

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

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

Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
Сергій БЛАЖЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

«__» _____ 20__ р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
Микола ЯКИМЧУК
(підпис) (ім'я та прізвище)

«__» _____ 20__ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності _____ 133 «Галузеве машинобудування»
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових виробництв

на тему Інтенсифікація процесу пастеризації молока та
удосконалення обладнання з робочим об'ємом 1500 л

Виконав: здобувач ІІ курсу, групи ОХ-2-4М
Брижань Михайло Олексійович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Люлька Дмитро Миколайович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти _____
(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Рецензент

(ім'я та прізвище)

(підпис)

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

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2024 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С.Гулого
Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій
проектування

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва)

Освітня програма «Інжиніринг харчових виробництв»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТОКТП

_____ Микола ЯКИМЧУК

« ____ » _____ 20 __р.

З А В Д А Н Н Я **НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

_____ Брижаня Михайла Олексійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Інтенсифікація процесу пастеризації молока та
удосконалення обладнання з робочим об'ємом 1500 л

керівник проекту (роботи) Люлька Дмитро Миколайович, доц., д.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 01 » 10 2024 р. №
859 -кс

2. Строк подання здобувачем роботи 30.11.2024р.

3. Вихідні дані до роботи 1. Технічний паспорт обладнання.

2. Альбом галузевого обладнання. 3. Навчальна та спеціальна література

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
Реферат; Зміст; Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і
термінів (за необхідністю); Вступ; Аналіз сучасного стану об'єкта
дослідження, вибір і обґрунтування основного напрямку дослідження;
Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження; Дослідна частина
та узагальнення результатів; Розрахункова частина; Принципи
автоматизованого управління об'єктом проектування; Заходи з охорони
праці та охорони довкілля; Маркетингове обґрунтування проекту; Висновки;
Список використаних джерел; Додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Загальний вигляд обладнання – 1 аркуш; Деталі та вузли обладнання – 1 аркуш; Схема автоматизації – 1 аркуш; Технологічна карта збирання вузла – 1 аркуш, Наукова частина – 6 аркушів.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: 01.10.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	<i>Вступ</i>	10.10.2024 р.	
2	<i>Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування основного напрямку дослідження</i>	15.10.2024 р.	
3	<i>Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження</i>	25.10.2024 р.	
4	<i>Дослідна частина та узагальнення результатів</i>	10.11.2024 р.	
5	<i>Розрахункова частина</i>	15.11.2024 р.	
6	<i>Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування</i>	15.11.2024 р.	
7	<i>Заходи з охорони праці та охорони довкілля</i>	20.11.2024 р.	
8	<i>Маркетингове обґрунтування проекту</i>	22.11.2024 р.	
9	<i>Висновки</i>	23.11.2024 р.	
10	<i>Список використаних джерел</i>	25.11.2024 р.	
11	<i>Додатки</i>	28.11.2024 р.	
12	<i>Графічна частина формату А1 – 10 шт.</i>	30.11.2024 р.	
13	<i>Подача кваліфікаційної роботи на кафедру</i>	30.11.2024 р.	

Здобувач

_____ (підпис)

Михайло Брижань
(ім'я та прізвище)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Дмитро Люлька
(ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

Магістерська робота на тему «Інтенсифікація процесу пастеризації молока та удосконалення обладнання з робочим об'ємом 1500 л».

В магістерській роботі проведено аналіз існуючих конструкцій ємнісних пастеризаторів, висвітлено актуальні проблеми промислової пастеризації молока коров'ячого та шляхи їх вирішення.

Метою дослідження є підвищення ефективності пастеризації молока шляхом конструктивного удосконалення обладнання.

Об'єктом дослідження є ємнісний пастеризатор періодичної дії.

Предметом дослідження є конструктивне удосконалення обладнання з обґрунтуванням доцільності його використання на підприємствах молочної промисловості.

Запропоновано нову конструкцію ємнісного пастеризатора періодичної дії. В роботі проведено техніко-економічні та теплові розрахунки, відкрито питання охорони праці на підприємствах молочної промисловості, а також інструкції щодо монтажу та обслуговуванню розробленого ємнісного пастеризатора.

Пояснювальна записка містить аркушів формату А4, ... графіків, ... таблиць та рисунків. У додатках наведено

Графічна частина магістерської роботи складається з 10 аркушів формату А1.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Лопська Д.М.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Брижань М.О.	Назва, додаткова назва Реферат		230616.MP.09.000.ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.			Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/2

ABSTRACT

Master's thesis on the topic "Intensification of the process of pasteurization of milk and improvement of equipment with a working volume of 1500 liters."

In the master's work, an analysis of existing designs of container pasteurizers was carried out, current problems of industrial pasteurization of cow's milk and ways to solve them were highlighted.

The aim of the research is to increase the efficiency of pasteurization of milk by constructive improvement of the equipment.

The object of the study is a batch pasteurizer.

The subject of the research is the constructive improvement of the equipment with justification of the expediency of its use at the enterprises of the dairy industry.

A new design of a batch pasteurizer is proposed. In the work, technical and economic and thermal calculations were carried out, the issue of labor protection at the enterprises of the dairy industry was opened, as well as instructions for the installation and maintenance of the developed capacity pasteurizer.

ЗМІСТ

Сторінки

ВСТУП.....	
1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ, ВИБІР І ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНОГО НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	
1.1. Огляд літературних джерел, аналіз прогресивних конструкційних рішень.....	
1.2. Обґрунтування актуальності дослідження, формулювання мети та завдання дослідження.....	
2. РОЗРОБКА НОВОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	
2.1. Розробка і опис нового технічного рішення, устрій та принцип його роботи.....	
2.2. Вибір математичної моделі об'єкта дослідження.....	
3. ДОСЛІДНА ЧАСТИНА ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ	
4. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	
4.1. Розрахунок продуктивності модернізованого обладнання.....	
4.2. Конструкційний розрахунок.....	
4.3. Тепловий розрахунок.....	
4.4. Розрахунок основних параметрів перемішування для інтенсифікації теплообміну.....	
4.5. Правила монтажу та технічного сервісу модернізованого обладнання.....	
5. ПРИНЦИПИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТОМ ПРОЕКТУВАННЯ.....	
6. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ.....	
7. МАРКЕТИНГОВЕ ОБґРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ.....	
ВИСНОВКИ.....	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	
ДОДАТКИ.....	

