

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет

Факультет низькотемпературної техніки та інженерної механіки
Кафедра процесів, обладнання та енергетичного менеджменту
Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»
Спеціальність: 133 Галузеве машинобудування
Освітня програма: Енергетичний менеджмент та ІТ-сервіс обладнання



ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

на тему Підвищення енергетичної ефективності процесів концентрування
харчових розчинів в умовах електромагнітного поля
(назва кваліфікаційної роботи згідно наказу ОНТУ)

Здобувача: Ткаченко М.А.
(прізвище, ініціали)
Курсу IV групи ГМ-40а

Керівник: доцент Сиротюк І.В.
(посада, прізвище та ініціали)

Консультант: доцент Всеволодов О.М.
(посада, прізвище та ініціали)

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри ПОЕМ від «___» _____ 2024 р., протокол № ___

Завідувач кафедри ПОЕМ _____ Олег БУРДО
(назва кафедри) (підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Одеса – 2024 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: Низькотемпературної техніки та інженерної механіки

Кафедра: Процесів, обладнання та енергетичного менеджменту

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 133 «Галузеве машинобудування»

Освітня програма: «Енергетичний менеджмент та IT-сервіс обладнання»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри ПОЕМ

Олег БУРДО

«__» _____ 2024р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Ткаченко Максима Андрійовича

1. Тема роботи: «Підвищення енергетичної ефективності процесів концентрування харчових розчинів в умовах електромагнітного поля»

Затверджена наказом ОНТУ від 03.10.2023 р. наказ № 575-03

Термін здачі здобувачем закінченої роботи: 27.05.2024 р.

3. Перелік питань, які потрібно розробити:

Вступ, реферат, технології та процесно-апаратної схеми, основні рішення з енергетичного моніторингу, аналіз існуючої системи енергомоніторингу процесу, патентний огляд, розробка структури та опис функціонування удосконаленої системи, системний аналіз інноваційного обладнання, фізична, параметрична та математична моделі об'єкту досліджень, охорона праці.

4. Перелік графічного матеріалу:

- Машинно-апаратна схема лінії (A1),
- Схема дегідрататора (A1).
- Верхній та нижній фланець (2x A2).
- Холодильна установка (A1).
- Резонаторна тунель (A2) Кришка, Корпус, Кутник, Корпус (4x A4).
- Корпус (A2) Перемичка, Щит, Труба, Щит (4x A4).

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

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Всеволодов О.М.		

6. Дата видачі завдання: 15.02.2024 р.

Керівник: доц. Сиротюк І.В.

Завдання прийняв до виконання: Ткаченко М.А.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Реферат, вступ	18.02.24р	
2.	Пошук технології та процесно-апаратної схеми	25.02.24р.	
3.	Основні рішення з енергетичного моніторингу	14.03.24р.	
4.	Аналіз існуючої системи енергомоніторингу процесу	14.04.24р.	
5.	Розробка структури та опис функціонування удосконаленої системи	25.04.24р.	
6.	Системний аналіз інноваційного обладнання	01.05.24р.	
7.	Охорона праці	14.05.24р	
8.	Оформлення РПЗ	24.05.24р.	
9.	Отримання рецензії	до 30.05.24р.	

Здобувач-дипломник Ткаченко М.А.

Керівник роботи: Сиротюк І.В.

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

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

Здобувач-дипломник: Ткаченко М.А.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
I. Основна частина	
1.1. Характеристика об'єкту енергетичного моніторингу	6
1.2. Опис технології та процесно-апаратної схеми заданої ділянки	7
2.1. Основні рішення з енергетичного моніторингу	21
2.2. Аналіз існуючої системи енергомоніторингу процесу.....	22
2.3. Патентний огляд	33
2.4. Розробка структури та опис функціонування удосконаленої системи енергетичного моніторингу процесу.....	37
II. Розрахункова частина	
3.1 Системний аналіз інноваційного обладнання.....	41
3.2 Фізична та параметрична моделі об'єкту досліджень.....	42
3.3 Математична модель об'єкту досліджень.....	43
III. Заключна частина	
Техніки безпеки.....	49
Висновок	54
Література.....	55

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						2
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

АНОТАЦІЯ

Дана робота присвячена розробці мікрохвильового вакуум випарного апарата в лінії виробництва томат-пасты з метою підвищення ресурсно та енергоефективності процесу. Сучасні харчові концентрати виробництва активно експлуатують вакуум випарні установки, теплові втрати яких досягають неможливо низьких значень. Окрім того, разом з відпрацьованим теплоносієм до атмосфери виноситься значна кількість готового продукту у вигляді дрібнодисперсного пилу, що також негативно впливає як на ресурсо- та енергоефективність процесу, так і на навколишнє середовище. В результаті цього пропонується використання мікрохвильового вакуум випарного апарата, який підвищить енергоефективність в лінії виробництва томат-пасты.

Мета роботи – Розробка мікрохвильового вакуум випарного апарата для підвищення ресурсно- та енергоефективності процесу виробництва томат-пасты.

Об'єкт досліджень – вакуум випарний апарат в лінії виробництва томат-пасты.

Предмет досліджень – механізм, кінетика та енергетика процесу утилізації теплоти та міжфазного масоперенесення.

Методи досліджень – методи аналітичного моделювання, методи теорії подібності, методи експериментального моделювання.

Ключові слова: *мікрохвильовий вакуум випарний апарат, теплова труба, тепломасоперенесення, томат-паста.*

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						3
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Україна має значний потенціал у науковій та технічній сферах, який може вирішувати складні енергетичні проблеми. Проте, на багатьох підприємствах відсутні навіть базові знання щодо аналізу споживання енергії, розрахунку її витрат та використання простих методів підвищення енергоефективності.

Невідповідна енергомарність технологій призвела до того, що рівень енергоефективності української економіки в декілька разів нижчий, ніж у розвинених країнах. Культура енергоспоживання практично відсутня при надмірному дефіциті енергії в країні.

У Південному регіоні України сконцентрована потужна харчова промисловість. Умови енергетичної кризи роблять актуальним питання енергозбереження в харчовій галузі.

По-перше, виробництво продуктів харчування вимагає значних енергетичних затрат у всіх розвинених країнах.

По-друге, підприємства сільськогосподарського сектора, як одні з основних споживачів паливно-енергетичних ресурсів, мають значний потенціал у використанні вторинних енергетичних ресурсів. Наявність різноманітного термічного обладнання на багатьох заводах ускладнює впровадження енергозберігаючих технологій, що розроблені для інших галузей промисловості. Галузь харчової промисловості відноситься консервативно до впровадження передових енергетичних технологій. Втрата енергії під час виробництва харчових продуктів поглиблює енергетичну кризу, оскільки спад виробництва в цій галузі менший, ніж в загальній промисловості.

Науковим фундаментом для впровадження проекту з підвищення енергоефективності підприємства (організації) є система енергетичного менеджменту, яка зазвичай включає три основних етапи.

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						4
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час першого етапу енергетичного менеджменту проводяться енергетичні аудити для визначення стану справ у сфері енергоспоживання. Результатом цього аудиту є енерготехнологічна карта підприємства, в якій відображені картини втрат енергії, основні споживачі електроенергії, газу, пари, твердого та рідкого палива, а також вартість споживаної енергії.

Аналіз питомих показників енергоємності підприємства та їх порівняння з галузевими середніми значеннями та кращими показниками інших схожих технологій дозволяє визначити пріоритетні напрямки, які можуть значно підвищити енергоефективність досліджуваного процесу.

На другому етапі реалізуються проекти, що потребують інвестицій. Ці інвестиції часто здійснюються за рахунок прибутку, отриманого від впровадження проектів першого етапу.

Третій етап передбачає досягнення сучасного рівня енергоефективності за допомогою впровадження нових технологій. Інвестиції у такі проекти зазвичай здійснюються за рахунок прибутку, отриманого від впровадження проектів другого етапу.

Однією з типових задач фахівця з енергоменеджменту є виявлення неконтрольованих та надмірних витрат у технологічних та допоміжних процесах виробництва, а також аналіз можливостей їх усунення. Низька енергоефективність є однією з найбільш проблемних "вузьких місць" багатьох сучасних виробництв. Проте, наявність таких проблем може стати потужним резервом для підвищення конкурентоспроможності підприємства при відповідному розв'язанні цих проблем.

Володіння методиками оцінки енергоефективності окремих систем, апаратів і процесів дозволить фахівцю ефективно вирішувати завдання, що є характерними для першого і частково другого етапів впровадження енергетичного менеджменту.

Однак, ще важливішим є вміння проводити кількісну оцінку непродуктивних втрат енергії, виявлених у виробничих процесах.

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						5
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1. Характеристика об'єкту енергетичного моніторингу.

Томатна паста — це один з найпопулярніших продуктів в світі харчової промисловості, який виробляється шляхом переробки свіжих томатів. Процес виробництва томатної паста є складним і включає в себе кілька етапів, починаючи з прийому та очищення сировини і закінчуючи упаковкою готової продукції.

Доставка, прийом та зберігання сировини. На переробку можуть надходити томати в цілому чи дробленому вигляді. Для транспортування цілих томатів ручного збору можуть бути використані стандартні дерев'яні ящики місткістю не більше 16 кг, піддони ящиків масою нетто 400 кг.[1]

Під час завантаження томатів у гідротранспортер слід встановити переносний завантажувальний бункер. Висота падіння плодів до дзеркала води під час розвантаження томатів з усіх видів транспортної тари рекомендується не більше 0,5 м.

Миття томатів. З гідротранспортера через водовідділювач томати надходять до мийних машин. Миття томатів проводять до видалення видимих забруднень — землі, глини, піску та інших механічних домішок та більшої частини мікроорганізмів та отрутохімікатів у двох послідовно встановлених мийних машинах, у яких забезпечуються проточність води, злив та турбулізація за рахунок роботи повітродувки.

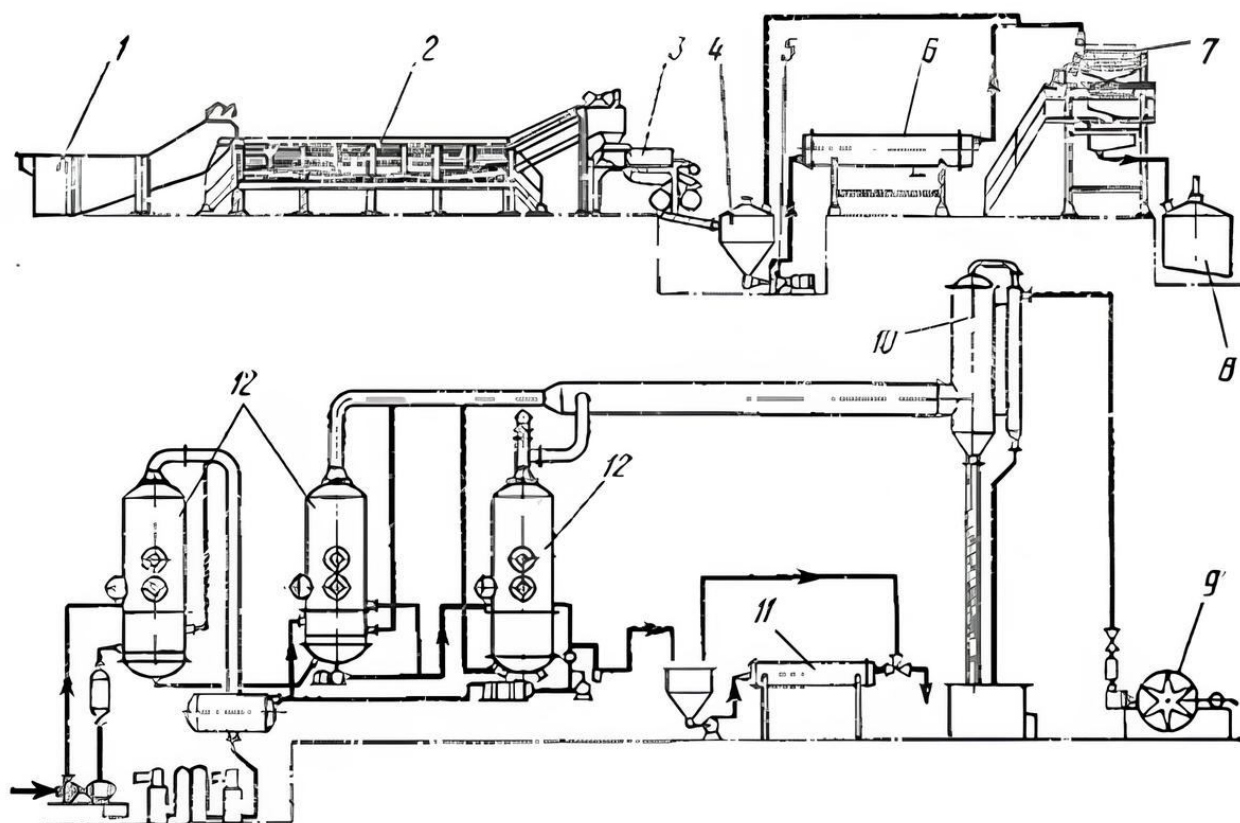
Витрата води на миття томатів встановлюється із розрахунку 2-3 дм³ на 1 кг томатів. Після миття томати обполіскують під душем на виносному транспортері мийної машини.

Інспекція та сортування томатів. Після миття томати надходять на інспекційний транспортер(2). У процесі інспекції відбраковують дефектні плоди та видаляють плодоніжки. Недозрілі томати, відбраковані окремо,

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						6
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

використовують для засолювання. Інспекція здійснюється здебільшого вручну. Швидкість транспортера має перевищувати 0,1 м/с. Душові точки для ополіскування томатів встановлюються після інспекції за 1 м до місця розвантаження, щоб вода встигла стекти з плодів.

1.2. Опис технології та процесно-апаратної схеми заданої ділянки.



