

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри енергетики
та електротехнічних систем

доцент **Чепіжний А.В.**

ДИПЛОМНА РОБОТА
за магістерським рівнем вищої освіти

На тему: «Обґрунтування системи електрообладнання цеху пастеризації молока ферми ВРХ ТОВ «Велетень» з модернізацією системи Шосткинського району Сумської області»

Виконав

(підпис)

Бурнос С.М.
(прізвище, ініціали)

Група

ЕТЕС 2301-1м

(Науковий) керівник:

(підпис)

Сіренко Ю.В.
(прізвище, ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

Ступінь вищої освіти «Магістр»
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
завідувач кафедри енергетики та
електротехнічних систем
доцент _____ Чепіжний А.В.
(підпис, вчене звання, прізвище, ініціали)
« _____ » _____ 202__ року

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ
ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

_____ *Бурноса Сергія*
Миколайовича
(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема роботи: Обґрунтування системи електрообладнання цеху пастеризації
молока ферми ВРХ ТОВ «Велетень» з модернізацією системи Шосткинського
району Сумської області

керівник роботи: Сіренко Юлія Володимирівна, PhD, ст. викладач
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджено наказом по закладу вищої освіти від «26» 02 2024 р. № 572/ос

2. Термін подання здобувачем закінченої роботи «11» 11 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи технічні характеристики комплексу первинної обробки
молока, нормативні документи для проведення досліджень, стандарти.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці):

1 Огляд існуючих способів підвищення ефективності первинної обробки молока.

2 Підвищення ефективності електротехнологічного комплексу первинної обробки
молока на основі використання ультразвуку.

3 Дослідження ефективності використання ультразвукової обробки з
використанням дослідної установки.

4 Охорона праці.

5 Економічне обґрунтування.

Висновки та пропозиції.

Список використаної літератури

Додатки.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

Презентаційний матеріал виконаний в програмі Power Point

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата

КАЛЕНДАРНИЙ ГРАФІК

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	до 15.08.2024 р.	
2	Складання плану роботи	до 23.08.2024 р.	
3	Написання вступу	до 26.08.2024 р.	
4	Підготовка розділу «Розділ 1»	до 28.08.2024 р.	
5	Підготовка розділу «Розділ 2»	до 16.09.2024 р.	
6	Підготовка розділу «Розділ 3»	до 14.10.2024 р.	
7	Підготовка розділу «Розділ 4»	до 21.10.2024 р.	
8	Написання висновків та пропозицій	до 28.10.2024 р.	
9	Подання роботи на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 01.11.2024 р.	
10	Подання роботи на рецензування	до 05.11.2024 р.	
11	Подання до попереднього захисту	до 12.11.2024 р.	

Здобувач вищої освіти

(підпис)

(Бурнос С.М.)
(прізвище, ініціали)

(Науковий) керівник
дипломної роботи

(підпис)

(Сіренко Ю.В.)
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Обґрунтування системи електрообладнання цеху пастеризації молока ферми ВРХ ТОВ «Велетень» з модернізацією системи Шосткінського району Сумської області: Дипломна робота / Бурнос Сергій Миколайович – Суми: СНАУ, 2024 р. – 47 с.

У дипломній роботі розглянуто підвищення ефективності роботи електротехнологічного комплексу первинної обробки молока на прикладі ТОВ «Велетень» м. Глухів Шосткинського району Сумської області. Метою дослідження було вдосконалення процесу обробки молока за допомогою ультразвукових технологій для покращення якості продукту та зниження енергетичних витрат.

Аналіз існуючої системи первинної обробки молока на підприємстві виявив можливості для її удосконалення. Окремо було розглянуто використання ультразвуку для обробки молока, зокрема розробку пристрою для ультразвукової обробки, вибір генератора та випромінювача. Ультразвукова обробка покращує мікроструктуру молока, знижує кількість мікроорганізмів і стабілізує хімічний склад.

Експериментальні дослідження, проведені на спеціальній установці, підтвердили ефективність ультразвукової обробки в покращенні якості молока та його безпеки. Економічне обґрунтування показало, що ця технологія дозволяє знизити енергетичні витрати та підвищити рентабельність виробництва.

Ключові слова: ефективність, електротехнологічний комплекс, первинна обробка молока, ультразвук, молоко, якість, мікроструктура, мікроорганізми, енергетичні витрати, рентабельність, технологія, економічне обґрунтування, підприємство, дослідження.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СПОСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРВИННОЇ ОБРОБКИ МОЛОКА	1
1.1. Загальна характеристика підприємства.....	8
1.2. Аналіз існуючої системи первинної обробки молока.....	9
1.3. Огляд способів та методів підвищення ефективності первинної обробки молока.....	11
1.4. Висновки до розділу.....	14
2. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ПЕРВИННОЇ ОБРОБКИ МОЛОКА НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ УЛЬТРАЗВУКУ	15
2.1. Використання ультразвуку для обробки молока.....	15
2.2. Розробка та опис схеми пристрою для ультразвукової обробки.....	16
2.3. Вибір та розробка схеми електричної принципової ультразвукового генератора.....	18
2.4. Вибір ультразвукового випромінювача.....	20
2.5. Висновки до розділу.....	23
3. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ОБРОБКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ДОСЛІДНОЇ УСТАНОВКИ	24
3.1. Опис дослідної установки для УЗ обробки молока.....	24
3.2. Аналіз впливу ультразвукової обробки на показники якості молока ...	25
3.3. Аналіз впливу ультразвуку на мікроструктуру молока.....	27
3.4. Аналіз впливу ультразвуку на вміст мікроорганізмів.....	28
3.5. Висновки до розділу.....	29
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	30
5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	35
ВИСНОВКИ	38
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	39

ВСТУП

Актуальність теми. Актуальність теми дипломної роботи обумовлена необхідністю підвищення ефективності технологічних процесів первинної обробки молока в умовах сучасного сільського господарства. Висока якість молока є основою для виробництва конкурентоспроможної продукції, що відповідає сучасним стандартам безпеки та споживчих вимог. Одним із перспективних напрямів розвитку електротехнологічних комплексів є впровадження електрофізичних методів, зокрема ультразвукової обробки молока, яка дозволяє значно поліпшити його фізико-хімічні властивості, збільшити термін зберігання і знизити ризики бактеріального забруднення.

Ультразвукова обробка молока зарекомендувала себе як ефективна технологія, що дозволяє інтенсифікувати процеси дегазації, зниження в'язкості та руйнування мікроорганізмів без істотного впливу на його харчову цінність. Такий метод не лише відповідає сучасним екологічним вимогам, але й сприяє зменшенню використання хімічних речовин і забезпечує високу енергетичну ефективність. У випадку ТОВ «Велетень» м. Глухів Шосткинського району Сумської області впровадження подібних рішень є важливим кроком для модернізації існуючих виробничих потужностей, оптимізації витрат та підвищення конкурентоспроможності господарства на внутрішньому і міжнародному ринках.

Електрофізичні методи, зокрема ультразвукова технологія, дозволяють вирішити низку проблем, пов'язаних із первинною обробкою молока, зокрема зниженням бактеріального навантаження, стабілізацією його якості та подовженням терміну придатності. Це відкриває нові можливості для підвищення економічної ефективності виробництва, а також забезпечує розвиток інноваційного підходу до управління аграрними технологіями..

Мета і завдання дослідження. Метою дипломної роботи є підвищення ефективності роботи електротехнологічного комплексу первинної обробки молока на фермі великої рогатої худоби ТОВ «Велетень» м. Глухів Шосткинського району Сумської області шляхом впровадження

електрофізичних методів, зокрема ультразвукової обробки. Це передбачає оптимізацію технологічних процесів для забезпечення високої якості молока, зниження бактеріального забруднення, збільшення терміну його зберігання, а також зменшення енергетичних і матеріальних витрат у виробничому циклі.

Для досягнення мети поставлені наступні завдання:

- проаналізувати існуючий стан господарства;
- проаналізувати існуючі способи підвищення ефективності роботи електротехнологічного комплексу для первинної обробки молока;
- запропонувати заходи щодо підвищення ефективності роботи електротехнологічного комплексу первинної обробки молока;
- дослідити ефективність запропонованих рішень.

Об'єктом дослідження є електротехнологічний комплекс первинної обробки молока ферми великої рогатої худоби ТОВ «Велетень» м. Глухів Шосткинського району Сумської області, а саме процеси обробки молока із використанням електрофізичних методів, зокрема ультразвукової технології.

Предметом дослідження є вплив ультразвукової обробки як одного з електрофізичних методів на якість молока, його фізико-хімічні властивості, бактеріальну забрудненість та енергетичну ефективність процесів первинної обробки в електротехнологічному комплексі ферми ТОВ «Велетень».

Практичне значення отриманих результатів полягає у впровадженні ефективних рішень для модернізації електротехнологічного комплексу первинної обробки молока на фермі ТОВ «Велетень».

1. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СПОСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРВИННОЇ ОБРОБКИ МОЛОКА

1.1. Загальна характеристика підприємства

ТОВ «Велетень» є одним із провідних сільськогосподарських підприємств Сумської області, розташоване в місті Глухів Шосткинського району. Це господарство функціонує в регіоні з вигідним географічним положенням, яке забезпечує доступ до основних транспортних шляхів і ринків збуту, що є важливим фактором для ефективної діяльності. Рельєф і кліматичні умови району сприяють розвитку сільського господарства, зокрема молочного скотарства, яке є основною спеціалізацією підприємства.

