В. Інновації у харчових технологіях: від наукової ідеї до реалізації готової продукції. Товари і ринки., 2015, с. 218-225.
17. ЗАКОН УКРАЇНИ „ Про інноваційну діяльність” // від 4 липня 2002 року N 40IV (Із змінами і доповненнями, внесеними Законами України станом від 25 березня 2024 року).
18. Закалов О.В. Технологічне обладнання харчових виробництв / Закалов О.В. Закалов І.О.. – Тернопіль, 2001.

19. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості. /За ред. І.С.Гулого – Вінниця: Нова книга, 2001р. –576с.
20. М.Н. Іванов. Деталі машин / М.Н. Іванов.— М.: Вища школа, 1991.— 384 с.
21. Алямовський А.А. SolidWorks Simulation. Інженерний аналіз для професіоналів: задачі, методи, рекомендації. / А.А. Алямовський. – ДМК Прес, 2015. – 562 с.
22. Мельничук М. Д. Біотехнологія рослин : підруч. / М. Д. Мельничук, Т. В. Новак, В. А. Кунах. – К. : Поліграф Консалтинг, 2003. – 520 с.
23. Мусієнко М. М. Біотехнологія рослин : навч. посіб. / М. М. Мусієнко, О. О. Панюта – К. : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2005. – 114 с
24. Задерей Н. С. Біотехнологія рослин : навч.-метод. посібн. /Н. С. Задерей. – Одеса: Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, 2015. – 84 с.
25. Сак Т. В. Стратегічні підходи в управлінні економічною безпекою підприємства / Т. В. Сак// Збірник наукових праць Хмельницького кооперативного торговельно-економічного інституту. – 2013.– № 5. – С. 276–285.
26. ДСТУ ISO 9000:2015 Система управління якістю. Основні положення та словник термінів.
27. Сатарова Т. М. Біотехнологія рослин : [навчальний посібник] / Т.М.Сатарова, О.Є.Абраїмова, А.І.Вінніков, А.В.Черенков. – Дніпропетровськ : Адверта, 2016. – 136 с.
28. Кунах, В. А. Біотехнологія лікарських рослин. Генетичні та фізіолого-біохімічні основи / В. А. Кунах. – К. : Логос, 2005. – 730 с.

29. Мельничук, М. Д. Біотехнологія рослин / М. Д. Мельничук, Т. В. Новак, В. А. Кунах. – К. : Поліграф консалтинг, 2003. – 520 с.
30. Nosov, A. M. Application of cell technologies for production of plant-derived bioactive substances of plant origin / A. M. Nosov // Applied biochemistry and microbiology. – 2012. – Vol. 48, N 7. – P. 609-624
31. Takhtajan, A. Flowering plants. 2nd edition / A. Takhtajan. – Springer Netherlands, 2009. – DOI 10.1007/978-1-4020-9609-9.
32. Процеси і апарати харчових виробництв: навч. посіб. /За ред. проф. І.Ф. Малежика. – Київ: НУХТ, 2012. – 543 с.
33. Настанови (діюча редакція). «Лікарські засоби. Належна виробнича практика»
34. Процеси і апарати харчових виробництв: навч. посіб. /За ред. проф. І.Ф. Малежика. – Київ: НУХТ, 2012.– 543 с.
35. Машкін М.І., Париш Н.М. Технологія виробництва молока і молочних продуктів: Навч. видання.- К.: Вища освіта, 2006 – 351 с.
36. Ревенко І.І., Ревенко Ю.І. Удосконалення вакуумної установки доїльних агрегатів. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2015. Вип. 212. Ч. 1. С. 108–113.
37. Машины та обладнання для тваринництва. І.І. Ревенко, М.В. Брагінець, В.С. Хмельовський. Київ: ТОВ «ЦП Компринт», 2018. 567 с.
38. Машины і обладнання для тваринництва. Ревенко І.І., Хмельовський В.С., Заболотько О.О. та ін. Ніжин, ПП Лисенко М.М. 2017. 304 с
39. Mzhelsky N.I. Milking machine vacuum pumps. Moscow: Mechanical Engineering, 1974.151 p.

40. Інноваційні технології та обладнання галузі. Переробка продукції рослинництва: посібник-практикум. / К. О. Самойчук, С. В. Кюрчев, В. Ф. Ялпачик, Н. О. Паляничка, В. О. Верхованцева, О. П. Ломейко. ТДАТУ. – Мелітополь: видавничо-поліграфічний центр «Lux», 2020. – 312 с.
41. Мосічев М.С., Загальна технологія мікробіологічних виробництв / А.А. Складнєв, В.Б. Котов. – М: Легка промисловість, 1982. – 264 с.
42. Класифікація випарних апаратів [Ел. ресурс] // U Distance Learning – Режим доступу Конструкції ВА.
43. Процеси, апарати та устаткування виробництв галузі : конспект лекцій / укл. Ю. М. Давидюк. – Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2013. – Ч. II. Теплові процеси. – 128 с.
44. Обладнання технологічних процесів фармацевтичних та біотехнологічних виробництв : навч. посібн. / М.В. Стасевич, А. О. 111 Милянч, І. О. Гузьова [та ін.] ; за ред. В. П. Новікова. – Вінниця : Нова Книга, 2012. – 408 с.
45. Патентні дослідження [Ел. ресурс] // Методичні рекомендації – Режим доступу Патенти.

Електронні ресурси

46. База фахових видань «Наукова періодика України» Національної бібліотеки України імені В.І. Вернадського. Режим доступу: <https://cutt.ly/iV0eoU1>
47. Спеціалізована БД "Винаходи (корисні моделі) в Україні". Режим доступу: <https://base.uipv.org/searchINV>

48. Наукометрична база Google Scholar. Режим доступу: <https://scholar.google.com>

49. Державна Фармакопея України: в 3 т. / ДП «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». – 2-е вид. – Харків, 2015. – Т.1. – 1135 с.

50. Закон України «Про охорону праці» // Відомості Верховної Ради. України. – 2014. – № 49. – С. 1475–1492.

Додатки



Рисунок 1 . зображення реактора випарювача



Рисунок 2. Зображення преса гідравлічного



Рисунок 3. Зображення холодильника-конденсатора