1 – мийна машина; 2 – інспекційний транспортер; 3 – дробарка та сім'явідділювач; 4 – збірник подрібненої маси; 5 – насос; 6 – підігрівач; 7 – протирочна машина; 8 – збірник протертої маси; 9 – повітряний насос; 10 – конденсатор; 11 – пастопідігрівач; 12 – вакуум-випарні установки

Рис.3. Технологічна лінія виробництва томат-паст.

У деяких зарубіжних лініях для переробки томатів сортування томатів кольором здійснюється фотоелектричним методом. Найбільш характерна відбивна здатність томатів різного ступеня зрілості на ділянці спектра 570-

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		7

670 нм. Шляхом підбору світлофільтрів можна здійснити поділ томатів на окремі фракції.

Дроблення та відділення насіння. Дроблення томатів здійснюється на дробарках-насіннєвідділювачах(3), що мають механізм регулювання зазору між бичем і ситом для кращого відділення насіння. Відділення насіння відбувається в холодному стані, і тому воно може бути використане як посадковий матеріал.

Обробка подрібненої маси. Подрібнена томатна маса накопичується в розміщеному під дробаркою резервуарі(4) з конічним днищем, з якого шнековим насосом(5), з варіатором, через підігрівач(6) нагнітається в протиручну машину(7).

Підігрівач є горизонтальним кожухотрубним теплообмінником швидкого потоку з паровим обігрівом. Швидкість руху маси трубами становить 0,7-0,9 м/с.[1]

Дроблену масу підігрівують для перекладу нерозчинного протопектину розчинний пектин. Це полегшує відокремлення шкірки від м'якоті, знижуючи відходи при протиранні.

Маса протирається у триступінчастій протиручній машині через сита з отворами діаметром 1,2; 0,8; 0,4мм.[1]

Температура подрібненої маси перед протиранням регулюється не більше 60-90 °С. Вона впливає на якість продукту. Так, при холодному способі переробки маса підігрівается до температури 60-67 °С і виходить продукт яскраво-червоного кольору. Відходи під час протирання залежно від сировини становлять 5-8%. При гарячому способі подрібнена томатна маса підігрівается до 80-90 °С, маса, що утворюється щільна, відходи складають 4-6%. [2]

Стерилізація томатної маси у потоці. Протерту томатну масу піддають стерилізації, для чого використовують багатоходові трубчасті теплообмінники та витримувачі.

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						8
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

Обробка здійснюється при температурі 125 °С протягом 70 с або при температурі 130 °С протягом 55с (для маси з рН вище 4,4). Масу подають на стерилізацію насосами, що забезпечують тиск продукту на виході зі стерилізуючої системи не нижче 280 кПа.[2]

Стерилізовану томатну масу перед подачею у вакуум-випарні установки(12) з виносними поверхнями нагріву не охолоджують, а направляють через редукційний вентиль в сепаратор першого корпусу (по продукту). Для апаратів з розташуванням поверхні нагрівання всередині корпусу томатну масу після витримувача піддають охолодженню до температури $85\pm 2^{\circ}\text{C}$ щоб уникнути втрат продукту з соковими парами.

Охолодження можна здійснювати за рахунок самовипаровування в ємності при тиску, що дорівнює або менше атмосферного.

Для вакуум-випарних установок з виносними поверхнями нагрівання допускається стерилізацію томатної маси після часткового концентрування в першому корпусі.

При цьому протерту, підготовлену томатну масу направляють у перший корпус вакуум-випарної установки, концентрують приблизно до масової частки сухих речовин 8 %, потім стерилізують за режимами, як і для вихідної маси, після чого тангенціально направляють в сепаратор наступного корпусу, якщо різниця між температурою кипіння в цьому корпусі і температурою продукту, що надходить, не перевищує 50 °С. Якщо обумовлена різниця температур перевищує 50 °С, перед надходженням в наступний апарат масу слід охолодити.[3]

Концентрування томатної маси в безперервних випарних установках. Виробництво томатної пасты здійснюється на спеціалізованих лініях.

Лінії первинної переробки томатів майже в усіх імпортерських лініях мають один і той самий технологічний процес. Основна відмінність ліній одна від одної полягає в конструкціях вакуум-випарних установок.

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						9
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

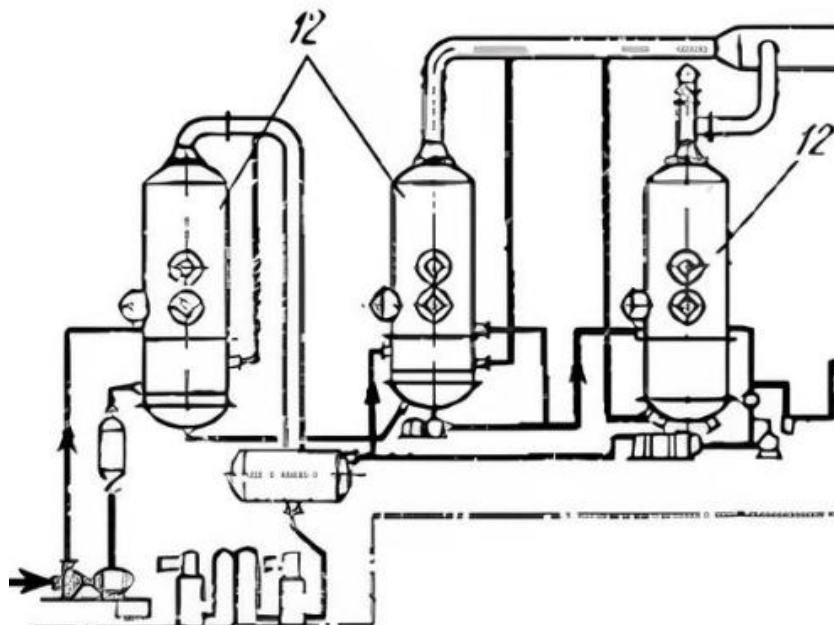


Рис.4Вакуум випарна установка АС-550

Таблиця 1

Технічна характеристика випарної установки типу АС

Показник	АС-550
Продуктивність, кг/год: за вихідним продуктом	22000
по готовому продукту (30%)	3620
Кількість випареної води, кг/год	19000
Витрата охолоджувальної води при 18°C, м3/год	248
пара, кг/год	8800
Встановлена потужність електродвигуна, кВт	92

Показник	АС-550
Температура, °С	
в І ступені	85-90
у II ступені	45-55

У випарних установках напрямок руху продукту протиточний, тобто при уварюванні сік протікає в напрямку, протилежному напрямку пари. Обидва випарні ступені монтуються один над одним, і при цьому сокові пари з остаточного ступеня випаровування безпосередньо через отвір без паропроводу надходять в попередній випарник. [4]

Для циркулювання соку в ньому вміщено похиле кільце, а в остаточному випарнику розміщені пучки похилих труб. Вихідний сік подається в установку через регулятор регулятора поплавця. Попереднє випарювання здійснюється із термічною циркуляцією.

Уварений сік перекачується насосом до остаточного випарника. Це переміщення регулюється електродами, вбудованими у скляну трубку показчика рівня соку. В остаточному випарнику циркуляція продукту, що випаровується, термічна і примусова. Остання здійснюється вбудованими шнековими насосами. Продукт із апарата вивантажується варіаторним шнековим насосом. Концентрація готового продукту автоматично контролюється рефрактометром та реєструється самописним приладом. [4]

Пар з котельні через пристрій для насичення надходить в камеру, що обігриває, остаточної щаблі випарювання. У пристрої для насичення пар охолоджується до встановленої температури нагрівання конденсатом, що відпрацював, що відводиться, з камери обігріву. Насиченням пари попереджається попадання перегрітої пари в камеру нагріву з метою унеможливлення пригорання томатної маси. Конденсат, що відпрацював, повертається в котельню.

Сокові пари з другого ступеня випарювача надходять у камеру обігріву першого ступеня. Розрідження у випарнику створюється протиточним конденсатором напівбарометричного типу. Повітря відсмоктується плунжерним вакуум-насосом.

Робочі температури в кадрах випарника установок «Ланг Р16» (°C): у просторі обігріву остаточного випарника 97-102, у паровому просторі остаточного випарника 60-65, у просторі обігріву попереднього випарника 64-68,4 парів, що охолоджує води в конденсаторі 15-25, води після конденсатора 38-40. Коефіцієнт тепловіддачі попередньому випарнику дорівнює 1000-1250, в остаточному випарнику 1250-1500 ккал/(м²-ч-°C).[4]

Перед фасуванням томатна паста, отримана у випарнику, піддається стерилізації. Апарат являє собою горизонтальний циліндр з подвійною сорочкою, в якому обертається барабан, з шнеком, зовнішній діаметр якого збігається з внутрішнім сорочки циліндра, що нагріває.

Цей шнек переміщає стерилізовану пасту зі швидкістю 3-4 м/с вздовж сорочки циліндра і цим забезпечує хорошу тепловіддачу і попереджає пригар. Здатність шнека, що подає, песколи перевищує подачу пасти на стерилізацію, і внаслідок цього паста протікає назад через зазор між барабаном і шнеком. Завдяки цьому забезпечуються інтенсивне перемішування та гомогенізація продукту. Температура нагрівання пасти

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						12
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

регулюється регулятором в межах 86-92 ° С і реєструється самописним приладом.

Технічні характеристики комплектних ліній типу "Ланг Р" Таблиця 2

Показник	Р8	Р16	Р24	Р32	Р48
Продуктивність при уварюванні від 5 до 30% сухих речовин, кг/год:					
по томатній пульпі	3200-3800	6400-7000	9600-11400	12800-15200	19200-22800
по готовому продукту	500-600	1000-1200	1500-1800	2000-2400	3000-3600
Витрати:					
пару, кг/ч	1780-2260	3530-4490	5260-6685	6960-8860	10490-13210
електроенергії, кВт-год	35,5-37	43,5-45	55-57	74-76	104,5-107,5
технічної води за 15°C, м3/год	24-35	48-70	72-105	86-140	144-210

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						13
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці2

Показник	P8	P16	P24	P32	P48
питної води, м3/год	9-11	15-18	19-23	21-26	38-46
Обслуговуючий персонал, людин					
підсобні робітники	4	6-8	8-11	9-14	16-22
кваліфіковані робітники	3	3	3	3	4
Потреба ресурсів для приготування 157 кг пасти (30%-ної) з 1 т томатів (5% сухих речовин)					
електроенергія, кВт-год	9,74-11,09	5,92-6,79	5,0-5,73	5,0-5,78	4,71-5,39
пар, кг	556-595	552-591	548-586	544-583	546-580

Продовження таблиці 2

Показник	P8	P16	P24	P32	P48
технічна вода, м3	7,5-9,2	7,5-9,2	7,5-9,2	7,5-9,2	7,5-9,2
питна вода, м3	2,8-2,9	2,34-2,37	1,98-2,02	1,64-1,71	1,98-2,02
робітники, людин	1,84-2,19	1,41-1,45	1,15-1,29	0,94-1,12	1,04-1,14
Потреба ресурсів для приготування 100 кг пасти (30%-ної) з 637 кг свіжих томатів					
пар, кг	354-379	352-376	349-373	346-371	348-69
електроенергія, кВт-год	6,2-7,06	3,77-4,32	3,18-3,65	3,18-3,65	3,0-3,43
технічна вода, м3	4,78-5,86	4,78-5,86	4,78-5,86	4,78-5,86	4,78-5,86
питна вода, м3	1,79-1,89	1,49-1,51	1,26-1,28	1,04-1,09	1,26-1,28
робітники, людин	1,18-1,40	0,89-0,90	0,73-0,78	0,60-0,71	0,66-0,73

Технічні характеристики комплектних ліній типу АС Таблица 3

Показник	АС-550	АС-880
Продуктивність сировини при концентруванні від 5 до 30% сухих речовин кг/год т/добу	22 960 550	36 600 880
Витрата пара при 0,2-0,7 МПа, кг/год води, м3/год у тому числі питної, м3/год	12 000 1908 240	27 400 1 150 120
Загальна встановлена потужність електродвигуна, кВт	90	214
Обслуговуючий персонал (з урахуванням приймання та сортування сировини), людина	25	40
Маса, т	86	120

Пульпа, що піддається концентруванню, з приймального резервуара надходить в I ступінь підігрівача, де підігрівається конденсатом, що відпрацював, від випарної станції.

Потім вона надходить у II ступінь, де нагрівається гострою парою. З цієї секції пульпа при температурі 125 ° C надходить у витримувач. За цієї температури сік витримується протягом 60 з. Після стерилізатора продукт безпосередньо надходить у випарну установку.[3]

Технологічний процес отримання томатної пасти у горизонтальних випарних апаратах. Розглянуті вище випарні установки, у тому числі плівкового типу, мають вертикальне розташування корпусу. Перевага такому конструктивному рішенню віддається з міркувань механіки, особливо коли йдеться про випарне обладнання великих розмірів.

В апаратах з вертикально розташованим корпусом, де подача здійснюється зверху, рух і розподіл маси обумовлені певною мірою дією гравітаційних сил, що зростають при обробці продукту низької та середньої в'язкості. [4]

В апаратах цього типу важко контролювати швидкість руху продукту, що стікає вздовж стінок, а отже, товщину плівки і тривалість перебування продукту в апараті. У плівковому випарному апараті з горизонтальним розташуванням корпусу справа інакша. Товщину плівки та тривалість перебування продукту в апараті легко контролювати шляхом регулювання зазору між лопатями та циліндричною поверхнею нагріву.

Крім того, у вертикальних апаратах завжди є небезпека недостатнього змочування масою продукту нижньої зони поверхні нагріву, що часто призводить до майже повного припинення циркуляції продукту і в результаті утворення пригару.[4]

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						17
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

Прикладом випарного апарату з горизонтальним розташуванням корпусу є апарат моделі "Ротофільм" (фірма "ТітоМанціні", Італія). Він складається з наступних основних елементів:

- горизонтального корпусу у вигляді порожнистого циліндра з паровою сорочкою;
- камери розширення та відділення сокових пар, що має форму зрізаного конуса та розташованої з задньої сторони корпусу. У верхній частині камери знаходиться фланцевий патрубок для відведення сокової пари;
- ротора, утвореного з розташованого в центрі абсолютно жорсткого порожнистого валу та укріплених на ньому хрестоподібних чотирьох смуг — утримувачів лопатей.