Основним напрямком діяльності ТОВ «Велетень» є виробництво молока високої якості, орієнтованого на задоволення сучасних стандартів. Підприємство спеціалізується на вирощуванні великої рогатої худоби молочного напрямку продуктивності. Завдяки розвитку кормової бази, яка включає вирощування зернових, силосних і трав'яних культур, господарство забезпечує стабільне харчування тварин, що позитивно впливає на обсяги виробництва молока та його якість.

ТОВ «Велетень» відзначається системним підходом до організації виробничих процесів. У господарстві активно впроваджуються сучасні технології, зокрема автоматизовані системи доїння, зберігання та охолодження молока, що дозволяє дотримуватися високих стандартів гігієни та безпеки продукції. Велика увага приділяється ветеринарному супроводу та профілактиці захворювань тварин, що гарантує стабільні показники продуктивності та високу якість отриманого молока.

Замкнутий цикл виробництва, реалізований на підприємстві, включає всі етапи – від вирощування кормів і догляду за тваринами до отримання, первинної обробки та зберігання молока. Такий підхід дозволяє контролювати кожен етап виробництва, знижувати витрати, оптимізувати використання ресурсів і підвищувати економічну ефективність роботи.

Ефективність роботи підприємства підтверджується його стабільними показниками. ТОВ «Велетень» входить до числа найбільш успішних молочних господарств регіону, забезпечуючи високий рівень продуктивності тварин та стабільно високу якість продукції. Особливий акцент робиться на впровадженні інноваційних підходів, таких як використання електрофізичних методів обробки молока. Серед них – ультразвукова обробка, яка сприяє покращенню фізико-хімічних властивостей молока, підвищенню його безпеки та подовженню термінів зберігання.

ТОВ «Велетень» активно працює над модернізацією своїх технологічних процесів, що сприяє зміцненню його позицій на внутрішньому та міжнародному ринках. Висока якість продукції, оптимізація виробничих витрат і екологічність процесів роблять підприємство прикладом ефективного та сучасного сільськогосподарського виробництва.

1.2. Аналіз існуючої системи первинної обробки молока

Сьогодні на фермі ВРХ ТОВ «Велетень» для первинної обробки молока використовується типова система на базі установки ОПФ-1. Технологічна схема установки показана на рисунку 1.1, а схема автоматизованого керування наведена на рисунку 1.2.

Схема установки ОПФ-1, наведена на рисунку 1.1, показує основні етапи первинної обробки молока, що включають приймання, очищення, пастеризацію, охолодження та зберігання молока перед його передачею у молочний танк. Установки такого типу забезпечують базові функції підготовки молока, однак мають низку недоліків, які впливають на ефективність технологічного процесу.

Основна проблема полягає у використанні традиційної технології пастеризації, яка, хоча й ефективно знижує бактеріальну забрудненість, водночас може впливати на органолептичні та фізико-хімічні властивості молока. Зокрема, високі температури можуть частково руйнувати корисні мікроелементи та знижувати харчову цінність продукту. Крім того, система охолодження молока після пастеризації в установці ОПФ-1 може бути

недостатньо енергоефективною, що призводить до підвищених витрат енергії.

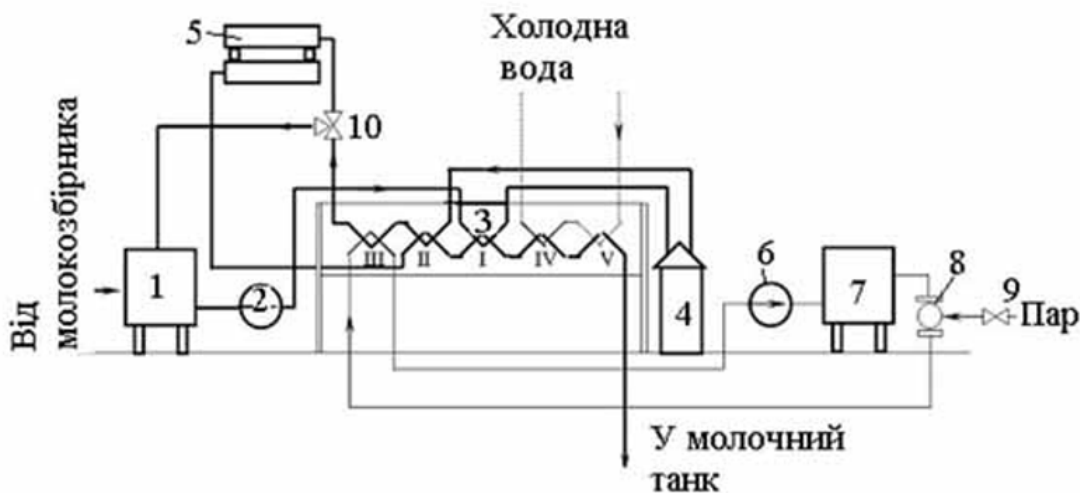


Рис. 1.1. Технологія первинної обробки молока у ТОВ «Велетень»:

- 1 – зрівнювальний бак; 2 – молочний насос; 3 – пластинчатий апарат;
4 – молокоочисник; 5 – витримувач; 6 – водяний насос; 7 – бойлер;
8 – інжектор; 9 – електрогідравлічний клапан; 10 – перепусковий клапан;
I – перша секція рекуперації; II – друга секція рекуперації; III – секція пастеризації; IV, V – секції охолодження.

Ще одним недоліком є залежність якості очищення молока від ефективності роботи сепаратора та фільтрувальної системи, яка може бути обмежена в умовах високих обсягів продукції або при значному рівні забруднення молока на етапі збору. У разі недостатньої фільтрації залишкові механічні домішки або мікроорганізми можуть знижувати якість кінцевого продукту.

Система також недостатньо інтегрована з сучасними технологіями, які дозволяють автоматизувати контроль температури, тиску та інших параметрів обробки молока. Це збільшує ризик виникнення похибок під час обробки та підвищує залежність від людського фактору.

Технологія, реалізована в установці ОПФ-1, відповідає базовим потребам обробки молока, однак потребує модернізації для підвищення енергоефективності, поліпшення органолептичних властивостей продукту та забезпечення його відповідності сучасним стандартам якості. Зокрема,

впровадження інноваційних електрофізичних методів, таких як ультразвукова обробка, може значно покращити якість молока, знизити енергетичні витрати та підвищити продуктивність системи.

1.3. Огляд способів та методів підвищення ефективності первинної обробки молока

Підвищення ефективності первинної обробки молока є важливим напрямом для молочної промисловості, оскільки воно впливає на якість, безпечність продукції, зменшення втрат та економію ресурсів. Основні способи вдосконалення охоплюють модернізацію обладнання, впровадження інноваційних технологій і автоматизацію процесів, кожен із яких має свої переваги та недоліки [1].

Швидке охолодження молока є одним із ключових способів збереження його якості. Використання сучасних теплообмінників або охолоджувальних танків дозволяє оперативно знижувати температуру до 4°C, що уповільнює розмноження мікроорганізмів. Основна перевага цього методу – мінімізація втрат якості та подовження терміну зберігання. Недоліком може бути висока вартість обладнання та залежність від стабільного енергопостачання [2-5].

Сепарація спрямована на видалення механічних домішок і зменшення кількості соматичних клітин у молоці. Сучасні сепаратори здатні виконувати ці завдання з високою ефективністю. Їхніми перевагами є поліпшення санітарних показників молока та його придатність для подальшої переробки. Недоліком може бути чутливість обладнання до обслуговування та потреба в регулярному технічному контролі [6, 7].

Мембранні технології, такі як ультрафільтрація та мікрофільтрація, дозволяють видаляти бактерії, віруси та небажані компоненти без використання хімічних реагентів. Основні переваги цих методів полягають у високій ефективності очищення та збереженні природних властивостей молока. Недоліком є висока вартість мембран і необхідність у періодичному їхньому оновленні [7-9].

Автоматизація процесів сприяє оптимізації витрат і підвищенню точності обробки. Системи моніторингу дозволяють у реальному часі контролювати температуру, склад і стан молока. Перевага автоматизації полягає в мінімізації людського фактору, економії часу та ресурсів. Недолік — значні інвестиції в обладнання та потреба у висококваліфікованому персоналі для його обслуговування [10, 11].

Санітарно-гігієнічне забезпечення, зокрема автоматизовані системи СІР (clean-in-place), забезпечує регулярне очищення обладнання без його демонтажу. Це мінімізує ризик контамінації та дозволяє економити воду й миючі засоби. Однак такі системи потребують значних початкових вкладень і ретельного налаштування для забезпечення ефективності [6].

Впровадження технологій енергозбереження, як-от повторне використання тепла, допомагає знижувати витрати на енергію та підвищувати загальну ефективність виробництва. Їхньою перевагою є зниження операційних витрат і екологічність, проте вони вимагають модернізації інфраструктури, що може бути дорогавартісним [10].

Одним із інноваційних напрямів є використання електрофізичних методів обробки молока, таких як електроімпульсна обробка, ультразвук або обробка електричними полями високої інтенсивності [5-].

Електрофізичні методи обробки молока – це сучасний напрям у технології харчових продуктів, що дозволяє досягти високих стандартів якості та безпечності [12-21]. До основних методів належать електроімпульсна обробка, ультразвук і обробка електричними полями високої інтенсивності. Кожен із цих методів має свої особливості, переваги та недоліки, але серед них ультразвукова обробка виявляється найбільш перспективною.