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Лялька Д.М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Брижань М.О.	Назва, додаткова назва Зміст	230616.MP.09.000.ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/1

ВСТУП

Коров'яче молоко є найбільш розповсюдженим видом молока тварин. В 2017 році обсяг виробництва молока в Україні склав 10,3 млн.тонн. Питне молоко характеризується високими поживними властивостями, які визначаються його хімічним складом, засвоюваністю, енергетичною цінністю, органолептичними показниками, використанням. Харчова і біологічна цінність цього продукту обумовлена наявністю в ньому білків, жирів і жироподібних речовин, молочного цукру, мінеральних солей, вітамінів, ферментів, а також інших фізіологічно активних речовин.

Однак, сире молоко є високопоживним середовищем для розвитку мікроорганізмів і, внаслідок їх життєдіяльності, зазнає швидкого бактеріального та ферментативного псування та стає небезпечним для вживання. Тому основне завдання для молочної промисловості – це максимальне збереження всіх цінних природних якостей сировини та отримання повноцінних продуктів із заданими властивостями.

Для досягнення цієї мети використовується теплова обробка (нагрівання та витримка за певної температури) – обов'язкова та найважливіша технологічна операція у виробництві молочних продуктів. Теплову обробку проводять з метою знешкодження молочної суміші у мікробіологічному відношенні та, у поєднанні з охолодженням, запобігання його псуванню під час зберігання. В молочній промисловості широко використовуються два основні види теплової обробки вихідної сировини (молока, вершків) нагріванням – пастеризація та стерилізація.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Лопська Д.М.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Брижань М.О.	Назва, додаткова назва Вступ	230616.MP.09.000.ПЗ				
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/2	

зниженню загальної кількості мікроорганізмів, що знаходяться в молоці, але й сприяють формуванню в готових виробах відповідних, характерних для них властивостей (смак, запах, консистенція).

Основні завдання при проведенні пастеризації наступні:

- знищення технічно-шкідливої та патогенної вегетативної мікрофлори та отримання продукту, безпечного для споживача в санітарно-гігієнічному відношенні;
- максимально можливе зниження (або знищення) загальної кількості бактеріальних мікроорганізмів;
- руйнування ферментів сирого молока, котрі призводять до псування готового продукту та зниження їх термінів зберігання;
- направлена зміна фізико-хімічних та органолептичних характеристик молока;
- створення оптимальних температурних умов для проведення подальших технологічних операцій.

Режими теплової обробки молока значно різняться при виготовленні різних видів молочних продуктів в залежності від технології виробництва.

Якість готового продукту в значній мірі залежить від дотримання під час його виробництва оптимальних режимів теплової обробки вихідної сировини. Саме правильно визначені та дотримані режими пастеризації сприяють не тільки знищенню хвороботворних бактерій та різкому

1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ, ВИБІР І ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНОГО НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Питне молоко і молочні продукти займають важливе місце в раціоні людини. Вони забезпечують організм білками, вуглеводами, мінеральними речовинами і вітамінами [3].

Сучасні технології пастеризованого молока базуються на багаторічних дослідженнях вітчизняних, зарубіжних вчених, а також досвід спеціалістів переробних підприємств молочної галузі країни. В даний час підприємствами молочної промисловості в залежності від способу теплової обробки виготовляють пастеризовані та стерилізовані види питного молока. Однак, стерилізація молока обмежується досить істотними умовами. По- перше, ступінь теплової стабільності колоїдної системи заготівельного молока в Україні досить низька. Близько 10% молока витримує теплову пробу (нагрів [піддаються змінам, частково денатурується білок, руйнуються біологічно активні речовини, вітаміни, знижуються засвоєння і корисність продукту. Існуючі на сьогоднішній день технології виробництва питного пастеризованого молока не є досконалими. Основна причина цього: втрата в процесі переробки функціональних властивостей молока як унікальної біологічної рідини; нетривалі терміни зберігання молока; обмеженість науково-обґрунтованих рекомендацій щодо комплексної переробки сировини з залученням досконалого високопродуктивного обладнання і біологічно активних речовин.

Необхідність забезпечувати потреби населення у натуральному продукті змушує дослідників і практиків розробляти нові способи і обладнання для обробки молока, які є більш продуктивними та дозволятимуть зберігати

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лопська Д.М.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> <i>Брижань М.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> <i>Аналіз сучасного стану об'єкта</i> <i>дослідження, вибір і обґрунтування</i> <i>основного напрямку дослідження</i>		230616.MP.09.001.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Якимчук М.В.</i>			<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/13

максимальну кількість корисних речовин в молоці, збільшувати термін зберігання продукту, в той же час не підвищуючи його собівартість В цьому плані найбільший науковий і практичний інтерес мають знання складових молока і факторів, що впливають на їх збереження [8].

На вміст в молоці вітамінів, а також на смакові характеристики молока впливає сезонність, умови зберігання та ін. [10].

Збагачене поживними речовинами молоко являє собою сприятливе середовище для розмноження багатьох видів мікроорганізмів, під впливом яких відбувається зміна його складу і структури [8]. Збільшення терміну зберігання продукту забезпечується знешкодженням мікроорганізмів шляхом термічної обробки.

1.1. Огляд літературних джерел, аналіз прогресивних конструкційних рішень

В малих фермерських та на приватних підприємствах молоко отримують ручним доїнням чи на стаціонарних доїльних установках зі збором його у відра або бідони. При цьому спостерігається висока забрудненість молока, підвищена бактеріальна обсіменінність. Близько 10...20 % корів доять на доїльних установках з молокоприводом [7].

Тривалість зберігання сирого молока до здачі його на молочне підприємство довша, ніж на великих фермах. Розташування від ферми до молокопереробного заводу також впливає на якість сировини.

За цими причинами, на молокозаводи поступає біля третини всього молока за підвищеною кислотністю[15] (особливо в літній сезон). Тому після доїння, необхідно не тільки швидко відфільтрувати і охолодити молоко, але і провести теплову обробку – пастеризацію.