Останні виготовлені із шаруватого пластику. Довжина цих лопатей дорівнює приблизно довжині корпусу циліндра, які кріплення до металевих тримачів дозволяє регулювати зазор між ротором і циліндром. Величина цього зазору, як правило, невелика, і вона має фундаментальне значення, оскільки визначає товщину плівки. Лопаті мають похилі канавки, призначення яких - підвищити інтенсивність руху плівки, запобігаючи надмірному скупченню продукту перед лопатями.

Апарат забезпечений приводом ротора, чаном з мішалкою, насосами, трубопроводами, напівбарометричним конденсатором, системою автоматичного регулювання та контролю.

Продукт, що піддається концентруванню, подається насосом тангенціально в апарат через патрубок, розташований у кришці циліндричного корпусу.

Залежно від температури продукту та ступеня вакууму в апараті може бути більш менш інтенсивне самовипаровування.

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						18
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

Температура випарювання від 35 до 90°C залежно від типу продукту, що обробляється. Тривалість перебування його в апаратах становить від 15 до 1 хв.

Захоплений лопатями ротора продукт під впливом відцентрових сил відкидається до поверхні нагріву, розтікаючись як тонкої плівки.

Рух плівки та інтенсивна циркуляція, що викликається обертанням лопатей ротора, призводять до максимальної інтенсифікації випарного процесу навіть у тих випадках, коли обробляються щільні та в'язкі продукти. Саме цим пояснюється висока випарна здатність апаратів при відносно обмеженій поверхні теплообміну.

Пара, що утворюється при випаровуванні продукту, збирається в центральній частині апарату і з високою швидкістю прямує до виходу, з'єднаного трубопроводом з конденсатором.

Сконцентрований продукт випускається через штуцер у нижній частині циліндричного корпусу та відкачується відповідним насосом.

Ступінь концентрації контролюється електронним рефрактометром. Подача продукту, що концентрується, регулюється зміною швидкості обертання ротора продуктового насоса. Концентрування продукту в плівкових апаратах завершується зазвичай за один цикл.

Підігрів концентрованих томатних продуктів. Для підігріву томатних продуктів після концентрування застосовують одноходові підігрівачі типів «труба в трубі», «Рототерм», підігрівачі шнекового типу, апарати періодичної дії з подвійною поверхнею нагріву та мішалкою. Температура підігріву перед фасуванням становить 85°C.

Фасування, закупорювання, стерилізація. Готова томатна паста фасується в дрібну споживчу тару (до 1 кг) з подальшою реалізацією в

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						19
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

роздрібній торгівлі, більшу тару (3-10 кг) для використання в системі громадського харчування та для власних потреб консервних підприємств.

Концентровані томатопродукти, фасовані в дрібну скляну та металеву тару, піддають стерилізації за температури 100 °С. За відсутності необхідних умов виготовлення томатопродуктів шляхом гарячого розливу продукту, фасований в тару місткістю 2000-3000 см³, також стерилізується в автоклавах. [4]

Тривалість стерилізації 10-35 хв. залежно від місткості банок. Після стерилізації банки охолоджують до температури води автоклави 40±2°С.

Гарячим розливом консервують концентровані томатні продукти, фасовані у скляну тару 1-82-10000 та металеві банки № 15. Підігрів томатних продуктів перед фасуванням виробляють до температури 94±2°С.

Закупорені скляні банки перекидають у положення лежачи, а металеві укладають верхньою кришкою вниз на конвеєр або накопичувальний пристрій з метою додаткової стерилізації кришок і незаповненого верхнього простору тари.

Банки витримують протягом 20-25 хв для самостерилізації, потім охолоджують до температури 40±2°С.

Для прискорення процесу охолодження концентрованих томатних продуктів, фасованих у металеву тару, рекомендується охолоджувати в апаратах з обертанням банок. Після охолодження та просушування банки піддають огляду та розбраковування на вигляд.

При фасуванні 30% томатної пасти в бочки до неї додають 8-10% кухонної солі. При такій концентрації солі запобігає розвитку мікроорганізмів, проте при недостатньо підготовленій тарі це не гарантує повної безпеки продукту. Перед фасуванням бочки піддають санітарній обробці, тарують, маркують, укладають усередину поліетиленовий мішок,

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						20
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

закупорюють верхньою кришкою і через отвір шпунтового заповнюють підготовленою томатною пастою.

Томатну пасту при температурі $85\pm 2^{\circ}\text{C}$ подають змішувач з мішалкою. Туди ж невеликими порціями засипають необхідну кількість попередньо кухонної солі, що просіює. Суміш ретельно перемішують, охолоджують і за температури $58\pm 2^{\circ}\text{C}$ фасують у бочки. Після цього шпунтовий отвір закривають пробкою, яку обгортають пергаментним папером, змоченим у формаліні.[4]

Вимоги до якості готової пасти. Незалежно від технологічної схеми отримання концентрованих томатних продуктів, їх якість повинна відповідати вимогам чинного стандарту.

За цим стандартом визначаються вимоги до пасти вищої та I сортів. Для обох сортів паста має представляти однорідну тонко подрібнену уварену масу без залишків шкірки, насіння та інших грубих частинок.

Для I сорту допускаються поодинокі включення насіння чи частинок шкірки. Смак та запах повинні бути натуральні, властиві увареній томатній масі, без гіркоти, пригару та інших сторонніх присмаків та запаху. Солена паста випускається I сортом. Колір пасти червоний, оранжево-червоний або малиново-червоний, рівномірний на всій масі.

Для I сорту допускаються бурий і коричневий; відтінки. Сторонні домішки не допускаються.

2.1. Основні рішення з енергетичного моніторингу

Енергетичний моніторинг включає в себе збір, аналіз і використання даних про споживання енергії для забезпечення оптимального управління енергетичними ресурсами. Основні рішення з енергетичного моніторингу можуть включати такі елементи:

-Системи збору даних: Вони встановлюються для автоматичного збору даних про споживання енергії в будівлях, промислових підприємствах

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						21
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

або інших об'єктах. Це можуть бути сенсори, лічильники, монітори, які вимірюють електрику, газ, воду тощо.

-Аналітика даних: Дані, зібрані з різних джерел, обробляються та аналізуються для виявлення трендів у споживанні енергії, ідентифікації аномалій та виявлення можливостей для оптимізації.

-Візуалізація даних: Результати аналізу даних можуть бути представлені у зручній формі, такій як графіки, діаграми або інші візуальні засоби, щоб допомогти в розумінні та прийнятті рішень.

-Прогнозування споживання енергії: На основі аналізу минулих даних можуть бути розроблені моделі для прогнозування майбутнього споживання енергії, що дозволяє планувати ефективне використання ресурсів.

-Управління енергоефективністю: На основі даних про споживання енергії можуть бути впроваджені заходи для зменшення споживання енергії та підвищення енергоефективності, такі як вдосконалення ізоляції, встановлення енергоефективного обладнання тощо.

2.2.Аналіз енергетичної ефективності системи , процесу або підприємства

У лінії виробництва томатної пасти можна виділити декілька машин, які виділяються на фоні інших по типам споживаної енергії та їх кількості . Саме ці агрегати ми і розглянемо.

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						22
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

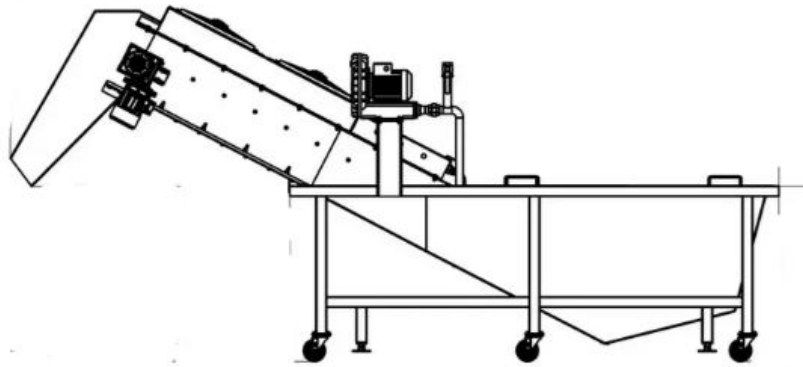


Рис.5 Барботажна мийка для фруктів та овочів

Барботажна мийка для фруктів та овочів . Ця машина під час роботи споживає воду та електроенергію , отже вона пріоритетна ціль для підвищення енергоефективності. Для цього можливо виконати наступні заходи:

- Регулярне технічне обслуговування: Проведення планового обслуговування і профілактичних робіт допомагає уникнути аварій та зберегти пристрої в робочому стані.
- Моніторинг та аналіз даних: Використання систем моніторингу для відстеження роботи техніки та збирання даних про її функціонування. Аналіз цих даних може розкрити можливості для покращення ефективності.
- Оптимізація режимів роботи: Встановлення оптимальних параметрів роботи для кожного обладнання з метою зниження витрат енергії та збільшення продуктивності.
- Підвищення кваліфікації персоналу: Навчання працівників у сфері експлуатації та обслуговування промислової техніки для забезпечення правильного її використання та діагностики можливих проблем.

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						23
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

Обираємо один з найпростіших шляхів по підвищенню енергоефективності, заміна старих лічильників для електроенергії, води та пари. Він не потребує великих капітальних вкладень що дозволить зберегти ресурси по вдосконаленню на машини, які споживають найбільшу кількість енергії в лінії.

**Лічильник ел. 3-ф. многотарифний NIK2303 AP6T.1000.MC.11
3x220/380В 5(80)**

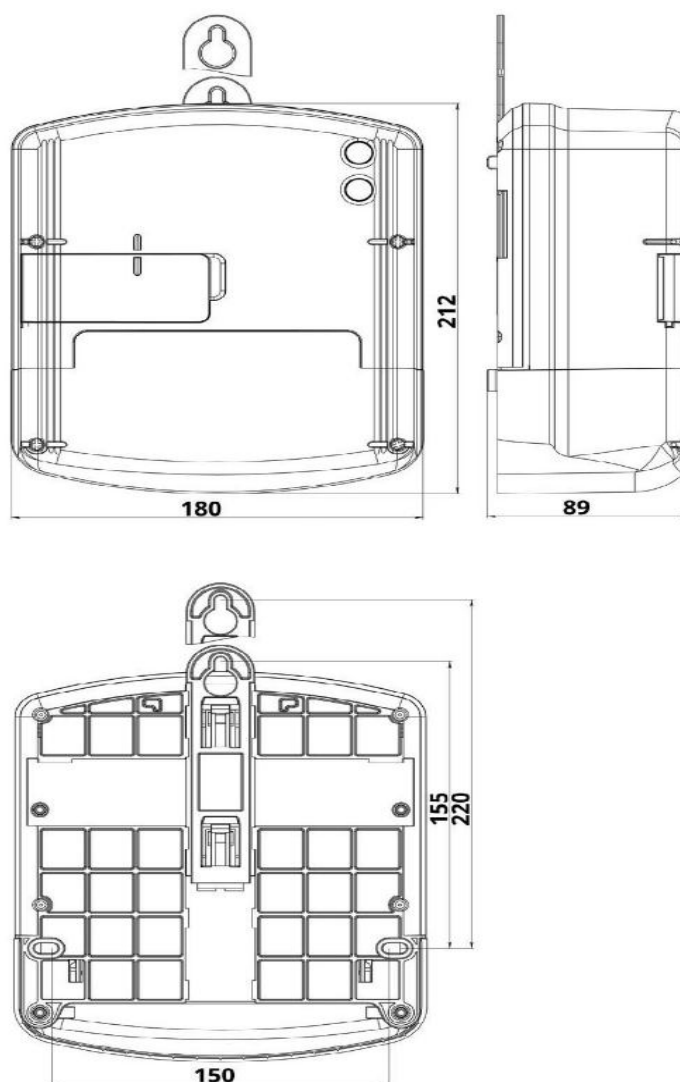


Рис.6 Лічильник ел.

Характеристики :

Номинальна напруга: 3x220/380, 3x230/400, 3x240/416 або 3x57,7/100 В

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		24

Допустиме відхилення напруги: від -20 до +15 %

Номінальна сила струму: 5 А

Максимальна сила струму: 10 А, 80 А, 120 А

Номінальна частота: 50 Гц

Постійна лічильників при вимірюванні активної енергії: 8000 імп/(кВт·год).

Постійна лічильників при вимірюванні реактивної енергії: 8000 імп/(квар·ч).

Чутливість при вимірі активної енергії:

для лічильників прямого включення: 12,5 мА

для лічильників трансформаторного включення: 10 мА

Чутливість при вимірі реактивної енергії:

для лічильників прямого включення: 15,6 мА

для лічильників трансформаторного включення: 9,3 мА

Споживана потужність:

в ланцюгах напруги, повна, не більше: 10 А

у ланцюгах напруги, активна, не більше: 2 Вт

в ланцюгах струму, повна, не більше: 0,05 А

Швидкість передачі даних для інтерфейсу та оптопорту: 9600 бод*.

Робочий діапазон температур від -40 до +70 °С.

Ступінь захисту згідно з ГОСТ 14254: IP54.

Маса, трохи більше: 1,3 кг.

Кількість розрядів РКІ: 6+3.

Міжповірочний інтервал: 10 років.

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						25
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

Середній термін експлуатації (до першого капітального ремонту): 24 роки.