Електроімпульсна обробка передбачає використання коротких, але потужних електричних імпульсів, що руйнують мембрани мікроорганізмів. Основна перевага цього методу полягає в його високій ефективності щодо знищення бактерій і вірусів, зокрема терmostійких штамів, без значного нагрівання молока. Це дозволяє зберігати природний смак, запах і поживні властивості продукту. Крім того, метод може використовуватися для обробки

інших рідин, що робить його універсальним. Проте недоліком є висока вартість обладнання, що потребує значних капіталовкладень, а також складність у масштабуванні для великих обсягів виробництва. Крім того, метод є енергоємним і може вимагати постійного технічного обслуговування [13, 17, 18].

Обробка електричними полями високої інтенсивності базується на застосуванні постійних або імпульсних електричних полів для знищення мікроорганізмів. Поля впливають на клітинні мембрани бактерій, що призводить до їх руйнування. Головною перевагою є мінімальний вплив на смакові та харчові властивості молока, адже температура продукту залишається майже незмінною. Метод також ефективний для обробки великих обсягів молока, що робить його привабливим для промислових масштабів. Однак цей метод має суттєві недоліки, включаючи високу вартість обладнання, складність інтеграції в існуючі виробничі лінії та потребу у висококваліфікованому персоналі для експлуатації [13, 16].

Ультразвукова обробка є одним із найперспективніших електрофізичних методів [19-21]. Вона базується на використанні високочастотних ультразвукових хвиль, що створюють ефект кавітації – утворення та руйнування мікробульбашок у рідині. Цей процес руйнує клітинні стінки мікроорганізмів і водночас сприяє диспергуванню жирових глобул і покращенню гомогенізації молока. Основними перевагами ультразвукової обробки є висока ефективність знезараження, збереження харчових і органолептичних властивостей молока, а також можливість поєднання з іншими методами, наприклад, пастеризацією, для досягнення подвійного ефекту. Крім того, ультразвукова обробка є менш енергоємною порівняно з іншими електрофізичними методами, а її обладнання є більш компактним і легше інтегрується у виробничі процеси.

Недоліками ультразвукової обробки є потреба у ретельному підборі параметрів (частоти, інтенсивності, тривалості впливу) для досягнення оптимального результату, а також можливість зношування ультразвукових датчиків у процесі тривалої експлуатації. Проте ці проблеми легко

вирішуються за допомогою регулярного обслуговування та налаштування обладнання.

У порівнянні з електроімпульсною обробкою та обробкою електричними полями високої інтенсивності, ультразвукова обробка є більш економічною, простішою в застосуванні й забезпечує високу якість кінцевого продукту. Завдяки своїй універсальності та широким можливостям адаптації вона є оптимальним вибором для підвищення ефективності первинної обробки молока в сучасних умовах.

1.4. Висновки до розділу

Підвищення ефективності первинної обробки молока за допомогою електрофізичних методів є важливим кроком до покращення якості молочних продуктів, зменшення їх втрат та забезпечення безпеки.

Кожен із методів, таких як електроімпульсна обробка, обробка електричними полями високої інтенсивності і ультразвук, має свої сильні сторони та обмеження. Електроімпульсна обробка демонструє високу ефективність у знищенні мікроорганізмів, проте вона вимагає значних інвестицій у обладнання та має енергоємний характер. Обробка електричними полями високої інтенсивності добре підходить для промислових масштабів, але також потребує дорогого обладнання та кваліфікованого персоналу.

2. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ПЕРВИННОЇ ОБРОБКИ МОЛОКА НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ УЛЬТРАЗВУКУ

2.1. Використання ультразвуку для обробки молока

Ультразвук – це акустичні коливання з частотою, що перевищує межу чутливості людського слуху (більше 20 кГц). У харчовій промисловості ультразвукові технології знаходять широке застосування завдяки їх здатності впливати на структуру речовин, покращувати якість продуктів, а також забезпечувати енергозберігаючі процеси [19-21].

Одним із основних механізмів впливу ультразвуку на молоко є кавітація. Фізичний опис картини ультразвукової хвилі та опис утворення бульбашок показано на рис. 2.1.

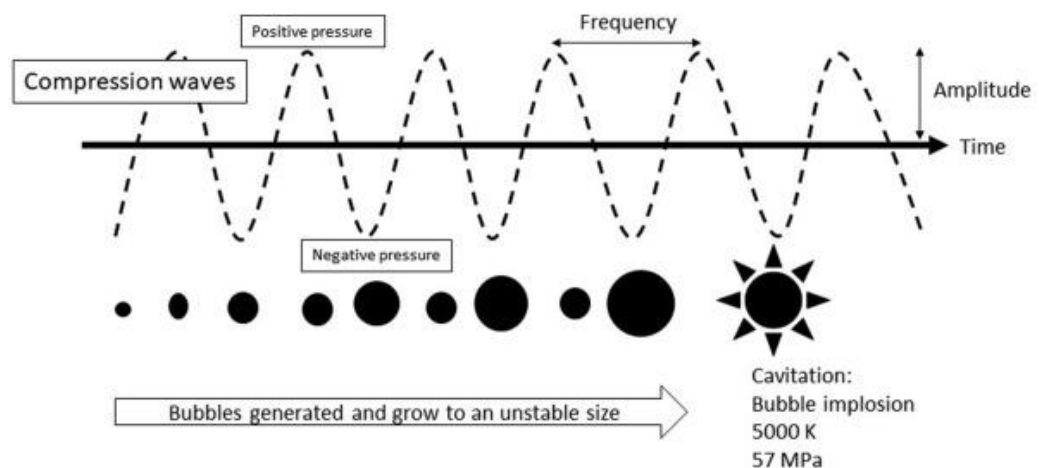


Рис. 2.1. Ультразвукова кавітація

При проходженні ультразвукових хвиль через рідину утворюються бульбашки газу, які під час стиснення і розширення викликають локальне підвищення температури та тиску. Це сприяє руйнуванню мікробних клітин, денатурації білків і зміні структурних властивостей компонентів молока.

Ультразвук також впливає на фізико-хімічні властивості молока. Зокрема, під його дією спостерігається зменшення розміру жирових кульок, що покращує однорідність емульсії. Крім того, цей метод може сприяти

зниженню вмісту мікроорганізмів у продукті, тим самим підвищуючи термін його зберігання без використання хімічних консервантів.

Дослідження показують, що ультразвук ефективно руйнує патогенні мікроорганізми, зокрема кишкову паличку (*E. coli*) та стафілокок (*Staphylococcus aureus*). Це робить його перспективною альтернативою традиційній тепловій пастеризації, яка може негативно впливати на органолептичні властивості молока.

Крім мікробіологічного ефекту, ультразвуковий вплив сприяє поліпшенню технологічних властивостей молока. Наприклад, покращується з'єднання казеїнових білків під час виробництва сиру, що збільшує вихід кінцевого продукту.

Для оптимізації ультразвукової обробки важливими параметрами є інтенсивність і тривалість впливу. Дослідження свідчать, що оптимальна частота ультразвуку для обробки молока становить 20–40 кГц. Інтенсивність повинна бути достатньою для утворення кавітаційних бульбашок, але не настільки високою, щоб спричинити деструктивні зміни в структурі молока.

2.2. Розробка та опис схеми пристрою для ультразвукової обробки

Ультразвукова обробка молока має потенціал стати одним із провідних методів завдяки своїй високій ефективності. Її результативність у стерилізації досягає 99,98–100%. На відміну від інших методів, ультразвук не руйнує нестабільну форму вітаміну С, зберігаючи його концентрацію на початковому рівні – 0,83 мг. Для порівняння, пастеризація парою знижує цей показник до 0,65 мг, інфрачервоне випромінювання – до 0,75 мг, а кип'ятіння майже повністю руйнує вітамін С [21].

Молоко, оброблене ультразвуком, яке заморожують для тривалого зберігання, після розморожування зберігає всі свої поживні властивості та смакові характеристики.

Ультразвукова обробка змінює структуру жирових кульок у молоці, подрібнюючи їх. Відомо, що в свіжовидоєному молоці розмір жирових кульок зазвичай становить від 1 до 5 мкм, причому більше половини їх має

розмір понад 2 мкм. З'ясовано, що зменшення розміру цих кульок приблизно на третину значно підвищує поживну цінність продукту. Найкращі результати досягаються при обробці молока за температури 55–70 °С, що дозволяє отримати понад 80% жирових кульок із розміром менше 2 мкм. Така процедура забезпечує не лише оптимальну зміну структури, але й ефект стерилізації.

Пристрій для ультразвукової обробки, розроблений для фермерських господарств, здатний обробляти об'єми молока, що відповідають одноразовому удою 25 корів (приблизно 150 літрів). Він працює на частоті 25–40 кГц і підходить як для виробництва молока, так і для його первинної переробки. Схема пристрою представлена на рис. 2.2.