Технологія нагрівання рідини нижче точки кипіння, як спосіб знезараження, був запропонований французьким вченим Луї Пастером в середині XIX століття. Пастеризація набула широкого застосування в багатьох країнах світу в різних комбінаціях температури нагрівання і

тривалості витримки продукту. Даний спосіб у меншій мірі впливає на фізико-механічні показники молока, ніж звичайне побутове кип'ятіння.

Основоположником теорії створення апаратів для теплової обробки молока є Г.А. Кук [12]. Він розробив теоретичну базу процесу пастеризації і теорію розрахунку деяких пастеризаторів.

З початку обробки молока на першому пастеризаторі на початку XIX століття і до нашого часу, основним напрямом науки і техніки в області пастеризації молока являються:

- створення пастеризаторів, що забезпечують ефективне знезараження продукту, енергоефективних та надійних в експлуатації;
- розробка режимів пастеризації і способів якісного впливу на молоко: електричний, тепловий, променевий та іншими видами енергії, з метою знезараження і збереження біологічної цінності продукту.

Розглянемо відомі способи пригнічення розвитку, і знищення мікроорганізмів в молоці. Їх можна розділити на три групи (рис. 1.1): біологічні, хімічні і фізичні.

Біологічні. До біологічних способів, відносять засоби боротьби колоній мікроорганізмів, що пригнічують зростання, наприклад антибіотики здатні знезаражувати сире молоко.

Проте, у цієї технології є недоліки. Антибіотики, що залишаються в молоці після термічної обробки і його зберігання чинять негативну дію на споживача, а також створюють труднощі при виробництві молочних продуктів [2]. В Україні офіційно такий спосіб знезараження молока не використовується [9].

Хімічні. Це група способів впливу на молоко консервантами, дезінфектантами і їх комбінаціями. Найкращим з них вважається спосіб консервації перекисом водню (H_2O_2) [14]. В Україні цей спосіб заборонений [11]. Консервувати якою-небудь хімічною речовиною молоко, призначене

для харчових цілей, категорично заборонено, оскільки в результаті реакції з молоком можлива залишкова токсичність хімічних речовин.

Фізичні. Найпоширеніший спосіб - фізичний. Він ґрунтований як на знищенні, так і на видаленні мікроорганізмів з молока. Цей спосіб може здійснюватися без зміни температури молока, а також з її зміною, тобто підвищенням або пониженням (рис. 1.1).

До цих способів відносяться: фільтрація, відцентрове очищення, охолодження, заморожування, кип'ятіння, пастеризація, стерилізація, ультрапастеризація, поверхнєве тертя, біоризація, тонкошарова пастеризація, електропастеризація, дія струмами НВЧ, ультразвуком, електромагнітними коливаннями і інші [16].

При будь-якому виді теплової обробки, у тому числі пастеризації, відбувається зміна фізико-хімічних властивостей молока і його складу [5].

Фільтрація проводиться з метою видалення з молока домішок корму, волосся, бруду. При фільтрації, частки знаходяться в зваженому стані, затримуються фільтром або проходять крізь нього залежно від розміру зважених часток і пористості самого фільтру. Останній, затримує речовини великих розмірів, але не знешкоджує бактерії.

Відцентрове очищення забезпечує видалення з молока механічних домішок і частини бактерій за рахунок використання відцентрової сили [21]. Тривалість процесу залежить від кількості забруднення молока і продуктивності. Застосування методу відцентрового очищення молока дає можливість підвищення ефективності подальшої теплової обробки молока, пастеризації, і значно поліпшити його якість. Повністю замінити пастеризацію центрифугуванням можливо, але є ризик, що деяка частина мікроорганізмів, у тому числі і патогенних, не може бути повністю видалена з молока під дією відцентрових сил. Питома вага таких бактерій близька до питомої ваги молока [6].