Лічильник води турбінний BAYLAN W-4 R80

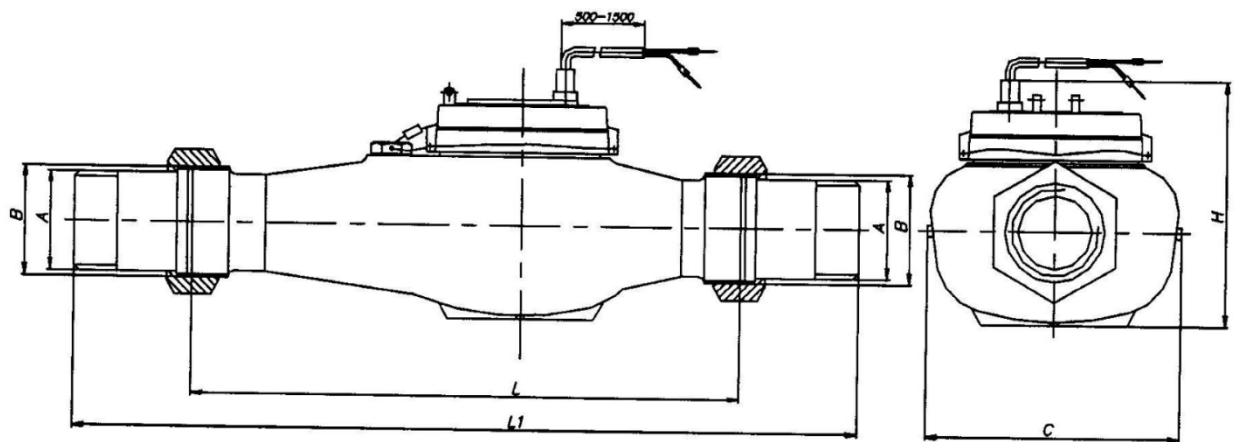


Рис.7 Лічильник

Характеристики :

Робоче положення — горизонтальне, вертикальне та або в похилому положенні

Діаметри: DN 50-200

Тиск: PN 16

Температура: $T_{\max} = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$

Приєднання — фланцеве (ГОСТ 12820-80 фланець)

Метрологічний клас — R80 (B)

Діапазон робочого тиску — від 0,03 МПа до 1,6 Мпа

Заміна лічильників дозволить одразу вирішити декілька питань по підвищенню енергоефективності одна з яких моніторинг та аналіз даних. Більш якісні лічильники дозволять отримувати більш точні данні по роботі машини ,а також заощаджувати кошти на рахунках за воду та електроенергію. Аналізуючи данні можливо буде дізнатися чи працює

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						26
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

агрегат в оптимальному режиму , що є ще одним пунктом в підвищенні енергоефективності.

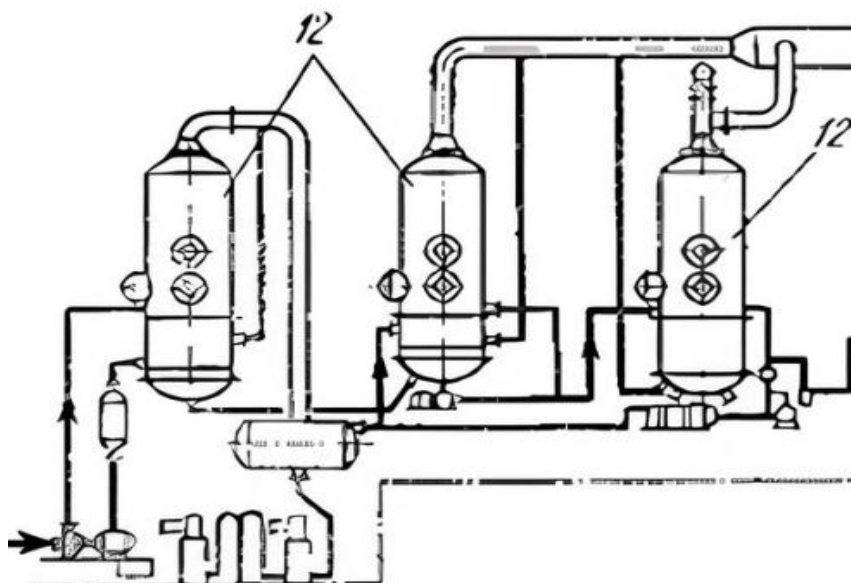


Рис.8Вакуум-випарна установка

Вакуум-випарна установка. Випарна установка це машина яка споживає найбільшу кількість енергії у всій лінії виробництва томат-паст. Вона споживає одночасно електричну енергію , пар та воду. За годину роботи вона споживає 12 000 кг пару 1900 м3 води , а її двигун споживає 90 кВт електроенергії.

Для підвищення її ефективності можливо використати ті ж заходи що й для барботажної мийки , але ще один із ефективних способів — оновлення устаткування, що включає в себе заміну застарілого обладнання на сучасніші та більш продуктивні, які споживають менше енергії. Це дуже ефективний спосіб що може значно підвищити продуктивність і зменшити витрати , але потребує великих капіталовкладень.

Випарний апарат, встановлений в лінії виробництва томат-паст, добре виконує встановлені задачі але як і будь який інший апарат він має свої

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						27
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

переваги та недоліки. Найбільшим його недоліком можна вважати те що під час роботи він споживає пар і в дуже великих об'ємах.

Зараз дуже активно досліджується методика концентрації харчових розчинів за допомогою електромагнітних хвиль. Вона базується на діелектричному нагрівання речовин, що містять полярні молекули.

Саме ця методика дозволить відмовитися від пари та агрегатів які генерують цю пару, що дуже позитивно відобразиться як і на енергоефективності так і на розмірах самої вакуум-випарної установки.

Розглянемо теплофізичну модель традиційного випарного апарата.

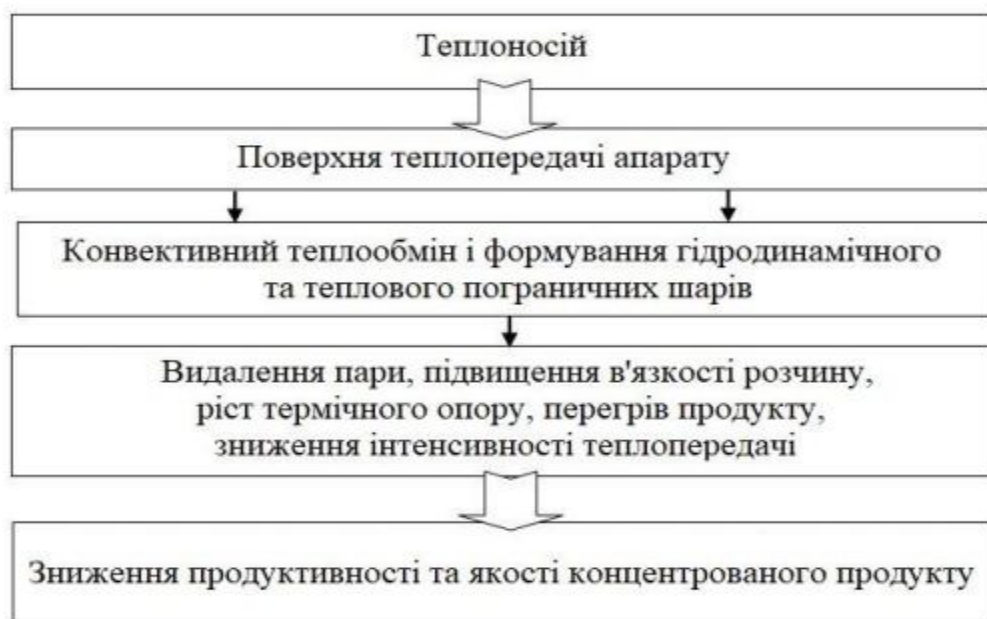


Рис.9Теплофізична модель традиційного ВА.

В запропонованому мікрохвильовому вакуум-випарному апараті процес виглядає інакше.

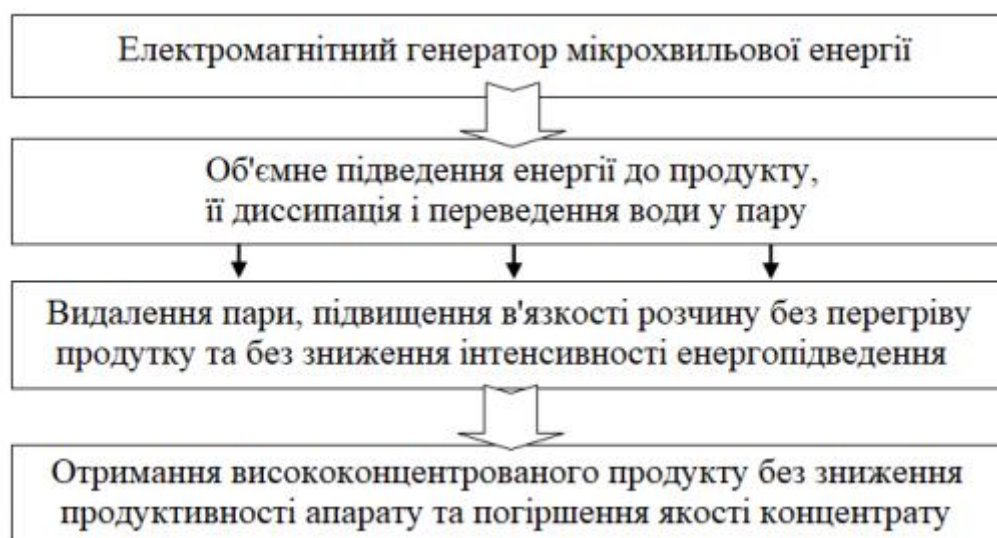


Рис.10 Теплофізична модель інноваційного МХВА.

Електромагнітна енергія впливає на полярні молекули рідини, зокрема води, що забезпечує їх перехід у парову фазу. Цей процес не включає класичну теплопередачу і це є важливою умовою для отримання продукту з вищою концентрацією за мінімального термічного впливу на вихідну сировину.

Проведемо системний аналіз всього технологічного ланцюга “первинне паливо-його трансформації у відповідний вид енергії –розподільча мережа-споживач” та розглянемо конверсії енергії палива в елементах установок традиційних технологіях концентрування та в інноваційних технологіях концентрування

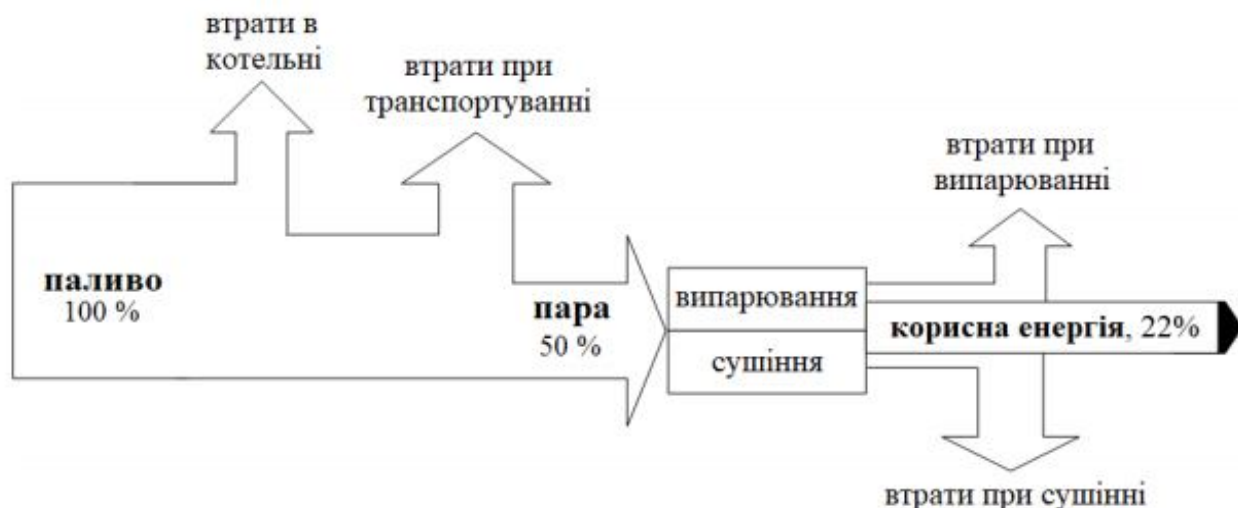


Рис.11 Конверсії енергії палива втрадиційних технологіях концентрування



Рис.12 Конверсії енергії палива в інноваційних технологіях концентрування

В схемах аналізується варіант, коли кількість вилученої вологи і при випарюванні, і при сушінні однакова . В цьому випадку мікрохвильова технологія потребує на 6% палива менше.

При підвищенні часки сушіння ефективність інноваційного вакуум випарного апарату буде рости.

Також немаловажним критерієм є збереження харчової цінності сировини в кінцевому продукті

Традиційні апарати для концентрування і сушіння використовують декілька видів енергії. А мікрохвильовий випарний апарат використовує тільки електричну енергію. Вищевказаний аналіз дає змогу об'єктивно порівняти ці процеси сушіння.

Виконано порівняння інноваційного та традиційних принципів зневоднення.

Значення $d_o=6$ кг води / кг нафтового еквіваленту в даний час досягнуто при випробуваннях сушильних апаратів з ЕМП.