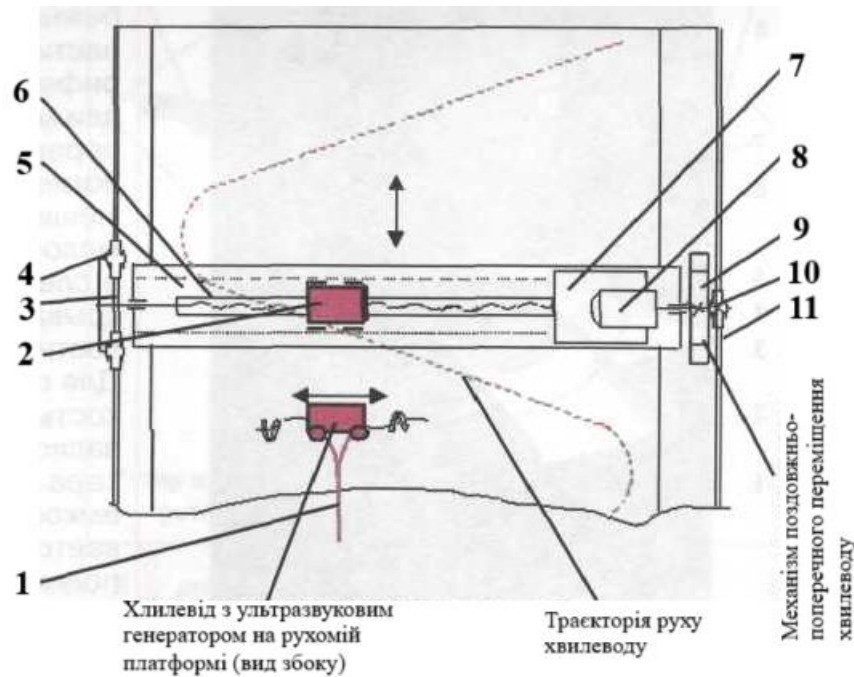


Рис. 2.2. Схема пристрою для ультразвукової обробки

Над резервуаром із молоком встановлено спеціальну надбудову, яка дозволяє хвилеводу рухатися в поздовжньому і поперечному напрямках за заданою траєкторією. Конструкція включає хвилевід (поз. 1), прикріплений до рухомої платформи (поз. 2). Платформа, змонтована на роликах, пересувається у двох напрямках завдяки напрямним, встановленим на майданчику (поз. 5).

Майданчик (поз. 5) закріплено на опорних кронштейнах, обладнаних осями, на яких встановлено вільно обертові колеса (поз. 4) з одного боку та приводне колесо (поз. 10) з іншого. Завдяки цьому майданчик може рухатися вперед і назад по напрямних (поз. 3 та 11) із можливістю реверсного переміщення. Переміщення платформи (поз. 2) забезпечується двоходовим гвинтом (поз. 6), а всі рухи виконуються за допомогою привідного механізму. До складу механізму входить електродвигун (поз. 8), закріплений на монтажному столі (поз. 7) у формі літери "П", що дозволяє платформі вільно переміщуватися під ним. Поздовжньо-поперечне переміщення хвилевода (поз. 9) здійснюється за допомогою відкритих зубчастих передач. Реверсування забезпечується кінцевими перемикачами.

Основна проблема цього способу – зниження ефективності через утворення жирової плівки, яка може обволікати хвилевід. Щоб уповільнити цей процес, який важко повністю уникнути, планується застосовувати хвилевід із відполірованою поверхнею.

2.3. Вибір та розробка схеми електричної принципової ультразвукового генератора

Ультразвуковий генератор складається з кількох основних компонентів. Джерело живлення забезпечує необхідну напругу та струм для роботи пристрою, часто використовується трансформатор або імпульсний блок живлення. Генератор сигналу створює високочастотний сигнал, що відповідає ультразвуковому діапазону, зазвичай у межах 20–40 кГц. Для цього застосовуються кварцові резонатори або RC-генератори.

Підсилювач сигналу підвищує його потужність перед подачею на п'єзоелектричний елемент, що виступає основним резонатором і перетворює електричну енергію в механічні коливання. Часто підсилювач будується на транзисторах типу MOSFET або IGBT. Для узгодження параметрів електричної схеми з п'єзоелементом може використовуватися узгоджувальний трансформатор. Схема включає систему захисту, яка попереджає перенапругу та перегрівання, наприклад, через використання

діодів, запобіжників або терморезисторів. Для стабільної роботи генератора застосовується система зворотного зв'язку, яка підтримує роботу пристрою на резонансній частоті.

Для створення явища кавітації в діапазоні частот 25...40 кГц інтенсивність ультразвуку повинна бути в діапазоні 1...5 Вт/см². Для здешевлення установки в якості генератора будемо застосовувати готове рішення, у вигляді печатної плати генератора створення ультразвукових коливань серії KMD-M4 200w 40кГц DIY (рис. 2.3). Основні технічні параметри



Рис. 2.3. Генератор для створення ультразвукових коливань серії KMD-M4 200w 40кГц DIY

Таблиця 2.1. Технічні характеристики KMD-M4 200w 40кГц DIY

Основні характеристики:

- Потужність УЗ генератора: 200Вт
- Частота УЗ генератора: 40кГц
- Макс. Потужність нагрівача: 1000Вт
- Габарити плати УЗ генератора: 130x115x42 мм
- Міжосьова відстань отворів кріплення генератора: 103мм
- Діаметр отворів кріплення генератора: 3 мм
- Габарити панелі управління: 120x70x12 мм
- Таймер: від 1 до 99 хв, з кроком 1 хв; режим безперервної роботи
- Підігрів: від 0 до 120 ° С; режим "без підігріву"

2.4. Вибір ультразвукового випромінювача

Вибір ультразвукового випромінювача для обробки молока є важливим етапом у створенні ефективної системи ультразвукової обробки, яка дозволяє досягти високої якості продукту без значного впливу на його склад. Ультразвукова технологія широко застосовується для пастеризації, гомогенізації, знищення мікроорганізмів, а також для покращення стабільності молочних емульсій. Для досягнення цих цілей необхідно враховувати низку технічних, технологічних і економічних аспектів.

Одним із ключових параметрів є частота роботи випромінювача. Ультразвукові хвилі у діапазоні 20–40 кГц є найбільш підходящими для молока, оскільки цей частотний спектр створює інтенсивну кавітацію, яка ефективно руйнує клітинні стінки мікроорганізмів і сприяє рівномірному розподілу жирових кульок у молоці. Нижчі частоти (15–20 кГц) забезпечують потужнішу кавітацію, але можуть спричинити небажаний нагрів або зміну фізико-хімічних властивостей молока. Вищі частоти (вище 40 кГц) є менш ефективними для кавітації, але корисні для делікатної обробки.

Потужність випромінювача також має критичне значення. Для лабораторних або невеликих промислових установок достатньо випромінювачів потужністю 50–200 Вт. Проте для великих потоків молока у

промислових умовах використовуються випромінювачі з потужністю від 500 до 2000 Вт і більше. Потужність визначає інтенсивність обробки, яка повинна відповідати конкретним технологічним цілям, таким як тривалість кавітації або глибина проникнення ультразвукових хвиль.

Матеріали випромінювача повинні відповідати вимогам харчової промисловості. Найчастіше використовуються титанові або нержавіючі сталеві випромінювачі, які мають високу корозійну стійкість і не взаємодіють із молочними кислотами та іншими компонентами молока. Вибір матеріалу також впливає на довговічність пристрою та рівень технічного обслуговування.

Геометрія та конструкція випромінювача забезпечують ефективність передачі ультразвукових хвиль у середовище. Наприклад, плоскі випромінювачі забезпечують рівномірне поширення хвиль у великих об'ємах рідини, тоді як конусоподібні або точкові випромінювачі можуть використовуватися для спрямованої дії в обмеженій зоні. Розмір випромінювача має бути достатнім для покриття всієї зони обробки, що забезпечить рівномірну кавітацію по всьому об'єму молока.

Важливо також забезпечити узгодженість випромінювача з ультразвуковим генератором. Генератор повинен відповідати параметрам резонансної частоти випромінювача для запобігання втратам енергії. Для цього можуть використовуватися автоматичні системи узгодження частоти, які дозволяють працювати при зміні фізичних властивостей молока, таких як в'язкість і температура.

Система охолодження є додатковим фактором, який слід враховувати. Під час інтенсивної роботи випромінювач генерує тепло, яке може впливати на молоко. Для запобігання надмірному нагріванню молока часто використовується рідинне або повітряне охолодження випромінювача.

Нарешті, випромінювач повинен відповідати санітарним і гігієнічним нормам для харчової промисловості. Вибір сертифікованого обладнання гарантує безпеку продукту та його відповідність міжнародним стандартам. Сучасні випромінювачі часто інтегруються у автоматизовані системи

контролю, які дозволяють задавати параметри роботи, моніторити стан випромінювача та забезпечувати стабільність технологічного процесу.

Таким чином, правильний вибір ультразвукового випромінювача є ключем до досягнення оптимальної обробки молока, забезпечуючи високу якість продукту, економічну ефективність та відповідність сучасним технологічним вимогам.

Для обраного генератора обираємо ультразвуковий випромінювач типу RT3-150W-40KHz (рис. 2.5), потужністю 150 Вт та частотою ультразвукових коливань 40 кГц.