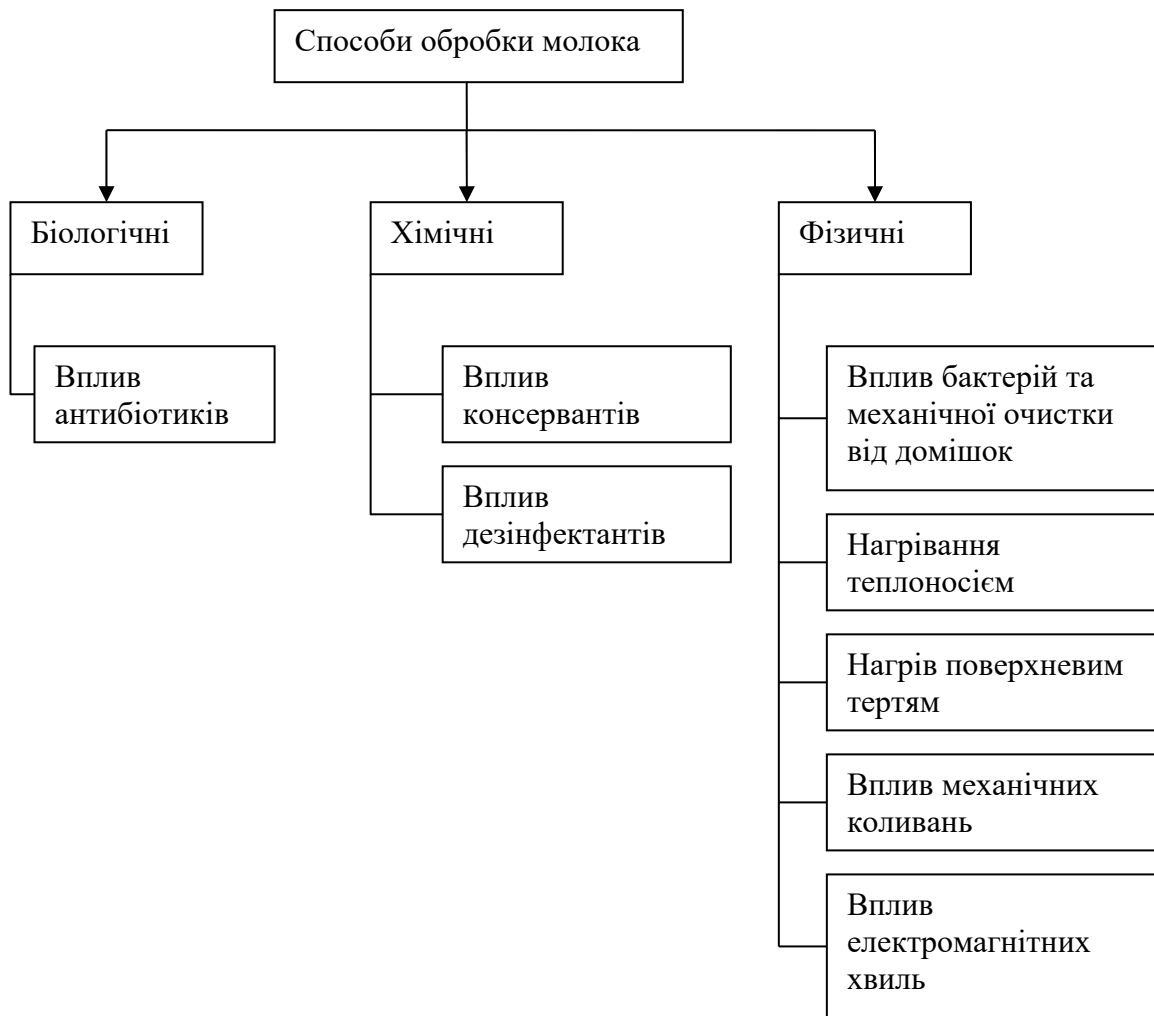


Рис. 1.1. Способи обробки молока

Охолодження – процес теплової дії на молоко, з доведенням температури не вище 8 °С, затримує розвиток більшості груп мікроорганізмів і збільшує природний бактерицидний період, збільшуючи термін його зберігання. *Заморожування* – процес теплової дії на молоко, з доведенням до температури - 25°С. Це дає можливість повністю затримати розвиток мікроорганізмів, на тривалий час, але при цьому в молоці можуть розвиватися гнильні бактерії. Смак такого молока з часом стає гірким.

Кип'ятіння – процес теплової дії на молоко, застосовується в побуті. Воно не може бути рекомендоване в масштабах виробництва, оскільки призводить до значних змін якісних властивостей молока.

Пастеризація – найпоширеніший процес теплової дії на молоко. Пастеризація полягає в нагріванні молока до температури, нижчої від

температури його кипіння і витримці при цій температурі певний час [7]. Застосування цього способу ґрунтується на працях мікробіолога Луї Пастера, який довів на прикладі пастеризації вина, що квашення і інші небажані види бродіння можна нейтралізувати нагріванням впродовж деякого часу, від декількох хвилин до години. При пастеризації молока, завдяки тепловій дії, гине і звичайна і патогенна мікрофлора [8]. На зміну мікрофлори молока, його структури і складу впливає не лише температура нагріву, а також умови, в яких здійснюється процес пастеризації. За наявності кисню в процесі нагріву молока виділяються гази, що руйнують вітаміни що міститься в продукті. Без доступу повітря, збереження вітамінного складу зростає.

Пастеризацію умовно ділять на три види:

тривалу, при температурі 65...72 °C і часу витримки впродовж 30хвилин;

короткочасну, при температурі 75 °C і часу витримки 15...40 секунд;

миттєву, при температурі 85...90 °C і часу витримки 3...5 секунд.

Зазвичай, пастеризоване молоко зберігається до 2 тижнів, після чого закисає. Пастеризоване молоко придатне для подальшого приготування з нього молочнокислих продуктів. У ній також зберігається велика частина корисних для організму речовин. Одним з головних недоліків термічної обробки молока в теплообмінних апаратах є випадання білків, внаслідок чого на теплообмінній поверхні теплообмінника утворюється "накип", у вигляді білку або молочного каменю. Це сильно погіршує роботу пастеризатора з точки зору гідродинаміки і теплопередачі. Мийні розчини з кислот або лугів дозволяють усувати пригар. Вище вказувалися мінімальні значення температури і часу витримки. На практиці більшість виробників молочних продуктів проводять процес пастеризації при більш високих температурах, тим самим збільшуючи терміни зберігання, часто нехтуючи якістю готового продукту. Зміна якості і складу молока при пастеризації більшою мірою залежить від температурно-часових режимів і типу апарату пастеризації [5].

Стерилізація – процес теплової дії на молоко, застосовується при виробництві питного молока, зі збільшеним терміном зберігання. Температура нагріву вибрана таким чином, що гарантує знищення як вегетативних, так і спорових форм бактерій. Стерилізації властиві недоліки пастеризації [12]. Стерилізують молоко при температурі від 120-130 до 130-150 °С впродовж 30 хвилин. При такій дії гинуть усі мікроорганізми, у тому числі і молочнокислі, тому таке молоко зберігається до 1 року і не прокисає, а стає гірким. Ні кисле молоко, ні сир з такого молока не вийдуть. Зрозуміло, що і біологічна цінність стерилізованого молока для організму найнижча.

Ультрапастеризація – процес теплової дії на молоко, з метою продовжити термін придатності продукту харчування. Молоко при такому способі нагрівають до температури 135...150 °С на 2...3 секунди, а потім повільно охолоджують до 4...5 °С і розливають в стерильну упаковку. При цьому патогенні мікроорганізми знищуються повністю. Молоко після такої обробки зберігається 6 тижнів і довше при кімнатній температурі. Процес ультрапастеризації умовно підрозділяється на два способи:

- коли молоко контактує з нагрітою поверхнею, при температурі 125...140 °С;
- коли відбувається пряме змішування молока і стерильної пари в протитечії, при температурі 135...140 °С.

При нагріванні молока до високих температур 125...145 °С, в ньому частково руйнується фолієва кислота, вітамін В₁₂, вітамін С і вітамін В₁ [8].

Поверхневе тертя – процес теплової дії на молоко, за рахунок сил тертя, забезпечуючи нагрів продукту. Технічний засіб конструктивно може бути виконаний у вигляді диска в нерухомому кожусі [9]. Цей спосіб не вийшов за рамки дослідницьких робіт і пілотних установок. Принцип дії цього способу полягає в створенні сил тертя в молоці, що подається в проміжок між диском, що обертається, і нерухомим кожухом. За рахунок сил тертя відбувається нагрів, а завдяки дії відцентрових сил на молоко виключається виникнення

пригару характерний для процесу пастеризації, стерилізації, ультрапастеризації та ін.