Візуально відзначено, що з камери виходить пароводяна суміш. Апарати реалізують режим бародифузії, а це істотно знижує витрату енергії. Реально досягти значень $d_o=50$ кг в/кг нафтового еквіваленту при чіткому узгодженні потужності ЕМП генераторів з характеристиками харчової сировини.[5]

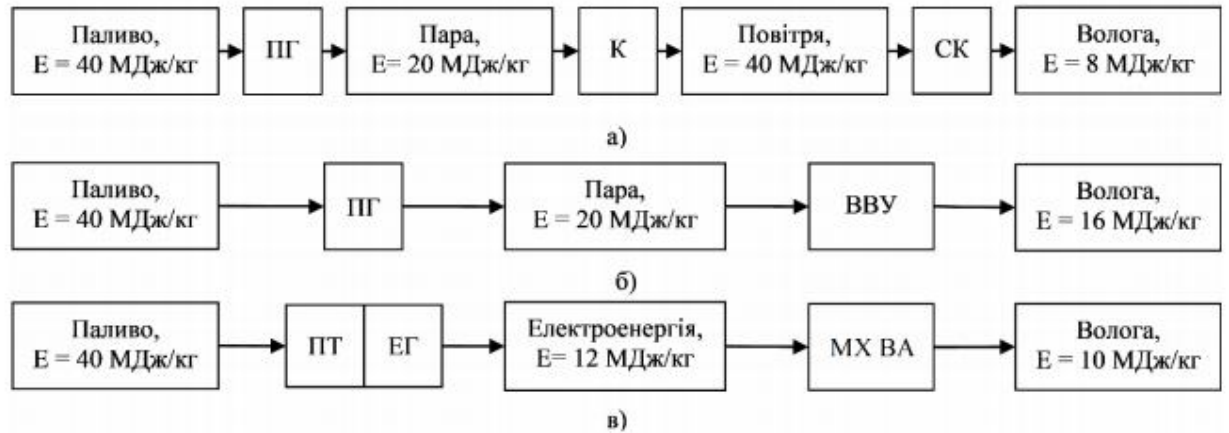
Таблиця 4

Порівняння традиційних і запропонованого показників енергоефективності різних технологій зневоднення

Енерготехнологія	КПЕ, МДж/кг в	J, МДж/кг н.е.	d_o , кг в/кг н.е.
Сушіння традиційне	4 – 7	4 – 9	1 – 3
Сушіння в ЕМП	2 – 4	10 – 20	5 – 6
Випарювання + сушіння традиційне	2,8	8 – 20	3 – 6
Випарювання в ЕМП	2,7	10 – 20	3,5 – 7,5

Проведена оцінка ефективності використання енергії в інноваційних методів сушіння та традиційних технологіях сушіння і випарювання в електромагнітному полі. [6]

Позначення: ПГ - парогенератор , К- паровий калорифер , СК – конвективна сушильна камера , ВВУ – вакуум-випарна установка , ПТ – парова турбіна , ЕГ – електрогенератор , МХ ВА – мікрохвильовий випарний апарат.



*а) традиційне конвективне сушіння; б) традиційне випарювання;
в) мікрохвильове випарювання.*

Рис.13 – Конверсія енергії в технологіях зневоднення

Підсумовуючи результати аналізу, запропонована схема вакуум-випарному апарату виглядає перспективніше ніж традиційний процес сушіння. Однак капітальні витрати на проектування і виготовлення таких апаратів виявляється вищими, ніж у традиційних конструкцій.

2.3.Патентний огляд

Агрегат для випарювання водних розчинів речовин, що кристалізуються

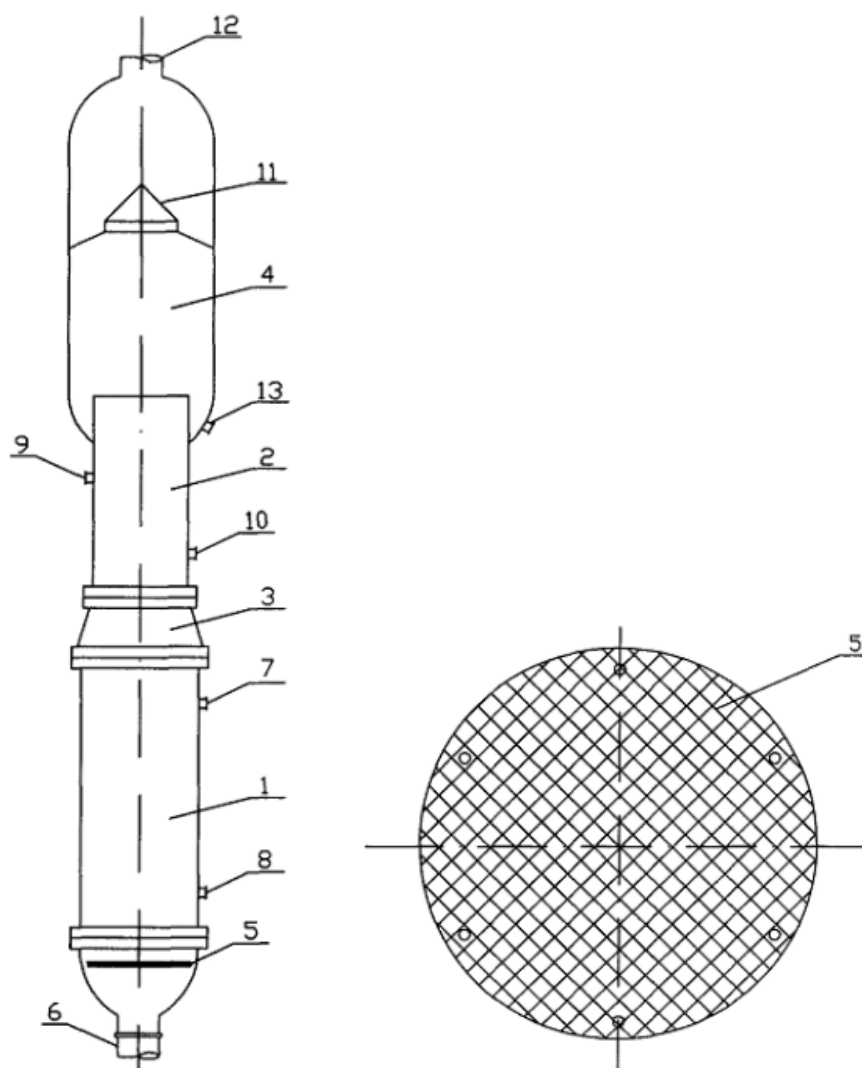


Рис.1 Випарний апарат для водних розчинів речовин

Запропонована корисна модель пояснюється за допомогою креслень. На рисунку представлено випарний апарат для водних розчинів кристалізуючихся речовин, який включає:

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						33
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

Випарний апарат включає трубчастий підігрівач 1 і випарник 2, з'єднані знімною котушкою 3, а також сепаратор 4, встановлений над випарником 2. Підігрівач 1 оснащений знімною розподільчою тарілкою 5 зі звуженими отворами, кількість яких відповідає числу трубок у підігрівачі 1. Додатково на кресленні видно, що підігрівач 1 містить три штуцери: перший 6 для подачі розчину карбаміду, другий 7 для подачі конденсату, і третій 8 для його виходу.

Випарник 2 має два штуцери 9 і 10 для входу та виходу пари. У середині сепаратора 4 встановлені відбійна тарілка і демістер 11, щоб запобігти проникненню карбаміду в газовий канал 12. Сепаратор 4 додатково обладнаний штуцером 13 для виведення розчину карбаміду.

Вхідний розчин карбаміду подається через штуцер 6 в нижню частину підігрівача 1, де він проходить через звужені отвори знімної розподільчої тарілки 5. Під тиском розчин карбаміду розбризкується та рівномірно розподіляється по внутрішній поверхні трубок підігрівача 1 (трубки не показані на кресленні). Одночасно через штуцер 7 подається конденсат для підігріву розчину карбаміду, який потім виходить через штуцер 8. Потім, проходячи через знімну котушку 4, розчин карбаміду потрапляє в трубний простір випарника 2 (не показаний на кресленні). У випарник 2 через штуцер 9 подається пара, що підігріває розчин карбаміду, що надходить з підігрівача 1. Конденсат виходить через штуцер 10 у збірник (не вказаний на кресленні). Після проходження через трубний простір випарника 2, нагрітий розчин карбаміду надходить у сепаратор 4, де розділяються парогазова та рідка фази розчину карбаміду. У середині сепаратора 4 розташовані відбійна тарілка та демістер 11, які запобігають проникненню розчину карбаміду в газівідвід 12. Через штуцер 13 сепаратора 4 розчин карбаміду надходить до наступної стадії випарювання.[7]

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						34
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

В даній моделі за рахунок встановлення додаткового елемента конструкції можна забезпечити плівкове розподілення розчину карбаміду по внутрішній поверхні підігрівача, що покращує змішування розчину та дозволяє отримати його більш високої концентрації, зменшуючи тим самим кількість пари, необхідної для випарника.

Запропонований мікрохвильовий вакуумний випарний апарат тим часом зовсім не потребує пари для роботи, а також може отримувати ще більш високі концентрації розчину завдяки прямому підводу енергії та вакууму в середині випарника.

Прямоточно-плівковий випарний апарат

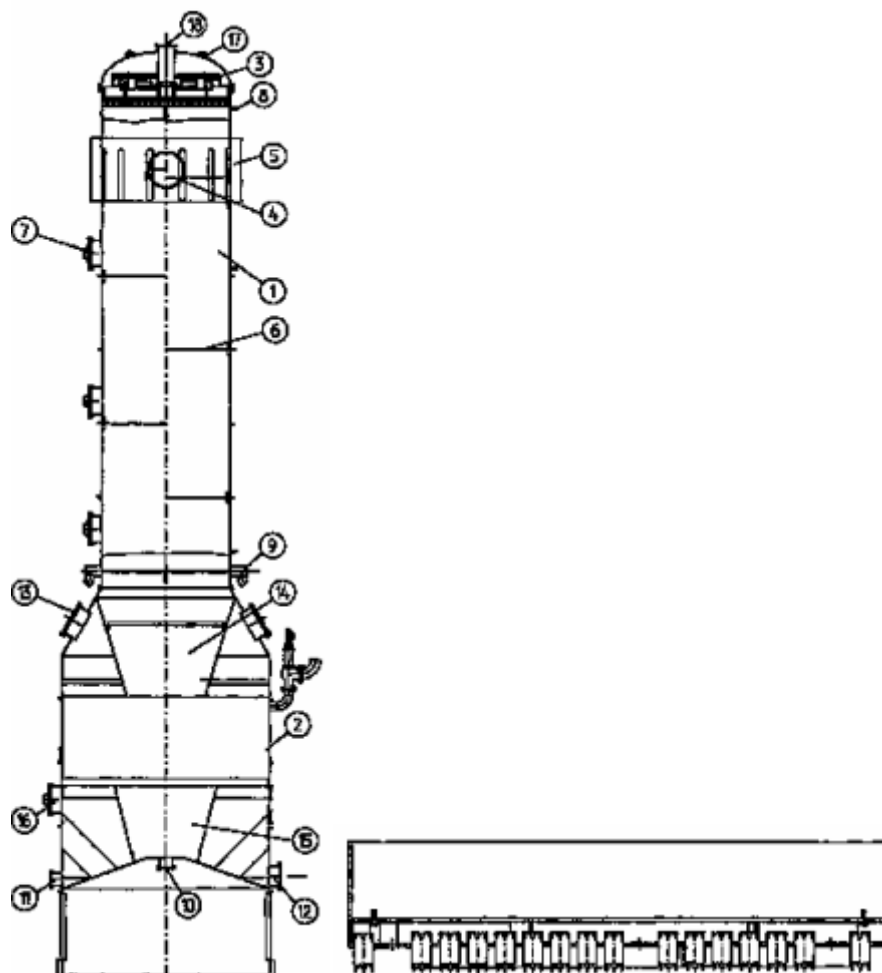


Рис.2прямоточно-плівковий випарний апарат

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		35

Прямоточний плівковий випарний апарат складається з нагрівальної камери 7, сокової камери 2 і розподільного пристрою 3. Нагрівальна камера 1 включає обичайку, верхню та нижню трубні решітки із завальцованими нагрівальними трубками. Гріюча пара надходить через два патрубки 4 у парову оболонку 5, а звідти через щілиноподібні отвори безпосередньо в парову камеру. Для запобігання вібрації нагрівальних трубок всередині нагрівальної камери встановлені проміжні трубні напіврешітки 6. На нагрівальній камері є три оглядові люки 7. Неконденсовані гази відводяться через аміачні відтяжки 8. У нижній частині нагрівальної камери над нижньою трубною решіткою встановлені два патрубки 9 для відведення конденсату.[8]

Сокова камера 2, розташована під нагрівальною камерою, має конічне днище з патрубком 10 в центрі для відведення сиропу на наступний етап випарної установки. У нижній частині камери знаходяться два патрубки: 11 для підведення сиропу з попереднього корпусу і 12 для його відведення на рециркуляцію у верхню частину апарата. У верхній частині сокової камери встановлені два патрубки 13 для відведення вторинної пари з апарата. Всередині сокової камери в її верхній частині встановлений направляючий конус 14 для сепарації пари із паро-сиропної суміші, а в центрі конічного днища розташований конус 15, який запобігає проходженню сиропу з вхідного патрубка 11 у вихідний 10. Сокова камера також має оглядовий люк 16.

Недоліком цього апарата є те, що він має два сепаратори, що збільшує загальну висоту установки майже в півтора рази, а також те, що співвідношення площі нагрівальної поверхні прямоточної та плівкової частини становить 1:1. Це означає, що 50% поверхні теплообміну функціонує з природною циркуляцією, що збільшує час перебування соку в апараті. Додатково, у пристрої спостерігаються порівняно низькі коефіцієнти теплопередачі та значні гідростатичні депресії.

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						36
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

Електромагнітний вакуум випарний апарат також є прямоточним але в нього немає таких недоліків, продукт рухається з регульованою швидкістю, яка регулюється завдяки швидкості подачі сировини.

2.3. Розробка структури та опис функціонування удосконаленої системи

Конструктивно апарат складається з семи ключових частин.

Перша частина сам корпус машини, що являє собою компактну металеву шафу в яку монтуються усі інші модулі.

Друга частина це шахта випарювача , вона встановлюється по середині шафи для зручності під'єнення патрубків вводу сировини та виходу готового продукту.

Третя, четверта та п'ята частини це ємності в яких саме і зберігається сировина та готовий продукт, для зручності бак з сировиною розміщується на рівні з шахтою випарювача з метою самоплинного транспортування сировини у шахту. Інші баки натомість розміщуються знизу шафи, під випарювачем.

Шоста частина це конденсатор він знаходиться з задньої сторони корпусу, він потрібен для перетворення пари у воду яка потім повертається до камери випарного апарата.

Сьома і остання це холодильна машина. Вона розташовується на рівні шахти.