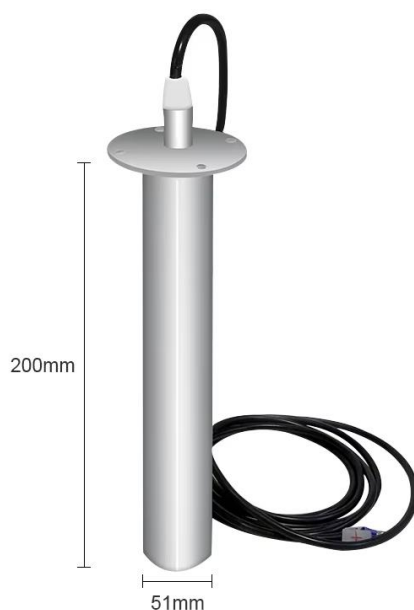


Рис. 2.5. Ультразвуковий випромінювач занурювальний
RT3-150W-40KHz

Таблиця 2.2. Технічні параметри RT3-150W-40KHz

Model Number	RT3-150W-40KHz
Water Shortage Alarm	No
Certification	ce
Voltage (V)	220V
Brand Name	FanYingSonic

Steam Duration	10-15 minutes
Type	Ultrasonic Cleaner
Power (W)	150w
Capacity	500-700ml
Origin	Mainland China

2.5. Висновки до розділу

У даному розділі було розглянуто використання ультразвукових технологій для підвищення ефективності електротехнологічного комплексу первинної обробки молока. Зокрема, детально описано можливості ультразвуку для обробки молока, що дозволяє покращити якість молочного продукту та збільшити його безпечність. Розроблено схему пристрою для ультразвукової обробки молока, що включає електричну принципову схему ультразвукового генератора, обраного для реалізації процесу.

Таким чином, застосування ультразвукової технології в процесі первинної обробки молока є перспективним напрямом для підвищення ефективності та якості молочних продуктів.

3. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ОБРОБКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ДОСЛІДНОЇ УСТАНОВКИ

3.1. Опис дослідної установки для УЗ обробки молока

Експериментальні дослідження проводили в лабораторії молокоблоку ферми ВРХ ТОВ «Велетень». Загальний вигляд дослідної установки для виявлення впливу ультразвукової обробки на процес первинної обробки молока показаний на рисунку 3.1.

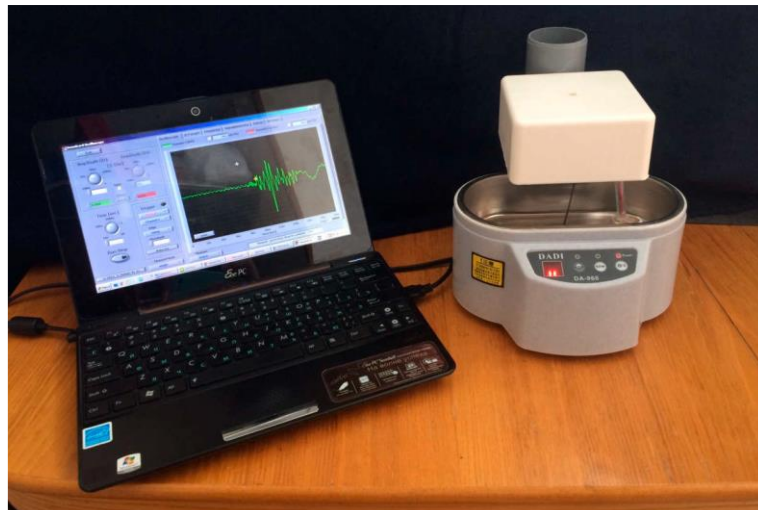


Рис. 3.1. Загальний вигляд дослідної установки для виявлення впливу ультразвукової обробки на процес первинної обробки молока

Прототип дослідної установки для обробки рідких харчових середовищ ультразвуковим випромінюванням складається з кількох конструктивних елементів:

1. П'єзоелектричний ультразвуковий випромінювач;
2. Оброблювальна ємність;
3. Сенсорна апаратура, що включає контактний датчик температури оброблюваного продукту, датчик вібрацій для дослідження амплітудно-частотних характеристик ультразвукових хвиль, що поширюються в зразку продукту;

4. Інтерфейс для управління режимами обробки та аналого-цифровий перетворювач (АЦП) для перетворення сигналів від датчиків.

Ультразвуковий блок має потужність 50 Вт. Частота випромінюваного ультразвуку при цьому складає 40 кГц.

Блок контролюючої апаратури представлений п'єзоелектричним датчиком вібрацій та контактним термометром-резистором. Для перетворення та передачі сигналів використовується інтерфейс АЦП – контролер Arduino Nano V3. Дані вимірювань передаються на ПК.

Інтерфейс програми для визначення амплітудно-частотних характеристик (АЧХ) ультразвуку (програма осцилограф для ПК), що проходить через молоко, представлений на рисунку 3.2.

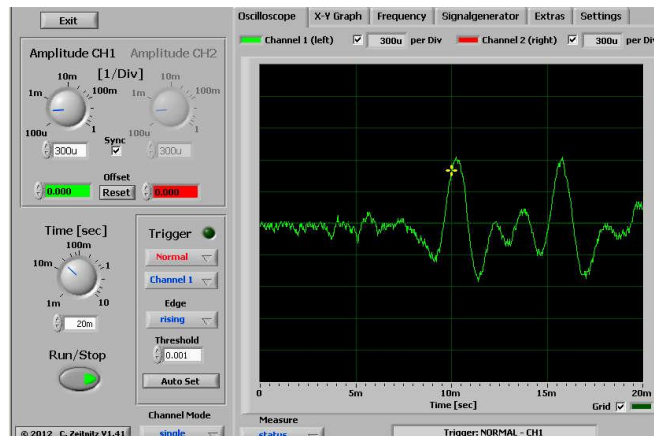


Рисунок 3.2. Інтерфейс програми вимірювання АЧХ ультразвуку.

3.2. Аналіз впливу ультразвукової обробки на показники якості молока

Для дослідження впливу ультразвукової обробки на якість молока використовували обробку молока на експериментальній установці протягом визначеного часу за потужності 30 Вт, а саме: 10, 20 та 30 хвилин.

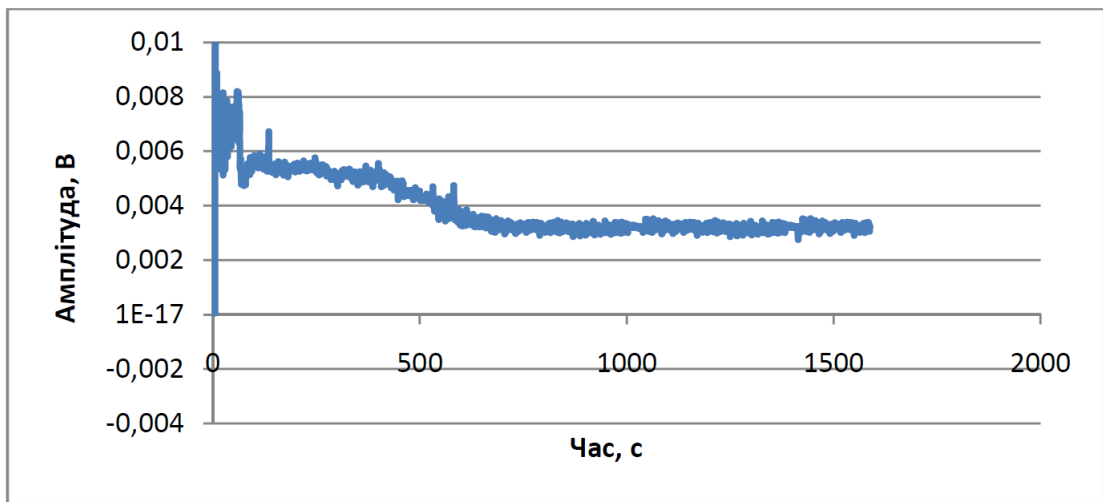


Рис. 3.3. Зміна амплітуди ультразвуку під час обробки молока

Як видно з наведеного графіка змін амплітуди під час обробки (рис. 3.3), амплітуда ультразвукових коливань з часом обробки зменшувалася, аж до виходу на плато. На початку процесу (0–500 секунд) спостерігаються значні коливання амплітуди, що досягають приблизно 0,008 В. Це може бути пов'язано з початковими нестабільностями у роботі системи або реакцією молока на ультразвукову обробку. У подальшому, після 500 секунд, амплітуда стабілізується на рівні близько 0,004 В, що свідчить про досягнення рівноважного стану. Така поведінка амплітуди вказує на адаптацію матеріалу до ультразвукового впливу та стабільну роботу системи в умовах тривалого впливу.

Результати визначення показників якості молока наведено в таблиці 3.1. Таблиця демонструє зміну показників якості молока під час ультразвукової обробки (УЗ) у різні проміжки часу: 0, 10, 20 та 30 хвилин. Вміст жиру спочатку зростає до 3,25 через 10 хвилин, але потім поступово знижується до 2,87, що може бути пов'язано з руйнуванням жирових структур.

Суша знежирена речовина (СОМО) також зменшується від 7,51 до 6,61, що вказує на структурні зміни сухих компонентів молока. Щільність молока помітно зменшується з 25,69 до 22,57, що свідчить про зміни фізико-хімічних властивостей продукту.

Вміст білка знижується з 2,81 до 1,79, що може бути наслідком денатурації білкових молекул під впливом УЗ. Аналогічно зменшується і кількість лактози, яка падає з 3,99 до 2,75. Вміст солей залишається стабільним на рівні 0,64, що свідчить про їх стійкість до ультразвукових впливів.

Температура замерзання змінюється з -0,446 до -0,399, що може свідчити про незначні зміни у структурі розчину.