Біоризація – процес теплової дії на молоко, що здійснюваний в закритому апараті шляхом його розпилення під високим тиском, супроводжується швидким і рівномірним нагрівом продукту до температури 72...76 °С і подальшого швидкого охолодження до температури 10...15 °С.

Тонкошарова пастеризація (чи стассанація) – процес теплової дії на молоко, обґрунтований доктором Стассано [9]. Процес стассанації полягає в нагріві молока з двох сторін тонкого шару молока у вузькому каналі (близько 1...1,2 мм) при температурі 75 °С, не більше 15...16 секунд, після чого швидко охолоджується. Обробка тонкого шару молока здійснюється гарячою водою, а не парою. Бактерії притягуються до нагрітих внутрішніх стінок вузьких каналів апарату і гинуть.

Електропастеризація – процес теплової дії на молоко, за рахунок пропускання електричного струму через оброблюваний продукт. При проходженні електричного струму через молоко, в нім відбуваються, як термічні, так і хімічні зміни, що роблять впливи на мікроорганізми. Це послужило основою для створення електропастеризаторів з прямим і непрямим нагрівом молока [6]. Тепло від нагрітої стінки кондуктивно передається продукту, а за рахунок електричного струму відбувається виділення тепла безпосередньо в оброблюваному продукті. Нагрів молока відбувається одночасно в усьому його об'ємі. Висока швидкість нагріву молока, без місцевих перегрівань, досягається в електропастеризаторах прямої дії. З недоліків можна відмітити, що при використанні постійного струму відбувається електроліз молока. Найкращі результати бактерицидної дії на молоко показали височастотні електропастеризатори [7].

Електропастеризаторам непрямої дії характерний істотний недолік що впливає на роботу апарату – утворення пригару на робочих поверхнях. Вказане явище пояснюється наявністю значного перепаду температур між

стілкою і молоком, що практично неминуче у будь-якому теплообмінному апараті. У промисловості електропастеризатори не знайшли практичного застосування.

Спосіб НВЧ нагріву подібний до дії високої температури. Тепловий ефект, в результаті обробки молока, обумовлений діелектричними втратами в продукті, що викликаються коливанням і тертям молекул під дією змінного електричного поля високої частоти. Нагрів молока відбувається одночасно в кожній точці об'єму. Використання цього способу НВЧ нагріву показало, що органолептичні властивості молока і його хімічний склад змінилися менше, ніж при звичайній пастеризації. При цьому, молоко придбаває велику стійкість при зберіганні [7]. Економічна оцінка обробки молока струмами НВЧ і використовуваних генераторів вказує на доцільність його застосування.

Ультразвукова обробка – процес не теплової дії на молоко. Без підвищення температури продукту. При обробці молока цим способом, зберігаються вітаміни, органолептичні показники продукту, збільшується термін зберігання. Ефективність знезараження залежить від режимів роботи, температури оброблюваного продукту і тривалості дії ультразвуком. Кращі показники якості досягаються в апаратах з проточною системою, де не відбувається змішування обробленого молока, з необробленим [1]. Практичне застосування в промисловості цей спосіб не знайшов, за рахунок високої вартості і складністю експлуатації апаратури.

Пастеризація випромінюванням – процес перенесення теплової енергії до молока за допомогою електромагнітних хвиль [8].

Альфа випромінювання – один з видів іонізуючих випромінювань з порівняно малою проникаючою здатністю. Використання α -випромінювання для процесу знезараження молока не отримало поширення.

Бета-випромінювання – це потік електронів, що випускається атомними ядрами при їх бета розпаді, може поширюватися залежно від енергії

випромінювання із швидкістю світла. β -випромінювання має більшу проникаючу здатність. Використання β - випромінювання для процесу знезараження молока ефективніше. Проте, також не доцільно.

Гамма-випромінювання – короткохвильове електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі менше 2×10^{-10} м. В процесі дії на молоко, показала згубна дія на кишкову паличку, спори антракоида [1], гнильні, у тому числі і газотвірні бактерії. Використання гамма-випромінювання для знезараження молока має великі перспективи. При роботі з γ -випромінюванням необхідно захищати обслуговуючий персонал від шкідливої дії на людину [9] Через відсутність на практиці обґрунтування доз і параметрів установок, нині цей вид обробки не є прийнятним для практичних цілей.

Нейтронне випромінювання – основний вид радіоактивного випромінювання що має високу проникаючу здатність. У харчовій промисловості заборонено, оскільки може викликати штучну радіоактивність.

Рентгенівське випромінювання – електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі від 10^{-12} до 10^{-8} м. Здатне проникати глибоко в продукт і чинити бактерицидну дію. Знезараження, таким випромінюванням не викликає утворення радіоактивності і цілком безпечно. При використанні рентгенівського випромінювання необхідно захищати обслуговуючий персонал від шкідливої дії на людину [7]. Вимагає великої кількості енергії для отримання цього виду випромінювання.

Ультрафіолетове випромінювання (УФ) – електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі від 10 до 400 нм. Є одним з різновидів оптичного випромінювання. Обробка молока УФ випромінюванням здійснюється без значного підвищення температури продукту, залежно від використання визначених УФ ламп [5].

З явних недоліків, можливе часткове руйнування вітамінів B1, B2, з і денатурація білку. Значні дози УФ випромінювання можуть викликати структурні зміни компонентів молока, замість вітаміну D3 утворюються речовини що не мають вітамінної дії, у кращому разі – нешкідливі для організму людини, а іноді можуть бути токсичними [8]. При УФ-випромінюванні спостерігається зміна смаку молока: воно набуває слабого присмаку пастеризованого молока.

Інфрачервоне випромінювання (ІЧ-випромінювання) – електромагнітне випромінювання, що займає найбільшу частину оптичної області спектру (750...107 нм), знайшло практичне застосування для обробки молока завдяки щадній дії на продукт [11]. Проте, в літературі відсутні достатні дані по впливу ІЧ- випромінювання на молоко і його складові частини, не розроблені теоретичні основи цього способу обробки, а також немає даних по обґрунтуванню режимів і методики розрахунку установок.