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						37
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

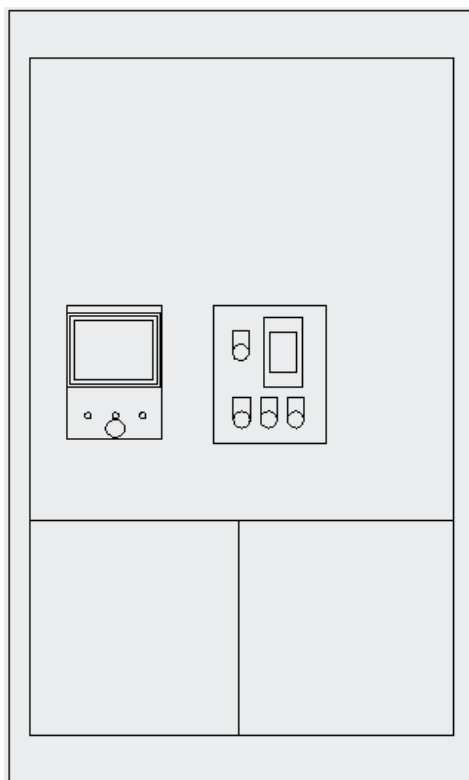


Рис.14 Зовнішній вигляд мікрохвильового випарного апарата

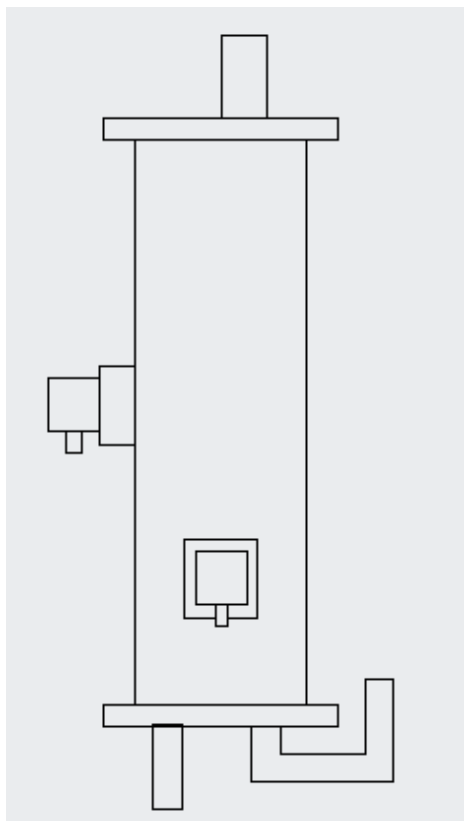


Рис.15 Шахта випарювача

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						38
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

Шахта випарювача являє собою прямокутний паралелепіпед, виконаний з листового металу. На шахту встановлюються два магнетрона, так щоб вони були розміщені перпендикулярно відносно один одного. Знизу знаходяться патрубки для вводу сировини та відводу готового продукту. Зверху патрубков для відводу пари, який далі з'єднується з конденсатором.

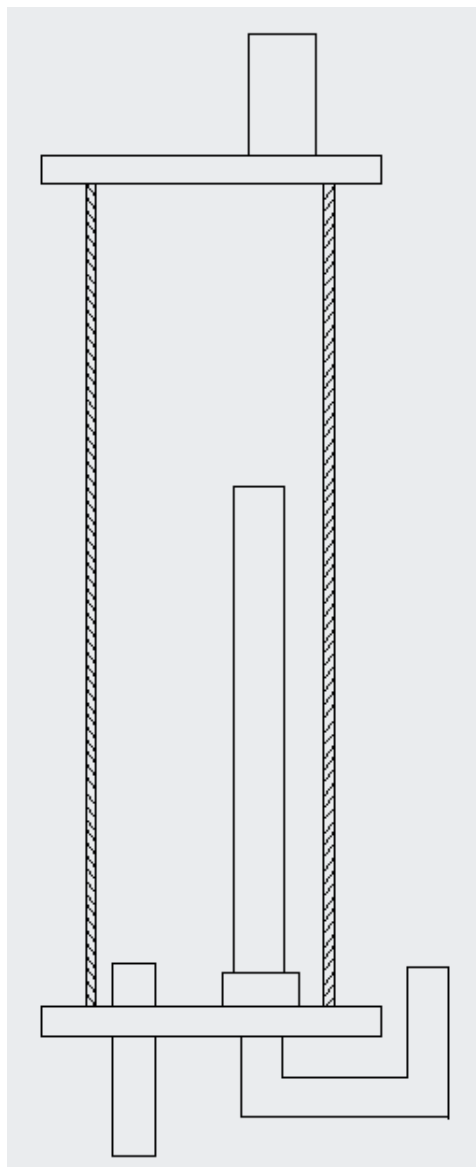


Рис.16 Вид шахти випарювача з середини

В середині шахти знаходиться патрубок через який виконується подача сировини. Під час цього мікрохвильові хвилі зневоднюють сировину яка потім виводиться у якості готового продукту за допомогою найкоротшого патрубку.

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						39
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

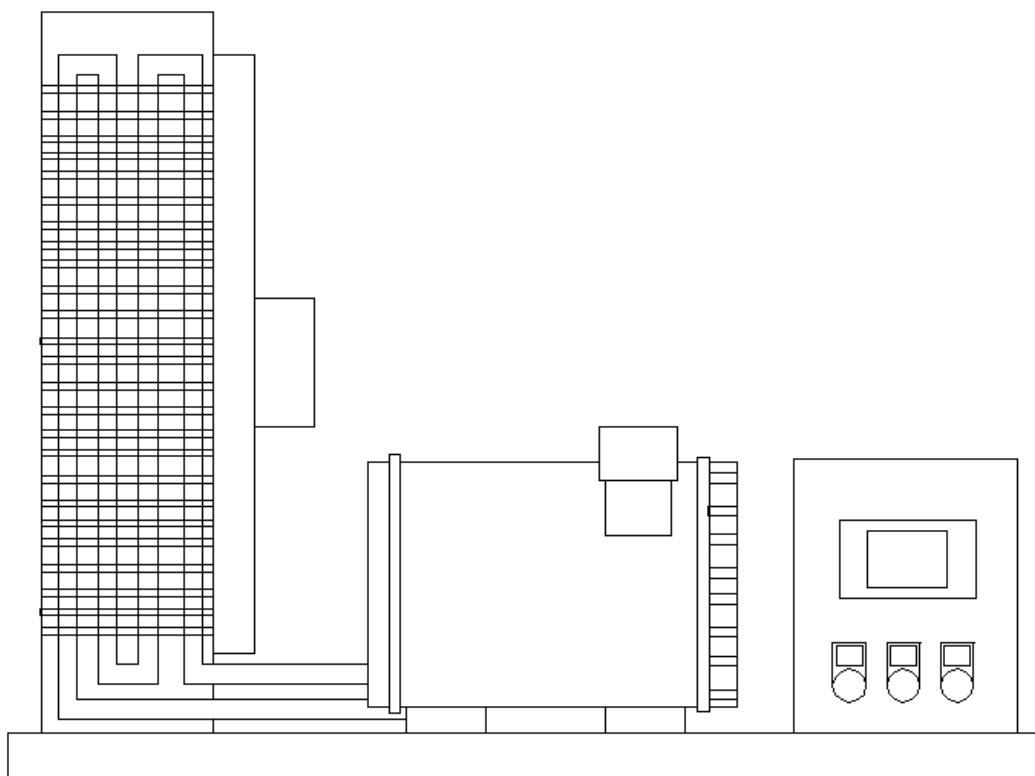


Рис.17 Холодильна установка

DOMETIC WaecoColdMachine CU 75

Холодильна установка охолоджує воду яка потім циркулює у конденсаторі випарювача. Це зроблено для підвищення швидкості конденсації пари що виникає під час сушіння. Ця установка являє собою готовий модуль який купують окремо.

DOMETIC WaecoColdMachine CU 75

Характеристики :

Живлення (постійний струм DC)	12/24 В
Потужність (постійний струм DC)	40 W
Тип охолодження	Компресорний
Холодоагент	R134a

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						40
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахункова частина

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ІННОВАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИПАРОВУВАННЯ У МІКРОХВИЛЬОВОМУ ПОЛІ

3.1. Аналіз енергетичної ефективності.

Мікрохвильовий випарний апарат використовує електричну енергію, тоді як традиційні апарати для концентрування і сушіння використовують інші види енергії. Ця методологія дозволяє об'єктивно порівняти такі схеми. Аналіз зосереджується на ефективності використання енергії первинного палива органічного походження, де витрата палива прийнята рівною 100. Принципи енергетики ілюструються в таблиці 5. Запропонована методологія використовується для оцінки ефективності енергоспоживання як у традиційних технологіях сушіння і випарювання, так і в інноваційних методах сушіння і випарювання в електромагнітному полі.

Таблиця 5

Енергоємність технологій зневоднення

№	Процес Параметри	Випарювання	Сушіння
1	Теоретичні витрати енергії на видалення 1 кг вологи	2,3 МДж	2,3 МДж
2	Дійсні витрати енергії на видалення 1 кг вологи	1,5-2,8 МДж	4-7 МДж

Конверсія енергії в технологіях зневоднення

Проведені оцінки показують енергетичні та економічні переваги запропонованих апаратів. Однак капітальні витрати на проектування та виготовлення таких апаратів будуть вищими порівняно з традиційними конструкціями, що потребує додаткових розрахунків.

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						41
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2. Фізична та параметрична моделі об'єкту досліджень.

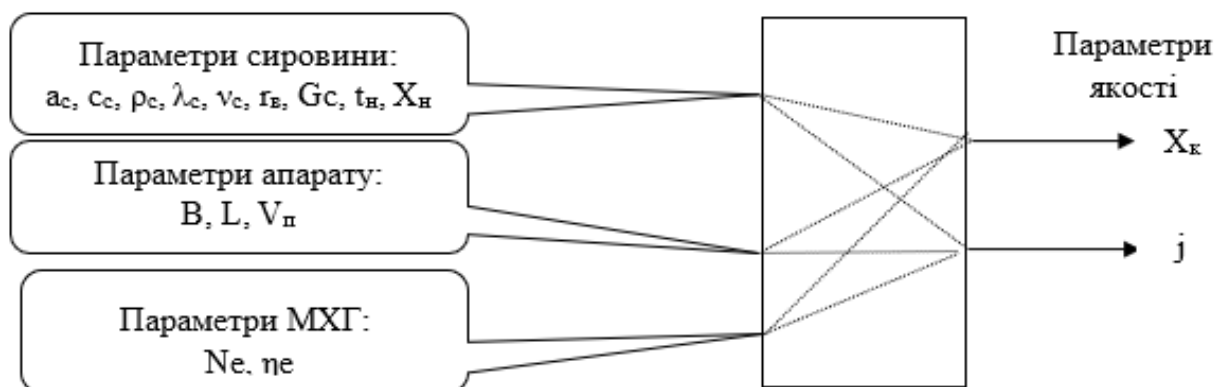


Рис. 18 – Параметрична модель МХВА.

В результаті дослідження параметричної моделі установки (рис. 16) були визначені параметри якості, зокрема кінцева концентрація розчину (X_k) та питомі витрати енергії на концентрування 1 кг сировини (j , Дж/кг). Початковими параметрами виступають теплофізичні властивості сировини, її витрати, концентрація сухих речовин і температура. Параметричні комплекси, що описують конструкцію установки та енергетичні характеристики електромагнітних генераторів, також враховуються. [9]

Схема (рис. 16) є основою для побудови фізичної моделі установки (рис. 17), яка, в свою чергу, слугує основою для створення математичної моделі.

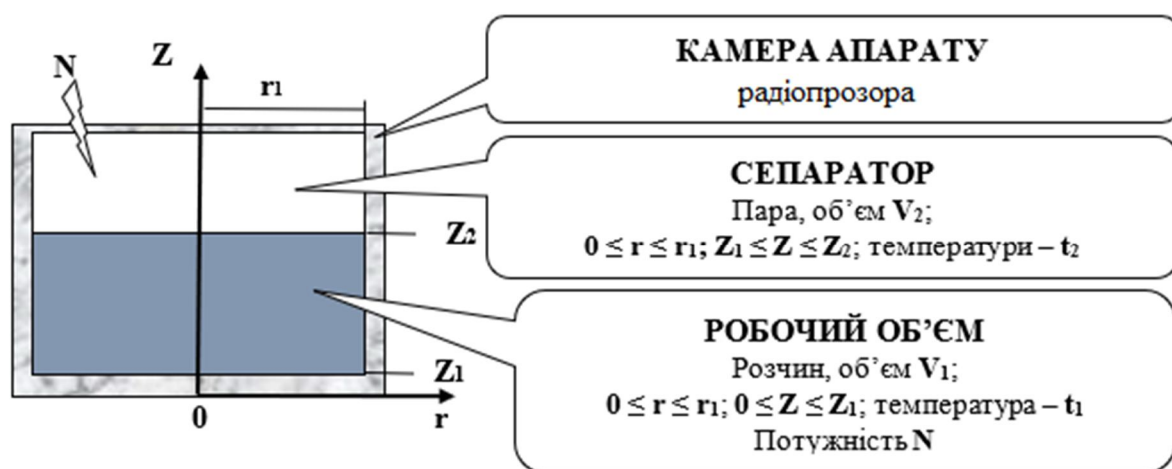


Рис. 19 – Фізична модель процесу випарювання.

Основні фізичні процеси відбуваються в робочому обсязі, де знаходиться розчин, на який діє енергетичний вплив від джерела електромагнітної енергії потужністю N . Енергія надходить через радіопрозорий корпус і об'ємно підводиться до продукту за граничних умов (ГУ) II роду. У сепараторі відбувається механічне відділення крапель розчину від пари, без поглинання енергії в обсязі сепаратора (рис. 17). Третя зона – це радіопрозорий корпус апарату (реакційного об'єму).

Для цих трьох основних зон необхідно розробити математичну модель мікрохвильового випарного апарату.

3.3. Математична модель об'єкту досліджень.

Енергетичні взаємодії між елементами розглянемо на основі I закону термодинаміки і класичного рівняння Фур'є-Кірхгофа.

Перший закон термодинаміки для цього завдання запишеться у вигляді:

$$(1) Q_{cm} + Q_V = \Delta U$$

де Q_{cm} – кількість теплоти, передане через поверхню контакту (S);

Q_V – кількість теплоти, що поглинається розчином від електромагнітних джерел енергії;

ΔU – зміна внутрішньої енергії розчину.