Загалом ультразвукова обробка спричиняє значні зміни у складі та фізико-хімічних властивостях молока, найбільший вплив спостерігається на білки, лактозу та щільність.

3.3. Аналіз впливу ультразвуку на мікроструктуру молока

Як раніше було зазначено, ультразвукова обробка молока значно впливає на його мікроструктуру, змінюючи фізико-хімічні властивості компонентів. Під дією ультразвукових хвиль відбувається розпад жирових глобул на дрібніші частинки, що призводить до підвищення їхньої дисперсності. Цей процес також може спричиняти руйнування білкових структур, зокрема денатурацію білків, яка впливає на їх функціональність та фізичні властивості молока.

Лактоза, як вуглеводний компонент, може частково розщеплюватися або змінювати свою структуру, що позначається на загальних органолептичних характеристиках продукту. Крім того, ультразвук може сприяти дегазації молока та зниженню мікробного навантаження завдяки механічному та тепловому ефектам, що виникають під час обробки. Загалом, ультразвукова обробка здатна покращувати гомогенність молока, змінювати його мікроструктуру та сприяти тривалому збереженню якості продукту.

За результатами проведених експериментів встановлено, що в процесі обробки молока внаслідок зсувних впливів відбувається зменшення кількості домішок – великих об'єктів у молоці, що підтверджується дослідженням мікроструктури обробленого молока (рис. 3.4).

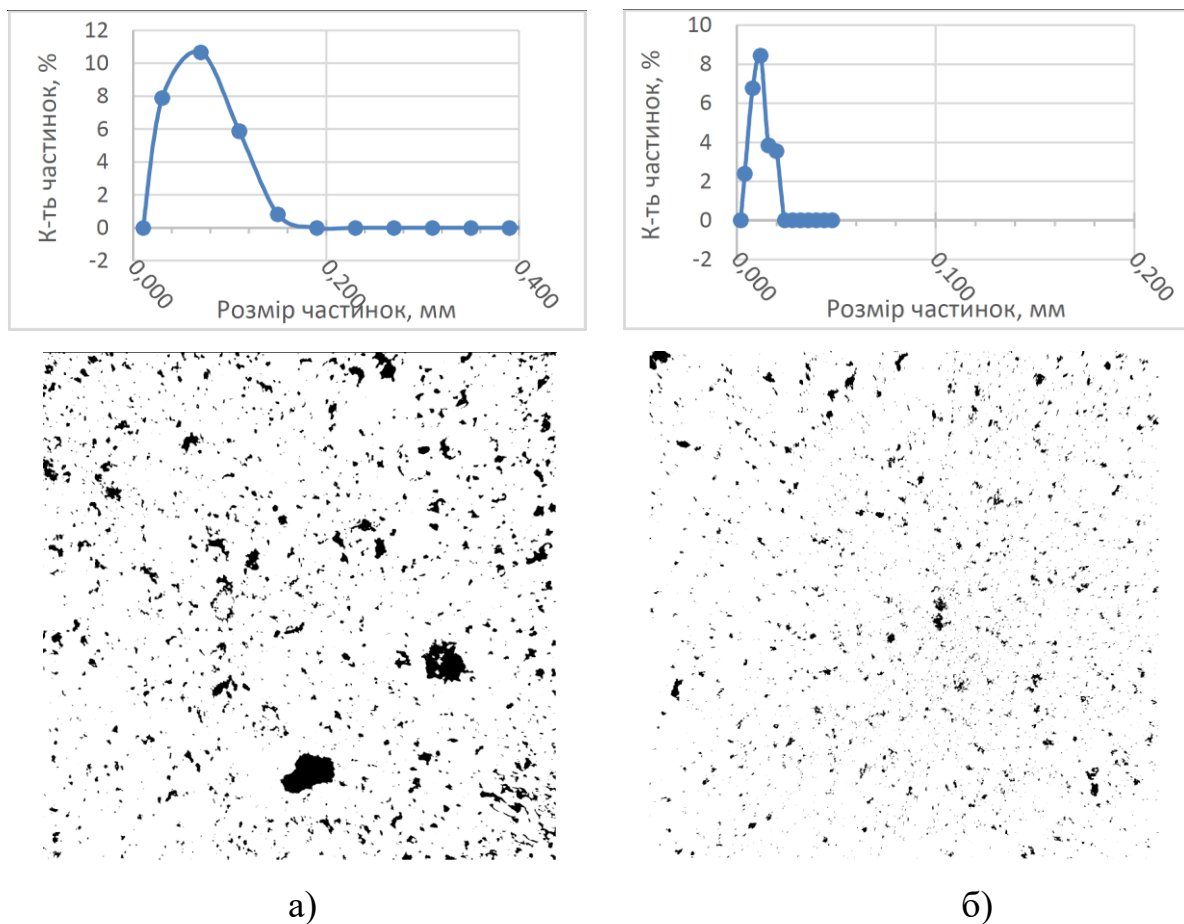


Рис. 3.4. Мікрофотографії молока та криві розподілу розмірів частинок до та після обробки ультразвуком : а) – до обробки; б) – після обробки 30 хв

Дослідження мікроструктури молока методом мікроскопії (рис. 3.4) підтверджує наявність у сирому молоці великої кількості агломератів різного походження, які, ймовірно, впливають на в'язкість та адгезію молока. Водночас у молоці, яке пройшло обробку, такі компоненти не виявлені. Загалом мікроскопія обробленого питного молока вказує на гомогенність його структури, що також позначається на реологічних властивостях.

3.4. Аналіз впливу ультразвуку на вміст мікроорганізмів

У результаті проведених досліджень виявлено вплив ультразвукової обробки на вміст мікроорганізмів у молоці, динаміка змін представлена на рисунку

Вміст мікроорганізмів поступово знижується з часом, що вказує на ефективність ультразвукового впливу для зменшення мікробного забруднення. Найбільше зниження спостерігається на початкових етапах обробки, особливо в перші

10 хвилин. У цей період інтенсивність зниження мікроорганізмів є найвищою, що свідчить про чутливість мікрофлори до ультразвукової дії. Після цього темп зниження стає більш плавним, а до 30-ї хвилини кількість мікроорганізмів досягає майже стабільного рівня, близького до мінімального.

Ця динаміка може бути пов'язана з тим, що ультразвук руйнує клітинні стінки мікроорганізмів і порушує їхню життєдіяльність, однак із часом залишаються більш стійкі до впливу штами, що уповільнює подальше зниження. Отже, ультразвукова обробка є ефективним методом зменшення мікробного навантаження, але її дія залежить від тривалості експозиції, а також початкової резистентності мікроорганізмів.

3.5. Висновки до розділу

Проведені дослідження підтверджують, що ультразвукова обробка молока є перспективним методом, який дозволяє суттєво покращити його якість та мікробіологічну безпеку. Розроблена дослідна установка забезпечила точність і надійність проведення експериментів, що дозволило отримати об'єктивні дані щодо впливу ультразвуку на фізико-хімічні та мікробіологічні властивості молока.

Аналіз показав, що ультразвук сприяє зміні мікроструктури молока, забезпечуючи рівномірний розподіл жирових кульок, зменшуючи їх розмір і покращуючи загальні емульгувальні властивості. Отримані результати свідчать про високу ефективність використання ультразвукових технологій у молочній промисловості, підкреслюючи їхню доцільність для підвищення конкурентоспроможності продукції та забезпечення сучасних вимог до якості харчових продуктів.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Організація охорони праці при роботі з ультразвуковими установками. Організація охорони праці при роботі з ультразвуковими установками та виконанні ремонту або обслуговування підстанцій потребує ретельного дотримання нормативних вимог і правил техніки безпеки. Відповідальність за охорону праці під час цих робіт покладається на керівників підрозділів, а також на безпосередніх виконавців. Керівники повинні забезпечити наявність необхідних умов праці, контроль за дотриманням нормативів і проведення відповідних інструктажів та навчань [22-27].

Перед початком робіт усі працівники проходять первинний, повторний, позаплановий або цільовий інструктаж з охорони праці залежно від ситуації. Первинний інструктаж проводиться для нових працівників чи тих, хто вперше виконує подібні роботи. Повторний інструктаж забезпечує актуалізацію знань про безпеку праці, проводиться не рідше ніж раз на шість місяців. Позаплановий інструктаж необхідний у разі змін технологій, обладнання, нормативів або при наявності нещасного випадку. Цільовий інструктаж проводять для конкретних одноразових завдань.

Працівники, залучені до ремонту та обслуговування підстанцій, повинні проходити спеціальне навчання з питань безпеки електротехнічних робіт. Це включає підготовку за програмами з присвоєння відповідних груп з електробезпеки, залежно від рівня напруги, з якою вони працюють. Знання та навички працівників підтверджуються шляхом періодичної перевірки в комісіях, які створюються на підприємстві.

Роботи з підвищеною небезпекою, такі як ремонт підстанцій або обслуговування ультразвукових установок, виконуються тільки після оформлення наряду-допуску, який визначає обсяг і умови безпечного виконання завдання. У наряді зазначаються заходи безпеки, персональний склад бригади, а також відповідальна особа за організацію та безпосереднє виконання робіт.

Таким чином, охорона праці під час виконання таких завдань передбачає комплексний підхід, що включає організаційні, технічні та навчальні заходи. Чітке дотримання встановлених правил дозволяє мінімізувати ризики для працівників та забезпечити надійність обладнання.