1.2. Обґрунтування актуальності дослідження, формулювання мети та завдання дослідження

Ванна довготривалої пастеризації (пастеризатор типу ВТП) – призначена для теплової обробки молока на молокозаводах, малих та приватних фермерських господарствах.

Ємнісний пастеризатор молока (рис) складається з термоізольованого резервуару 1, виконаного із нержавіючої сталі, встановленого на чотирьох опорах 9. Нагрів продукту здійснюється через теплообмінну сорочку, яка нагрівається парою або ТЕНами.

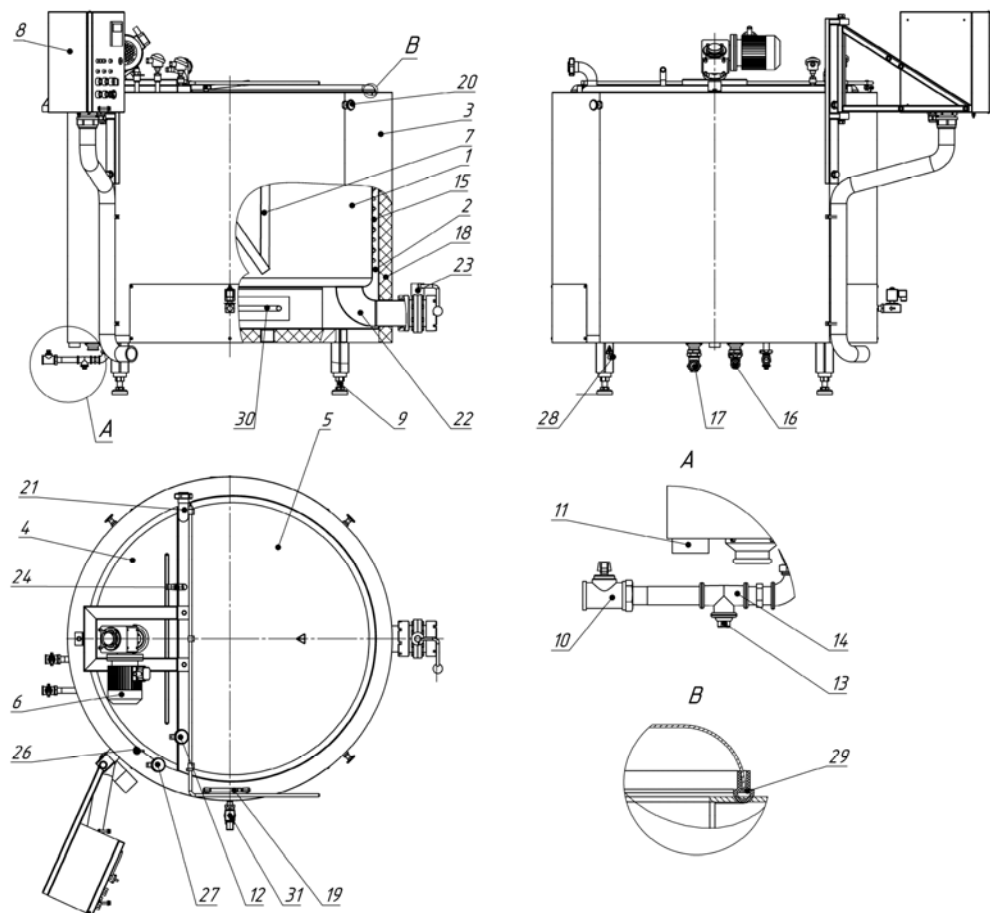


Рис. 1.2. Ванна тривалої пастеризації ПКС-072-1000П

Після нагрівання продукту до температури пастеризації і витримки при заданій температурі, молоко слід охолодити. Охолодження здійснюється шляхом подачі охолодженої або крижаної води в теплообмінну сорочку.

Блок (шафа) управління 8 здійснює автоматичне терморегулювання у ВТП у процесі пастеризації, необхідна температура задається та відображується на дисплеї.

Довготривала пастеризація молока у ємнісних пастеризаторах має низку переваг:

- завдяки витримці продукту при температурі 65...75 °С протягом 30...35 хв знищується максимальна кількість хвороботворних мікроорганізмів, але не відбувається денатурація корисних ферментів та вітамінів;

- структура і склад молока не змінюється, що дозволяє зберегти незмінною «лінію вершків»;
- конструкція ємнісного пастеризатора проста, обладнання легко монтувати та обслуговувати;
- можливість здійснювати декілька технологічних операцій в одному обладнанні.

Недоліки існуючих ємнісних пастеризаторів наступні:

- великі габарити при невеликій продуктивності;
- застійні зони біля стінок резервуару;
- велика енергоємність обладнання.

2. РОЗРОБКА НОВОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Розробка і опис нового технічного рішення, устрій та принцип його роботи.

Ванна тривалої пастеризації з гріючою мішалкою являє собою вертикальну тристінну ємність (робоча камера, теплообмінна рубашка, кожух) на опорах, виконану з нержавіючої сталі.

а

б

Рис. 2.1. Ємнісний пастеризатор з гріючим перемішуючим пристроєм:

а – загальний вигляд: 1 – парова камера; 2 – патрубок подачі продукту; 3 – корпус; 4 – пустотілі лопаті; 5 – пульт керування; 6 – трубовал; 7 – привід; 8 – патрубок зливу продукту;

б – вузол подачі теплоносія в перемішуючий пристрій :9 – парова камера; 10, 11 – кришки; 12 – ущільнення; 13– хвостовик трубовалу; 14 – трубовал 15 – підшипник; 16 – стакан; 17 – розпірна втулка; 18 – шків;

В боковій частині корпусу, знаходиться патрубок подачі продукту 2, через який, в резервуар потрапляє сировина. В верхній частині корпус закритий кришкою ванни, яка складається з стаціонарної та відкидної частин. У стаціонарній частині закріплено систему безрозбірного миття.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Ліляка ДМ	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Брижань М.О.	Назва, додаткова назва Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження	230616.MP.09.002.ПЗ				
	Документ затверджено Якимчук МВ		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/14	

Пульт керування 5 слугує для запуску і контролю електроприводу, який через шків 18 приводить в рух перемішуючий пристрій. Перемішуючий пристрій являє собою трубовал 6, до якого приварені пустотілі лопаті 4. Нагрів сировини відбувається парою, яка подається в змійовик парової сорочки та в перемішуючий пристрій, через вхід у змійовик і через коробку подачі пару 1, відповідно. Для уникнення перегріву продукту в пристінному шарі, теплообмінна сорочка складається з ємності, заповненої водою та змійовика, в який подається пара. Рівень води в ємності регулюється трубою переливу.