Теплові потоки Q_{cm} , Q_V

$$(2) Q_{cm} = \int_S \int_0^\tau dQ d\tau, \quad Q_V = \int_V \int_0^\tau q_V dV d\tau, \quad \Delta U = \int_V \int_0^\tau c_V \rho \frac{\partial t}{\partial \tau} dV d\tau$$

де q_V – питома потужність внутрішніх джерел теплоти, Вт/м³.

Використовуючи рівняння Фур'є, перетворимо співвідношення, і запишемо в циліндричній системі координат:

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						43
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

$$(3) \int_0^\tau \int_V dQ d\tau = \int_0^\tau \int_V \left[\frac{\partial}{\partial r} \left(\lambda \frac{\partial t}{\partial r} \right) + \frac{\lambda}{r} \frac{\partial t}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial \phi} \left(\lambda \frac{\partial t}{\partial \phi} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda \frac{\partial t}{\partial z} \right) \right] dV d\tau$$

А далі, підставивши (3) у (1), отримаємо:

$$(4) \int_0^\tau \int_V \left[c_V \rho \frac{\partial t}{\partial \tau} - \frac{\partial}{\partial r} \left(\lambda \frac{\partial t}{\partial r} \right) - \frac{\lambda}{r} \frac{\partial t}{\partial r} - \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial \phi} \left(\lambda \frac{\partial t}{\partial \phi} \right) - \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda \frac{\partial t}{\partial z} \right) - q_V \right] dV d\tau = 0$$

Якщо підінтегральний вираз дорівнює нулю, то інтеграл також буде дорівнювати нулю за умови, коли всі характеристики в (4) будуть безперервними функціями координат і часу.

Таким чином:

$$(5) c_V \rho \frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial r} \left(\lambda \frac{\partial t}{\partial r} \right) + \frac{\lambda}{r} \frac{\partial t}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial \phi} \left(\lambda \frac{\partial t}{\partial \phi} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda \frac{\partial t}{\partial z} \right) + q_V$$

Встановили (5) просторово-часовий зв'язок між потужністю та зміною значення температури в будь-якій точці об'єму тіла. Зазвичай, коефіцієнти теплопровідності вважаються постійними, в результаті чого рівняння спрощуються і отримують лінійне диференціальне рівняння в окремих похідних другого параболічного типу.[10]

Закономірності (5) є загальними для всіх 3 зон установки. На їх основі для кожної зони моделі необхідно конкретизувати. Для 1 зони (рис. 17) приймемо індекси «1». Тоді в робочому об'ємі: об'єм продукту V_1 ; енергія, що споживається продуктом $N_{\eta t}$; температури – t_1 . Діапазон тисків $P_a \leq P \leq P_n$.

Процес протікає в 2 етапи. Для 1 етапу (нагрів продукту від початкового значення температури $t_1 = t_n$ до температури кипіння $t_1 = t_b$) і для 2 етапу (випаровування).

На першому етапі випаровування не відбувається ($W = 0$), оскільки енергія витрачається лише на нагрівання продукту.

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						44
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

Для висот $0 \leq Z \leq Z_1$; радіусів $0 \leq r \leq r_1$:

Вихідні умови ($\tau = 0$): $t_1 = t_{\text{н}}$; $V_1 = V_{\text{н}}$.

$$(6) \frac{\partial t_1}{\partial \tau} = \alpha_1 \left(\frac{\partial^2 t_1}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial t_1}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 t_1}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 t_1}{\partial z^2} \right) + \frac{N\eta}{V_1 c_1 \rho_1}$$

де $\alpha = \frac{\lambda}{(c_1 \rho)}$ – температуропровідність, м²/с.

Безпосередньо випарювання характеризується постійною температурою фазового переходу ($t_{\text{н}} = \text{const}$). Значення внутрішньої енергії розчину підвищується за рахунок поглинання всієї підведеної енергії ($N\eta\tau$). Відбувається зміна теплоємності при переході рідкої фази в парову. В результаті – підвищення концентрації розчину. Рівняння балансу енергії набуде вигляду:[12]

$$(7) N\eta\tau = V_{\text{с}} t_{\text{с}} (c_1 \rho_1 - c_2 \rho_2)$$

Вихід пари зменшує обсяг рідини в робочому обсязі:

$$(8) V_1(\tau) = V_{\text{н}} - V_{\text{с}}(\tau)$$

Гідродинамічна ситуація в робочому обсязі відображається рівнянням Нав'є-Стокса. В умовах досліджуваної задачі (рис. 3.7) можливо обмежитися одновимірним записом по осі Z:

$$(9) \rho_1 \cdot \omega_1 \cdot \frac{\partial \omega_1}{\partial z} = \rho_1 \cdot g - \frac{\partial P_1}{\partial z} + \mu_1 \cdot \frac{\partial^2 \omega_1}{\partial z^2}$$

Друга зона (сепаратор) заповнена паром розчину з температурою пари t_2 та об'ємом пари V_2 . Пара не поглинає енергію ($N = 0$). Таким чином, при $0 \leq r \leq r_1$; $Z_1 \leq Z \leq Z_2$, модель є аналогічною (33) із заміною t_1 на t_2 та α_1 на α_2 . Гідродинамічна ситуація в сепараторі виражається аналогічно (3.9).[11]

Для зони 3, яка представляє стінку реакційного обсягу, температура матеріалу становить t_3 , об'єм V_3 , і стінка не поглинає енергію ($N = 0$). Таким

чином, при $r_1 \leq r \leq r_3$; $0 \leq Z \leq Z_3$, модель є аналогічною (6) із заміною t_1 на t_3 та α_1 на α_3 , а гідродинамічна ситуація відповідає (9).

Отриману систему рівнянь слід доповнити граничними умовами взаємодії між зонами. Відповідні граничні умови наведені в таблиці 7

Таблиця 6

Зведення граничних умов

Координата по рис.17	Тип ГУ	Модель ГУ
$Z = Z_0$ (границя камери і навколишнього середовища).	III роду	$\frac{\partial t_3}{\partial \tau} = -\frac{\alpha_c}{\lambda_3}(t_3 - t_c)$ (10)
$Z = Z_1$ (границя розчину і стінки камери).	III роду	$\frac{\partial t_3}{\partial \tau} = -\frac{\alpha_1}{\lambda_3}(t_1 - t_3)$ (11)
$Z_1 < Z < Z_2$ (об'єм розчину).	II роду	$q_v = \frac{N}{V_1} = const$ (12)
$Z = Z_2$ (границя розчину та пари).	I роду	$t = t_u = const$ (13)
$Z > Z_2$ (границя камери і навколишнього середовища).	III роду	$\frac{\partial t_3}{\partial \tau} = -\frac{\alpha_2}{\lambda_3}(t_2 - t_3)$ (14)

У рівняннях (10 – 14): α – коефіцієнт тепловіддачі; λ – коефіцієнт теплопровідності; N – потужність електромагнітного генератора; η – ККД магнетрону; τ – час роботи; індекси 1 – розчин; 2 – пара; 3 – стінка реакційного об'єму (камери); c – навколишнє середовище.[14]

Система рівнянь (1 – 14) визначає нестационарне поле температур, а також матеріальний і енергетичний баланси процесів випарювання. Систему

необхідно конкретизувати, додати початкові умови та рівняння зв'язку. Однак, попри вжиті спрощення, на даний момент розв'язати розроблену систему практично неможливо. Розв'язання рівнянь Нав'є-Стокса є значною проблемою через складність реалізації моделі. Для розробки інженерної методики доцільно використовувати методи теорії подібності.

Використання методів теорії подібності для узагальнення дослідів даних.

Аналіз робіт дозволяє сформулювати таку гіпотезу: «Організація процесу пароутворення при безпосередньому підведенні енергії до полярних молекул розчину не викликає утворення традиційних термічних опорів. Це може стати передумовою стабільної паропродуктивності, залежної тільки від типу розчину та рівня тиску в апараті, за умови постійної потужності поля». У цьому контексті традиційний коефіцієнт тепловіддачі, який характеризує термічний опір конвективного теплообміну, втрачає сенс.[27]

Для таких специфічних умов випарювання в електромагнітному, мікрохвильовому полі пропонуються наступні основні параметри процесу. Ці параметри впливають із запропонованої моделі, конкретизованої сформульованою гіпотезою, і представлені в таблиці 7.

Таблиця 7

Основні параметри процесу випарювання в електромагнітному полі

Параметр	Символ	Розмірність
Питома теплота пароутворення	<i>r</i>	$\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2}$
Потужність мікрохвильового поля	<i>N</i>	$\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-3}$
Тиск	<i>P</i>	$\text{кг} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$
Паропродуктивність	<i>W</i>	$\text{кг} \cdot \text{с}^{-1}$
Швидкість руху продукту	<i>v</i>	$\text{м} \cdot \text{с}$

Усі параметри, представлені в таблиці 7, містять лише три основні

розмірності: довжину (L), масу (M) і час (τ). У цьому випадку кількість змінних $n = 5$, а кількість одиниць вимірювання $m = 3$. Тоді, відповідно до π -теореми (методу аналізу розмірностей), кількість безрозмірних комплексів, які описують процес, має бути $(n - m) = 2$. Ці два комплекси досить просто формуються за даними таблиці 7.

$$(15) \quad \frac{W_v}{P} = A \left(\frac{N}{W_r} \right)^m$$

Перший безрозмірний комплекс у (15) є новим і має технологічний характер. Він відображає співвідношення інерційних сил розчину та статичних сил в апараті. Другий комплекс — це число енергетичного впливу (число Bu), яке успішно узагальнювало результати експериментального моделювання процесів масопереносу в мікрохвильовому полі.[32]

У практичних задачах може бути використана й інша комбінація безрозмірних комплексів:

$$(16) \quad Bu = A \cdot P^n \cdot R^m$$

У (16) прийнято: P – відношення поточного тиску в апараті до базового, а R – відношення питомих значень теплоти фазового переходу досліджуваного розчину до базового. За отриманим значенням числа Bu можна розрахувати або необхідну загальну потужність (при заданій паропродуктивності), або провести перевірочний розрахунок і визначити продуктивність апарату при відомій потужності електромагнітних генераторів.

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						48
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

Вимоги техніки безпеки при роботі з НВЧ джерелами енергії

1. КАТЕГОРІЯ ОСІБ, ЩО ОПРОМІНЮЮТЬСЯ, І НОРМОВАНІ ПАРАМЕТРИ

1.1. За допустимими рівнями впливу НВЧ опромінення встановлюються такі категорії осіб, що опромінюються:

- особи, які професійно пов'язані з обслуговуванням джерел НВЧ випромінювання;
- особи, які професійно не пов'язані з обслуговуванням джерел НВЧ випромінювання.

1.2. Особи, професійно пов'язані з джерелом НВЧ опромінення, можуть зазнавати як переривчастого опромінення на території підприємства, так і безперервного опромінення у виробничих приміщеннях, у цехах при ремонті, налагодженні та експлуатації джерел НВЧ випромінювань.

1.3. Особи, які професійно не пов'язані з обслуговуванням джерел НВЧ випромінювань, можуть піддаватися на території підприємства переривчастому опроміненню.

1.4. Нормованими параметрами НВЧ опромінення є інтенсивність, тривалість впливу та енергетичне навантаження на організм людини. Інтенсивність опромінення оцінюється щільністю потоку енергії (ЩПЕ), одиницею якої є ват на квадратний метр Вт/м² (мкВт/см²). Тривалість дії (Т) характеризує час перебування у зоні опромінення в годинах. Енергетичне навантаження (W) виявляється у Вт*год/м² (мкВтч/см²) і є твір ЩПЕ падаючого випромінювання на час його впливу:

$$(17)W=ЩПЕ \cdot T$$

2. ГРАНИЧНО ДОПУСТИМИ РІВНІ ОПРОМІНЕННЯ

2.1. Рівень щільності потоку енергії (ЩПЕ) на робочих місцях та місцях можливого знаходження осіб, професійно пов'язаних з обслуговуванням джерел НВЧ випромінювання при переривчастому та безперервному

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						49
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

опроміненні, не повинен перевищувати 1000 мкВт/см².

Гранично допустимі значення енергетичного навантаження на НВЧ опромінення протягом робочого дня становлять:

- при безперервному опроміненні 200 мкВт*год/см²
- при переривчастому опроміненні 2000 мкВт*год/см²

Примітка. За наявності рентгенівського випромінювання або високої температури повітря робочих приміщень (вище 28°C) ЩПЕ НВЧ опромінення не повинна перевищувати 100 мкВт/см². Доза рентгенівського опромінення при цьому не повинна перевищувати значень, встановлених нормами радіаційної безпеки НРБ-76.

2.2. Рівень щільності потоку енергії (ЩПЕ) на робочих місцях і місцях можливого знаходження осіб, професійно не пов'язаних з обслуговуванням джерел НВЧ випромінювання, при переривчастому НВЧ опроміненні не повинен перевищувати 500 мкВт/см².

Гранично допустиме значення енергетичного навантаження організм протягом робочого дня становить: 1000 мкВт*год/см².

Примітка. У разі коли температура повітря у виробничому приміщенні на постійному робочому місці вище 28°C, ЩПЕ НВЧ опромінення не повинна перевищувати 50 мкВт/см².

2.3. Гранично допустимі значення ЩПЕ залежно від тривалості впливу розраховуються за такою формулою:

$$(29) \text{ЩПЕ} = W/T$$

де ЩПЕ – допустиме значення щільності потоку енергії в мкВт/см²;

W – гранично допустиме енергетичне навантаження для відповідних категорій опромінених осіб та характеру опромінення в мкВт*год/см²;

T – час перебування у зоні опромінення в годинах.

2.4. У тих випадках, коли інтенсивність безперервного і переривчастого НВЧ опромінення змінюється або відбувається послідовне переривчасте і безперервне опромінення або одночасне опромінення працюючого від

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						50
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

декількох джерел, рівні НВЧ опромінення рекомендується оцінювати за методикою, наведеною в додатку 2, що рекомендується.