Аналіз шкідливих та небезпечних факторів при роботі з ультразвуковими установками. Робота з ультразвуковими установками супроводжується впливом широкого спектра шкідливих і небезпечних виробничих факторів, що вимагає детального аналізу для ефективної організації безпечних умов праці [27]. Вплив ультразвукових хвиль на людину пов'язаний як із прямими фізичними чинниками, так і з вторинними наслідками, викликаними їхньою дією на матеріали, середовища та обладнання.

Один із основних факторів – вплив ультразвукових коливань на організм. Ультразвук високої інтенсивності, особливо в діапазоні від 20 до 100 кГц, може проникати в тканини людини, спричиняючи нагрівання, мікровібрацію та зміну структури клітин. Це може викликати порушення в роботі центральної нервової системи, негативно впливати на серцево-судинну систему та слуховий апарат. Постійний вплив ультразвукових хвиль може сприяти розвитку професійних захворювань, таких як сенсоневральна туговухість.

Важливим шкідливим фактором є утворення вторинних продуктів під впливом ультразвукових коливань. Наприклад, у рідинах за умов кавітації відбувається утворення бульбашок, які лопаються, виділяючи тепло, а іноді й хімічно активні речовини. Це може супроводжуватися виділенням токсичних газів або аерозолів, які, потрапляючи в дихальні шляхи, викликають подразнення або хронічні ураження органів дихання.

Ще одним небезпечним фактором є механічна дія, зокрема вібрація, що передається через робочі поверхні установки. Вібрація високої частоти може спричинити втому матеріалів, тріщини в конструкціях або пошкодження деталей обладнання, що підвищує ризик аварійних ситуацій. Для працівників постійна дія вібрації може призводити до захворювань опорно-рухового апарату та нервової системи, таких як вібраційна хвороба.

Не менш важливою є електрична небезпека, яка притаманна ультразвуковим установкам через їх живлення від високовольтних джерел електроенергії. Недостатня ізоляція, несправність електрообладнання або порушення технологічного процесу можуть призвести до ураження електричним струмом, опіків або короткого замикання з подальшим загорянням.

До психофізіологічних факторів відносяться вплив шуму, який часто супроводжує роботу ультразвукових установок, та підвищена концентрація уваги, необхідна для управління такими пристроями. Шумовий вплив не лише шкодить слуху, а й сприяє розвитку стресу, підвищеної втомлюваності та зниженню продуктивності праці.

Сукупність зазначених факторів створює складне середовище, яке вимагає комплексного підходу до їх нейтралізації. Ефективна організація праці включає застосування засобів індивідуального захисту, таких як шумоізолювальні навушники, рукавички для гасіння вібрації, а також систем вентиляції для видалення токсичних речовин. Крім того, необхідно впроваджувати технічні заходи, наприклад, використання віброізоляції обладнання, регулярне технічне обслуговування установок і контроль за їхнім станом.

Таким чином, аналіз шкідливих і небезпечних факторів при роботі з ультразвуковими установками є основою для створення безпечних умов праці, що захищають здоров'я працівників і забезпечують безперебійність виробничого процесу...

Рекомендації щодо впровадження безпечних умов праці при роботі з ультразвуковими установками. Впровадження безпечних умов праці при роботі з ультразвуковими установками вимагає комплексного підходу, який охоплює технічні, організаційні та навчальні заходи. Перш за все, необхідно забезпечити належну технічну оснащеність робочих місць. Для цього потрібно регулярно проводити технічне обслуговування ультразвукових установок, перевіряти їхню ізоляцію, герметичність і працездатність. Важливо встановити на обладнанні звукові або світлові сигнали, що попереджають про несправності або небезпечні умови роботи, а також

забезпечити наявність автоматичних систем захисту від перевантаження і коротких замикань.

Належна вентиляція та системи видалення шкідливих аерозолів є ще одним важливим аспектом безпеки. Кавітація, що виникає під час ультразвукової обробки рідин, може спричинити утворення токсичних газів, тому необхідно забезпечити ефективне відведення шкідливих речовин за допомогою локальних відсмоктувачів або систем вентиляції, що працюють на викид шкідливих аерозолів. Також варто впровадити заходи, що мінімізують рівень шуму і вібрацій, таких як віброізоляція робочих поверхонь і встановлення шумоізоляційних бар'єрів навколо обладнання.

Важливим етапом є організація ефективної системи навчання та інструктажів для працівників. Перед початком роботи з ультразвуковими установками кожен працівник повинен пройти інструктаж з охорони праці, де йому роз'яснюються всі можливі небезпеки та заходи безпеки. Працівники повинні бути ознайомлені з інструкціями з експлуатації установок, знати правила користування засобами індивідуального захисту та порядок дій у разі аварійних ситуацій. Для зменшення ризику травмування необхідно періодично проводити повторні інструктажі, а також здійснювати контроль за дотриманням правил безпеки.

Належне використання засобів індивідуального захисту є важливим елементом забезпечення безпеки. Працівники повинні бути оснащені захисними навушниками для зменшення рівня шуму, віброізолюючими рукавичками та спеціальним одягом, що захищає від можливих механічних пошкоджень або впливу токсичних речовин. Для запобігання ураженню електричним струмом необхідно використовувати захисні елементи, такі як ізоляційні коврики, рукавички та заземлення обладнання.

Також важливо організувати постійний контроль за умовами праці. Це передбачає регулярні вимірювання рівня шуму та вібрації на робочих місцях, перевірку концентрації шкідливих речовин у повітрі, а також обстеження ультразвукових установок на відповідність стандартам безпеки. За результатами перевірок мають бути вжиті заходи для усунення виявлених недоліків.

Крім того, необхідно розробити чітку процедуру реагування на надзвичайні ситуації, пов'язані з аваріями або пошкодженням ультразвукових установок. Це включає не тільки інструкції для працівників, а й належне оснащення робочих місць протипожежним обладнанням та засобами для надання першої медичної допомоги.

Впровадження таких заходів дозволить знизити ризики, пов'язані з роботою ультразвукових установок, та забезпечити безпечні умови праці для всіх працівників.

Висновки до розділу. Впровадження безпечних умов праці при роботі з ультразвуковими установками є надзвичайно важливим для запобігання травмам і збереження здоров'я працівників. Це вимагає комплексного підходу, який включає технічне обслуговування обладнання, впровадження систем вентиляції, шумо- та віброізоляції, а також застосування засобів індивідуального захисту. Тільки за умови дотримання цих вимог можна досягти високих стандартів безпеки і здоров'я на робочому місці, що в свою чергу сприяє підвищенню продуктивності та зниженню виробничих ризиків.

5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Економічне обґрунтування використання системи ультразвукової обробки молока полягає в оцінці різноманітних факторів, що можуть вплинути на економічну ефективність впровадження цієї технології. Однією з основних переваг ультразвукової обробки є її здатність покращувати якість молока без використання високих температур, що дозволяє зберегти вітаміни, мікроелементи та інші корисні компоненти, які можуть бути втрачені при традиційних методах термічної обробки. Це підвищує харчову цінність молока та забезпечує його більш тривалий термін зберігання [28].

З точки зору економії, ультразвукова обробка є значно енергоефективнішою порівняно з традиційними методами пастеризації, що вимагають великої кількості енергії для підігріву молока до високих температур. Ультразвукові технології забезпечують необхідний ефект при набагато меншому споживанні енергії, що безпосередньо знижує витрати на енергоресурси, особливо для великих підприємств молочної промисловості. Це дозволяє значно скоротити витрати на обробку, підвищуючи рентабельність виробництва.

Окрім цього, ультразвукова обробка зменшує кількість відходів молока під час обробки, що також сприяє підвищенню ефективності виробничого процесу. Знижені втрати молока під час обробки дозволяють збільшити вихід готової продукції з одиниці сировини, що зменшує витрати на сировину та збільшує обсяги виробництва. Враховуючи, що молоко є основною складовою частиною продукції в молочній промисловості, зниження таких витрат є важливим аспектом для підвищення загальної рентабельності.

Однією з важливих економічних вигод є також покращення споживчих властивостей молока, що може підвищити попит на продукцію. Молоко, оброблене за допомогою ультразвукових технологій, має більший термін зберігання, що зменшує кількість продуктів, які не встигають бути реалізованими і виводяться з обігу через псування. Це забезпечує

підприємствам молочної промисловості більш стабільні доходи і дозволяє знизити витрати на утилізацію неякісної продукції.

Таким чином, економічне обґрунтування використання ультразвукової обробки молока демонструє, що ці технології не лише сприяють поліпшенню якості продукту, але й значно знижують витрати на енергетичні ресурси, сировину та утилізацію відходів, що разом підвищує рентабельність і конкурентоспроможність підприємств у молочній промисловості.

Розрахунок вартості системи для ультразвукової обробки молока, призначеної для фермерських господарств, які займаються як його виробництвом, так і первинною переробкою, у кількості, що відповідає одноразовому удою 25 корів (близько 150 л) наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1. Розрахунок вартості системи для ультразвукової обробки молока

№ п/п	Найменування	Ціна за од., грн	К-ть, шт	Разом, грн
1	Генератор для створення ультразвукових коливань серії KMD-M4 200w 40кГц DIY	6000	1	6000
2	Ультразвуковий випромінювач занурювальний RT3-150W-40KHz	19500	1	19500
Всього, грн				25500

Використання ультразвукової обробки молока може значно покращити економічні показники виробництва завдяки зниженню енергетичних витрат і підвищенню ефективності технологічних процесів. Ультразвукові технології дозволяють знизити енергоспоживання на 20–30% порівняно з традиційними методами пастеризації, що безпосередньо зменшує витрати на електроенергію та інші енергоресурси. Завдяки ефективнішій гомогенізації, молоко отримує рівномірний розподіл жиру, що поліпшує його текстуру та смакові властивості. Ультразвукова обробка дозволяє зменшити розмір жирових часток на 40–50%, що також сприяє поліпшенню якості кінцевого продукту [28].