Пристрій подачі пари в перемішуючий пристрій (рис. 2.1, б) складається зі стаціонарно закріпленої парової камери 9, обладнаної патрубками подачі пари та виведення конденсату. Хвостовик трубовалу 13 зварений з трубовалом 14. За допомогою сальникового ущільнення в кришках 10 і 12 хвостовик обертається і передає обертання трубовалу. Пустотілі лопоті 4 встановлені під кутом α . Кут α вибирається таким чином, щоб конденсат міг стікати і парову камеру, режим руху рідини в об'ємі був турбулентним, але піна на поверхні продукту не утворювалась. Конденсат, утворений в процесі нагрівання виводиться через конденсатовідведник змійовика та через коробку подачі пару і виходу конденсату.

Система безрозбірного миття. Підтримка температури розчину під час мийки є ключовим чинником для завершення мийки в межах розумного часу. У системах СІР-мийки передбачена можливість контролю температури подачі або відведення миючої рідини, що гарантує досягнення необхідної температури в ході дезінфекції робочої камери.

У ручних і автоматичних системах дозування хімічних засобів відбувається за допомогою високоякісних дозуючих насосів, для гарантії високої опірності до корозії і надійності. Після кожного дозування відкривається нагнітаюча лінія води для видалення залишків хімічних продуктів. Таким чином забезпечується гарантія від кристалізації, корозії або

можливості того, що хімічні засоби вступають в реакцію один з одним усередині насоса.

Дозуючі станції дозволяють дозувати препарати як безпосередньо в танки з розчинами («batch-type»), так і в потік ("in line»). Процес дозування контролюється датчиками концентрації, встановленими в потоці миючих розчинів, для ефективного досягнення необхідного результату дозування.

У контурі автоматичної СІР-мийки швидкість потоку миючих розчинів контролюється двома вимірювачами швидкості потоку, встановленими на лінії видачі, та на лінії повернення миючих розчинів, для досягнення ефективної швидкості і турбулентності потоку.

Принцип роботи.

В ємнісному пастеризаторі з гріючим перемішуючим пристроєм проводиться нагрів, перемішування, охолодження, пастеризація, змішування і при необхідності зберігання молока.

Продукт через патрубок 2 подається в робочу камеру апарата до заповнення 0,95 % її об'єму. Після спрацювання датчика об'єму починається подача теплоносія в теплообмінну сорочку і перемішуючий пристрій через патрубок парової камери. Одночасно з подачею теплоносія вмикається електродвигун, який через пасову передачу приводить в рух мішалку. Продукт підігрівається до температури 40 °С, після чого вимикається двигун і подача пари, і продукт через патрубок 8 подається на нормалізацію і гомогенізацію.

Після видалення продукту вмикається система безрозбірного миття.

Нормалізоване і гомогенізоване молоко повертається через патрубок 2 до пастеризатора, вмикається двигун і подача пари, і молоко догрівається до температури пастеризації (65...75 °С) та витримується при ній протягом 30...35 хв. Після цього припиняється подача теплоносія в перемішуючий пристрій, а в теплообмінну сорочку починається безперервна подача крижаної води, таким чином продукт охолоджується до 10 °С. Після

охладження продукт зливається через патрубок 8, та спорожнілий пастеризатор очищається за допомогою системи безрозбірного миття.

2.2. Вибір математичної моделі об'єкта дослідження.

Загибель живих клітин в молочних продуктах та розкладання вітамінів і нейтралізація ферментів залежить від часу та температури пастеризації. Цю залежність можна описати рівнянням:

$$\ln \tau = \alpha_n - \beta_n t, \quad (2.1)$$

де α_n і β_n – коефіцієнти, які залежать від виду мікроорганізмів та середовища, в якому вони знаходяться.

Описати процес пастеризації молочних продуктів можна за допомогою залежностей [2]:

-умови пригнічення мікроорганізмів:

$$\ln \tau = 33,5433 - 0,4443t. \quad (2.2)$$

- умови зберігання фізико-хімічних властивостей молока:

$$\ln \tau = 40,764 - 0,543t. \quad (2.3)$$

- умови та пригнічення мікроорганізмів в молочних продуктах і збереження їх фізико-хімічних властивостей (залежність Дальберга-Кука):

$$\ln \tau = 36,84 - 0,48t. \quad (2.4)$$

Вплив надлишкової температури на молочні продукти може погіршити їх органолептичні властивості та знизити їх харчову цінність.

Режим пастеризації визначають практично та порівнюють його з залежностями (2.2) – (2.4) показує, що він триває довше за розрахунковий.

Співвідношення визначених режимів за критерієм Пастера ($Pa = \frac{\theta}{\tau}$), де θ – фактичний час пастеризації молочного продукту, τ – розрахунковий час пастеризації по залежності (2.4)) показує, що у всіх випадках Pa більше 1:

Табл. 2.1. Значення критерія Пастера при різних режимах пастеризації [3]

	Температура пастеризації $t, ^\circ\text{C}$	Тривалість за формулою (2.4) $\tau, \text{с}$	Дійсна тривалість $\theta, \text{с}$	Критерій Пастера
1	65	281,463	1800	6,4
3	75	2,316	20	8,6
6	90	0,002	0,1	50

Зниження вмісту вітамінів за різних режимів пастеризації молочних продуктів згідно [4] сягає 10...30 %.