3. КОНТРОЛЬ РІВНІВ НВЧ ОПРОМІНЕНЬ НА ТЕРИТОРІЇ ПІДПРИЄМСТВА

3.1. Контроль рівнів НВЧ випромінювань має здійснюватися шляхом вимірювання ЩПЕ на робочих місцях та місцях можливого знаходження працюючих з урахуванням часу їх перебування у зоні опромінення.

3.2. Вимірювання ЩПЕ на робочих місцях та місцях можливого знаходження осіб, професійно пов'язаних з обслуговуванням джерел НВЧ випромінювання, повинно проводитися не рідше ніж один раз на рік у порядку поточного санітарного нагляду, а також:

- при прийомі в експлуатацію нових джерел НВЧ випромінювань;
- при внесенні змін у конструкцію та режим роботи діючих джерел НВЧ випромінювань;
- після проведення ремонтних робіт на установках, що випромінюють ЕМЕ НВЧ;
- при організації нових робочих місць, доріг, перонів, переходів тощо в опромінюваних зонах;
- при внесенні змін до засобів захисту.

3.3. Рівень ЩПЕ НВЧ випромінювання на робочих місцях та місцях можливого знаходження працівників, професійно не пов'язаних з обслуговуванням джерел НВЧ випромінювань, уточнюється щорічно шляхом вибіркового контрольних вимірювань, а також у випадках, зазначених у п. 3.2.

3.4. За даними виміру рівня ЩПЕ на робочих місцях та місцях можливого знаходження працівників, професійно пов'язаних і не пов'язаних з обслуговуванням джерел НВЧ випромінювання, складається схема розподілу рівнів НВЧ випромінювання на території даного підприємства.

3.5. Вимірювання ЩПЕ та складання подібних схем проводиться комісією, що складається з фахівців підприємства, медико-санітарної служби,

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						51
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

служби охорони праці та представників профспілкової організації підприємства.

4. ВИМОГИ БЕЗПЕКИ

4.1. Якщо умови праці працюючих не задовольняють вимог розд. 2, необхідно для їх захисту проводити наступні заходи, що розробляються з урахуванням категорії осіб, що опромінюються:

- раціональне розміщення та вибір оптимальних режимів роботи установки, обмеження використання негативних кутів нахилу її антен понад 1° ;
- раціональне розміщення (планування) виробничих приміщень, робочих місць та місць можливого знаходження працюючих, визначення раціонального маршруту їх рухів;
- вибір раціонального режиму роботи та відпочинку для працюючих;
- застосування засобів попереджувальної сигналізації при ремонті та налагодженні НВЧ установок;
- використання стаціонарних та переносних екрануючих пристроїв, що обмежують або послаблюють ЩПЕ НВЧ випромінювання на робочих місцях та місцях можливого знаходження працівників;
- застосування поглиначів потужності, хвилеводних відгалужувачів, дільників потужності при настроювально-регулювальних роботах;
- використання засобів індивідуального захисту (окуляри, щитки, шоломи, захисні костюми) під час проведення робіт у зоні випромінювання вище допустимих значень.

4.2. На підприємствах, що експлуатують джерела НВЧ випромінювань, мають бути розроблені інструкції з охорони праці, що відображають вимоги цього стандарту з урахуванням особливостей роботи джерел НВЧ випромінювань.

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						52
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3. Робочі місця та місця можливого знаходження осіб, професійно пов'язаних з обслуговуванням джерел НВЧ випромінювань, а також зони НВЧ опромінення (дільниці, території, об'єкти, установки), на яких ЩПЕ перевищує 1000 мкВт/см², повинні вважатися небезпечними та позначені попереджувальними знаками про небезпеку мікрохвильового (НВЧ) опромінення. Доступ працюючих у небезпечні зони за виробничою потребою дозволяється лише за умови застосування засобів індивідуального захисту або захисних пристроїв.

4.4. Зони, ділянки, території, робочі місця та місця можливого знаходження, на яких ЩПЕ НВЧ випромінювання від 500 мкВт/см² до 1000 мкВт/см², повинні вважатися зоною «обмеження» та позначені знаками мікрохвильової (НВЧ) небезпеки. Доступ до зони «обмеження» працівникам, які професійно не пов'язані з обслуговуванням джерел НВЧ випромінювань, заборонено.

4.5. Розрахунок часу перебування працюючих у небезпечних зонах з виробничої необхідності проводиться з урахуванням ефективності застосовуваних засобів захисту та допустимого енергетичного навантаження для відповідних категорій осіб, що опромінюються.

4.6. Визначення меж небезпечних зон та зон «обмеження» має проводитися за схемами розподілу рівнів НВЧ опромінення даного підприємства комісією, що складається зі спеціалістів, зазначених у п. 3.5.

4.7. Жінки у період вагітності та годування дитини переводяться на іншу роботу, якщо рівень НВЧ опромінення на робочому місці та місцях можливого їхнього перебування перевищує гранично допустимий рівень для населення (15 мкВт/см²).

4.8. Особи, які не досягли 18-річного віку, до роботи з джерелами НВЧ випромінювань не допускаються. Зазначені особи не допускаються також до будь-якої роботи, якщо рівень НВЧ опромінення на робочих місцях та місцях можливого перебування перевищує нормативну величину для населення.

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						53
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок

Сучасна харчова промисловість стикається зі складними викликами. З одного боку, зростає попит на продукти з тривалим терміном зберігання та концентрати. З іншого боку, спостерігається зростання цін на енергоносії, а також зростають вимоги до якості та екологічної безпеки концентратів і технологій їх виробництва.

Традиційне обладнання для виробництва концентратів ґрунтується на процесах теплопередачі під час випаровування розчинів та дифузії під час подальшого їх сушіння. Проте механізми цих процесів обмежують максимальні концентрації продукту, а процеси дифузії вимагають великих енергетичних витрат. Резерви їх енергоефективності вже вичерпані.

Застосування технологій випаровування розчинів на основі електромагнітних генераторів мікрохвильового діапазону дозволило створити енергоефективний апарат майже без обмежень за максимальною концентрацією готового продукту. Особливістю цього апарату є те, що енергія подається не з поверхні, а з об'єму, що дозволяє точно направляти енергію до полярних молекул розчинника і перетворювати їх у парову фазу у всьому обсязі розчину.

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						54
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури

1. Технологія переробки томатів. Верхівкер Я.Г. і ін.. 1993
2. Проектування процесів та апаратів харчових підприємств. Під редакцією В.Н. Стабнікова. Київ ,1982
3. Руткевич І.Г. Вакуум-насосні установки в харчовій промисловості Харчова промисловість,1971
4. Процеси і апарати харчових виробництв. І.Ф. Малежик, Підручник. НУХТ, Київ, 2003
5. Burdo O., Bandura V., Zykov A., Zozulyak I., Levtrinskaya Y., Marenchenko E.
Development of wave technologies to intensify heat and mass transfer processes. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. vol. 4, no. 11(88). 34
6. Burdo O., Gavrilov A., Kashkano M., Levtrinskaya Y., Sirotiuk I., Pylypenko E., Terziev S.
Energy monitoring of innovative energy technologies of plant raw material processing. Problemele energetice regionale. 2019. Vol. 43. Is. 2. pp. 23-38. doi: 10.5281/zenodo.3367058
7. Пат. на корисну модель 39933 Україна, МПК (2006.01) B01D 1/22. Прямотно-плівковий випарний апарат / Щуцький Ігор Валентинович; власники Товариство з обмеженою відповідальністю “Виробнича група “ТЕХІНСЕРВІС” Щуцький І.В. № u200807337 заявл. 27.05.2008 Опубл. 25.03.2009 бюл. №6
8. Пат. на корисну модель 18950 Україна, МПК (2006) B01D 1/00. Випарний апарат для водних розчинів речовин, що кристалізуються / Голубєв Валентин Валентинович, Кобзар А.М. , Федоров А.А. Дерев’янко А.О. Шевченко В.А. Шевцов М.О. Гусєв С.О. власники

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						55
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

Закрите акціонерне товариство “СЄВЕРОДОНЕЦЬКЕ ОБ’ЄДНАННЯ
АЗОТ” № u200607087 заявл. 26.06.2006 Опубл. 15.11.2006 бюл. №11

9.. Burdo O.G., Terziev S.G., Gavrilov A.V., Syrotyuk I.V., Shcherbich
M.V. System of Innovative Energy Technologies
of Food Raw Material Dehydration. *Problemele energeticii regionale*. 2020.
Vol. 46. Is. 2. pp. 92-107. doi:10.5281/zenodo.3898317

10. Sabarez, H. T., S. Keuhbauch, and K. Knoerzer.
"Ultrasound assisted low temperature drying of food materials." *IDS 2018. 21st
International Drying Symposium Proceedings*.
Editorial Universitat Politècnica de València, 2018. p/1245-1250.

11. URL: <https://orhey.net/2018/10/17/protirochnaja-mashina-p1-7-1/> (дата
звернення: 20.04.2024)

12. Лыков А.В. Теория теплопроводности. – М.: Высш. шк., 1967. –
600 с.

13. URL: <https://fortskipper.prom.ua/ua/a188391-tehnologicheskij-protsess-proizvodstva.html> (дата звернення: 20.04.2024)

14. Burdo O.G., Burdo A.K., Sirotyuk I.V., Pour D.R. Technologies
of selective energy supply at evaporation of food solutes.
Problemele energeticii regionale. 2017. Vol. 33. Is. 1. pp. 100 – 109.
doi: 10.5281/zenodo.1193622.

15 Burdo O., Bandura V., Zykov A., Zozulyak I., Levtrinskaya Y.,
Marenchenko E.
Development of wave technologies to intensify heat and mass transfer processes.
Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. vol. 4, no.
11(88). 34-42.

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						56
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

- 16 Burdo O., Gavrilov A., Kashkano M., Levtrinskaya Y., Sirotuk I., Pylypenko E., Terziev S. Energy monitoring of innovative energy technologies of plant raw material processing. *Problemele energeticii regionale*. 2019. Vol. 43. Is. 2. pp. 23-38. doi: 10.5281/zenodo.3367058
17. F. Khajehei, M. Niakousari, M. H. Eskandari, M. Sarshar. Production of Pomegranate juice concentrate by complete block cryoconcentration process. *Journal of Food Process Engineering*, 2015, Vol. 38, Issue 5, pp. 488-498.
18. Burdo O.G., Bandura V.N., & Levtrinskaya Y.O. Electrotechnologies of targeted energy delivery in the processing of food raw materials. *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*. 2018. vol. 54, no. 2, 210-218. doi: 10.3103/S1068375518020047
19. S. Chantasiriwan. Simulation of quadruple-effect evaporator with vapor bleeding used for juice heating. *International Journal of Food Engineering*. 2016, Vol. 2, No. 1, pp. 36-41.
20. Ul'ev L.M., Vasil'ev M.A. Heat and power integration of processes for the refinement of coking products. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*, 2015. vol. 49, no. 5, pp. 676-687.
21. Zambon, A., et al. "Supercritical CO₂ drying of food matrices." *IDS 2018. 21st International Drying Symposium Proceedings. Editorial Universitat Politècnica de València*, 2018. p. 17-23.
22. URL: <https://milk-system.com> (дата звернення: 20.04.2024).
23. Burdo O., Gavrilov A., Kashkano M., Levtrinskaya Y., Sirotuk I., Pylypenko E., Terziev S. Energy monitoring of innovative energy technologies of plant raw material processing

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						57
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

- ing. *Problemeleenergeticiiregionale*. 2019. Vol. 43. Is. 2. pp. 23-38. doi: 10.5281/zenodo.3367058
- 24URL: <https://teplo-polis.com.ua>(дата звернення: 20.04.2024)
25. . Rodríguez Ó., Eim V., Rosello C., Femenia A. etal. Applicationofpowerultrasoundontheconvectivedryingoffruitsandvegetables: effectsonquality. *JournaloftheScienceofFoodandAgriculture*98.5, 2018: 1660-1673.
26. Лыков А.В. Теориятеплопроводности. – М.: Высш. шк., 1967. – 600 с.
27. Лыков А.В. Тепломассообмен (справочник). М.:Энергия, 1971. – 560 с.
28. Кутателадзе С.С. Основытеориитеплообмена. – Новосибирск, 1970. – 456с.
28. Исаев С.И. Теориятепломассообмена. / С.И. Исаев, И.А. Кожинов, В.И. Кожинов и др. Под ред. А.И. Леонтьева. – М., 1979. – 485 с.
29. Гухман А.А. Введение в теориюподобия. Изд. 2-е, доп. и перераб. Учебноепособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1973. – 296с.
30. Гухман А.А. Применениетеорииподобия к исследованиюпроцессов тепло- и массообмена. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1974. – 328с.
31. Справочник по теплообменникам в 2-х т. / Пер. с англ. под. ред. Б.С. Петухова – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 560с.
32. Burdo, O.G., Syrotyuk, I.V., Alhury, U., Levtrinska, J.O. Microwaveenergy, asanintensificationfactorintheheat-masstransferandthepolydisperseextractformation. *Problemeleenergeticiiregionale*. 2018. Vol.
33. Бурдо О.Г. Пищевыенаноэнерготехнологии. Херсон, 2013 294с.

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						58
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		

34. Бурдо О.Г. (2005). Наномасштабные эффекты в пищевых технологиях. *Инженерно-физический журнал*. Минск, 1(78), 88-93.
35. Burdo O.G. (2005). Nanoscale effects in food-production technologies. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 1(78), 90-96.
36. Бурдо О.Г., Терзиев С.Г., Яровой И.И., Борщ А.А. (2012). Электромагнитные технологии обезвоживания сырья. *Problemele energeticii regionale*, 1(18), 69-79.
37. URL: <https://agro-ukraine.com/ru/trade/r-15/p-1/> (дата звернення: 20.04.2024)
38. URL: <https://agrovektor.com> (дата звернення: 20.04.2024)

					КРБ.ПО та ЕМ.1.575-03.2.4	Арк.
						59
Змн.	Арк.ш	№ докум.	Підпис	Дата		