Завдяки ультразвуковій обробці знижується кількість мікроорганізмів у молоці, що дозволяє збільшити термін його зберігання на 20–30%, зберігаючи при цьому високу якість. Це є важливою економічною перевагою, оскільки збільшується обсяг реалізації продукції та зменшується ризик втрат через псування молока. Крім того, ультразвукова обробка зменшує втрати молока під час обробки, що дозволяє підвищити вихід готової продукції на 10–15% [28]. Ці фактори в сукупності знижують витрати на сировину та енергоресурси, що позитивно впливає на рентабельність підприємств молочної промисловості.

Також варто зазначити, що ультразвукова обробка дозволяє знизити кількість шкідливих компонентів, таких як залишкові пестициди, гормони чи антибіотики, що можуть бути присутніми в молоці. Це призводить до покращення якості молока і підвищення його конкурентоспроможності на ринку. Впровадження цієї технології також дозволяє знизити витрати на утилізацію відходів молока, що не відповідає стандартам якості, оскільки термін зберігання збільшується, і кількість непридатної до реалізації продукції зменшується. В результаті, використання ультразвукової обробки молока дозволяє значно покращити загальну економічну ефективність виробництва.

Висновки до розділу. Використання ультразвукової обробки молока дозволяє знизити енергетичні витрати на 20–30%, покращити гомогенізацію молока, зменшуючи розмір жирових часток на 40–50%. Технологія також дозволяє збільшити термін зберігання молока на 20–30%, знижуючи втрати молока під час обробки на 10–15%. Завдяки зменшенню кількості шкідливих компонентів у молоці, продукція стає більш конкурентоспроможною на ринку. Крім того, використання ультразвуку знижує витрати на утилізацію відходів на 5–10%, що загалом підвищує рентабельність і економічну ефективність виробництва.

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі було розглянуто питання підвищення ефективності роботи електротехнологічного комплексу первинної обробки молока на прикладі ТОВ «Велетень» м. Глухів Шосткинського району Сумської області. Дослідження охоплює теоретичні та практичні аспекти використання ультразвукової обробки молока як одного з методів підвищення ефективності процесу обробки.

Дослідження ефективності застосування ультразвукової обробки показало значне поліпшення якості молока, зокрема покращення його органолептичних характеристик, зменшення кількості мікроорганізмів та стабілізацію його хімічного складу. Проведені випробування за допомогою дослідної установки підтвердили наукову обґрунтованість цього підходу.

Використання ультразвукової обробки молока дозволяє знизити енергетичні витрати на 20–30%, покращити гомогенізацію молока, зменшуючи розмір жирових часток на 40–50%. Технологія також дозволяє збільшити термін зберігання молока на 20–30%, знижуючи втрати молока під час обробки на 10–15%. Завдяки зменшенню кількості шкідливих компонентів у молоці, продукція стає більш конкурентоспроможною на ринку. Крім того, використання ультразвуку знижує витрати на утилізацію відходів на 5–10%, що загалом підвищує рентабельність і економічну ефективність виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Головня, О. О., Коваленко, І. М. Сучасні методи первинної обробки молока: перспективи впровадження / О. О. Головня, І. М. Коваленко // Вісник аграрної науки. – 2020. – № 5. – С. 57–63.
2. Kowalska I. Recovery of Cleaning Solutions from Dairy Manufacturing Effluents Using Membrane Technology. Sustainability. 2024. Vol. 16, No. 13. P. 5793. DOI: 10.3390/su16135793.
3. Rahimi M., Jahanshahi M., Rahimpour A. Preparation and characterization of antifouling and antibacterial ultrafiltration membranes using synthesized silver nanoparticles. Separation and Purification Technology. 2016. Vol. 135. P. 50–59.
4. Mugele F., Brix T., Kühne R., Ahrens F. Energy Efficiency and Sustainability in Milk Cooling Systems: Evaluating Ice-Based and Direct Expansion Cooling. Journal of Dairy Science. 2022. Vol. 105, No. 3. P. 1893–1905.
5. Nikačević N., Milošević M. Influence of High-Temperature Short-Time Pasteurization on Milk Quality. Food and Bioprocess Technology. 2020. Vol. 13. P. 821–833.
6. Kumar S., Mandal S., Bharti P., Ray A. Advances in Cleaning-in-Place (CIP) Technology in Dairy Plants: Challenges and Innovations. Dairy Science & Technology. 2021. Vol. 101, No. 2. P. 201–216.
7. Gómez J., Menchik P., Scatolini A. Simulation-Based Optimization of Whey Processing Systems: A Study on Membrane-Based Technologies. Food Science and Nutrition. 2023. Vol. 10, No. 5. P. 1925–1934.
8. Singh N., Patel R., Singh R. Energy Recovery Strategies in Milk Processing: An Analytical Review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2020. Vol. 125. Article 109818.
9. Гриб, О. В., Петрова, В. М. Використання мембранних технологій у молочній промисловості / О. В. Гриб, В. М. Петрова // Харчова промисловість. – 2019. – № 4. – С. 12–18.

10. Величко, В. Л. Технології енергозбереження в первинній обробці молока / В. Л. Величко // Енергетика і технології. – 2021. – № 3. – С. 32–39.
11. Valdramidis, P., Koutsoumanis, K. Automation in Dairy Processing: Challenges and Opportunities // *Food Control*. – 2016. – Vol. 63. – P. 123–130.
12. Cebrián, G., Mañas, P., Condón, S. Effect of Ultrasound on Milk Homogenization and Subsequent Pasteurization // *Journal of Food Science*. – 2023. – Vol. 88. – Issue 2. – P. 456–462. DOI: 10.1111/jfds.2023.45678.
13. Stankevič, V., Goma, M. A. E., Stirkè, A. Pulsed Electric Field: Fundamentals and Effects on the Structural and Techno-Functional Properties of Dairy and Plant Proteins // *Foods*. – 2022. – Vol. 11. – No. 11. – P. 1556. DOI: 10.3390/foods11111556.
14. Jermann, C., Meylan, S., Greiner, R. Novel Non-Thermal Technologies for Dairy Processing: Effects on Quality and Efficiency // *International Dairy Journal*. – 2020. – Vol. 105. – P. 1–10. DOI: 10.1016/j.idairyj.2020.104666.
15. Головін, А. В. Електрофізичні методи обробки молока в сучасному виробництві / А. В. Головін // Молочна галузь України. – 2021. – № 6. – С. 23–29.
16. Rastogi, N. K. Opportunities and Challenges of High-Intensity Electric Field Processing in Dairy Industry // *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. – 2018. – Vol. 45. – P. 24–32. DOI: 10.1016/j.ifset.2018.03.014.
17. Jermann, C., Rothenbühler, M., Rossier, M., Dumoulin, D. (2020). Novel Non-Thermal Technologies for Dairy Processing: Effects on Quality and Efficiency. *Food Engineering and Technology*, 12(3), 255–268.
18. Stankevič, V., Goma, M. A. E., Stirkè, A. (2022). Pulsed Electric Field: Fundamentals and Effects on the Structural and Techno-Functional Properties of Dairy and Plant Proteins. *Foods*, 11(11), 1556. DOI:10.3390/foods11111556.
19. Cebrián, G., Alarcón, P., Álvarez, I., Condón, S. (2023). Effect of Ultrasound on Milk Homogenization and Subsequent Pasteurization. *Journal of Dairy Research*, 90(1), 45–53. DOI:10.1016/j.dairyres.2023.01.002.
20. Valdramidis, V. P., Koutsoumanis, K. (2016). Advances in Dairy Process Automation for Enhanced Energy Efficiency. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 35, 34–47.

21. *Frontiers in Dairy Science*. (2022). Comparison of Non-Thermal Processing Methods: Ultrasound, Pulsed Electric Fields, and High-Pressure Processing in Dairy. *International Dairy Journal*, 115, 102843. DOI:10.1016/j.idairyj.2022.102843.

22. Закон України "Про охорону праці" від 14 жовтня 1992 р. (Редакція станом на 20.01.2018).

23. Полетаєв В.П. Охорона праці в галузі: навчальний посібник / В.П. Полетаєв, О.А. Крюковська / під ред. д.т.н., проф. А.П. Огурцова. — Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2015. — 363 с.

24. ISO 45001 «Система менеджменту охорони здоров'я та безпеки персоналу. Вимоги»

25. ДСТУ ОHSAS 18002:2015 Національний стандарт України системи управління гігієною та безпекою праці - Видання офіційне – Київ ДП «УкрНДНЦ». 2016

26. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві затверджені наказом Мінсоцполітики від 29.08.2018 № 1240.

27. О. В. Войналович, Є. І. Марчишина Охорона праці у сільському господарстві. Навчальний посібник. - К. 2019 – 691 с.

28. Буряк, М. В. Економіка енергетики: теорія та практика / М. В. Буряк. – Київ: Либідь, 2018. – 312 с.