Рівняння Арреніуса описує зв'язок константи швидкості загибелі мікроорганізмів з температурою пастеризації [7]:

$$K_t = A \cdot e^{\frac{-E}{RT}}, \quad (2.5)$$

де E – енергія інактивації мікроорганізмів, R – універсальна газова стала, $R=8,3144 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$, T – температура пастеризації, K , A – константа.

Вважається, що руйнування корисних речовин так само пов'язане з температурою пастеризації:

$$K_x = A \cdot e^{\frac{-E_x}{RT}}, \quad (2.6)$$

де E_x – енергія розкладання поживних речовин, $\frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$.

Для визначення константи A в формулах (2.5) і (2.6) будують графік з координатами $\ln K - \frac{1}{T}$, де дослідні дані описані відрізками прямої, яка перетинає вісь в точці $\ln A$, тангенс кута нахилу є $\frac{E}{T}$, або $\frac{E_x}{R}$.

«Дослідні данні» подаються в залежності Дальберга-Кука. Де K_t , знаходимо у співвідношення $K_t = \frac{\nabla}{\tau}$, де τ – час пастеризації, що

вираховується за формулою (2.4), ∇ – заданий рівень стерильності (критерій Дейндорфа-Хемфри),

$$\nabla = \ln \frac{N_0}{N}, \quad (2.7)$$

де N_0 – початкова кількість мікроорганізмів;

N – кінцева кількість мікроорганізмів.

При розпаданні ферментів та вітамінів енергія, що виділяється E_x в 3...5 разів менша за енергію при знешкодженні мікроорганізмів E , і як наслідок - пропорційно зменшується кут нахилу прямої і зменшується значення константи A . При підвищенні температури та при зменшенні тривалості часу пастеризації τ і сталому значенні ∇ , збережеться більше корисних складових в молоці [8].

Рівняння для розрахунку концентрації збереженого корисного компонента:

$$\frac{\chi}{\chi_0} = e(-K_x \tau) = e(-\frac{K_x}{K_T} \cdot \nabla). \quad (2.8)$$

Для дослідження параметрів зміни процесу пастеризації молока на наявність мікроорганізмів в ньому, використання енергії на проведення процесу і доведення режиму роботи пастеризатора, було визначено планування експерименту, що дозволило варіювати обраними факторами і отримати кількісні оцінки ефектів їх взаємодії.

Математичний опис вибраного процесу можливо бути отримано емпірично. Тому його математична модель утворює вигляд рівняння регресії, отриманого статистичними методами на базі експериментів, описується як поліном другого ступеня, вираженим рівнянням 2.9.

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^N b_i X_i + \sum_{i=1}^N b_{ii} X_i^2 + \sum_{i \leq j}^N b_{ij} X_i X_j \quad (2.9)$$

де b_0 – вільний член рівняння, дорівнює середній величині відклику за умови, що чинники, що вибираються знаходяться на середніх, "0-х" рівнях; x

– масштабовані значення факторів, які визначають функцію відклику і піддаються варіюванню; i, j – індекси факторів; b_i – коефіцієнти при лінійних членах; b_{ij} – коефіцієнти двохфакторної взаємодії, що виражає, наскільки міняється ступінь впливу одного фактору від час зміни величини іншого; b_{ii} – коефіцієнти квадратичних ефектів, що відзначають нелінійність вихідного параметра від вибраних факторів, N – число факторів в матриці планування.

Основні фактори, що впливають на процес пастеризації молока, вибрали наступні: x_1 – тривалість термообробки с; x_2 – температура нагріву молока, К; x_3 – жирність молока, %.

Всі обрані фактори сумісні і некорельовані між собою. Границі змін досліджуваних факторів приведені в табл. 2.2.

Умови планування	Кодове значення	Значення факторів, що варіюються		
		X1, с	X2, К	X3, %
Верхній рівень	+1	1080	360	5,0
Нижній рівень	-1	900	340	2,0
0 рівень	0	990	350	3,5
Інтервал варіювання	Δ	90	10	1,5
Верхня «зоряна точка»	+1,682	1080	360	6,0
Нижня «зоряна точка»	-1,682	75	330	1,0

Від даних параметрів залежить наявність мікроорганізмів в пастеризованому молоці, та енергоємність процесу. Досліджуючи їх взаємний вплив на процес, є можливість підібрати найкращі режими процесу пастеризації молока.

Вибір періоду зміни факторів зумовлений технологічними умовами процесу пастеризації та технічними характеристиками установки.

Характеристиками оцінки впливу різних факторів на процес пастеризації були вибрані: y_2 – питомі енерговитрати на 1м пастеризованого молока, кВт г/м³ y_1 – загальна кількість бактерій в 1 см молока, од/см.

Програма досліджень була вставлена в матрицю планування експерименту (табл. 2.3).

Для дослідження було обрано центральне композиційне планування і застосований повний факторний експеримент 2. Послідовність дослідів вибрано за допомогою таблиці випадкових чисел, що відкинуло вплив неконтрольованих параметрів на кінцеві результати експерименту.

При опрацюванні результатів експерименту були обрані наступні статистичні критерії: значимість коефіцієнтів рівнянь регресії – критерій Стюдента, перевірка однорідності дисперсій – критерій Кохрена, адекватність рівнянь – критерій Фішера.

Таблиця 2.3

Матриця планування і результати експерименту

№ дос	Кодоване значення факторів			$y_1 \cdot 10^3$, од/см ³	y_2 , кВт·год/
	x1	x2	x3		
1	-1	-1	-1	1,016	42,663
2	-1	+1	-1	0,989	89,471
3	+1	-1	-1	1,671	54,976
4	+1	+1	-1	0,560	59,772
5	-1	-1	+1	1,065	44,503
6	-1	+1	+1	0,464	53,636
7	+1	-1	+1	2,356	78,614
8	+1	+1	+1	0,671	54,061
9	-1,682	0	0	0,683	64,093
10	+1,682	0	0	1,408	67,802
11	0	-1,682	0	1,798	57,023
12	0	+1,682	0	0,372	68,631
13	0	0	-1,682	1,034	57,167
14	0	0	+1,682	1,672	47,004

15	0	0	0	0,771	53,46
16	0	0	0	0,761	53,48
17	0	0	0	0,774	53,41
18	0	0	0	0,772	53,40
19	0	0	0	0,780	53,42
20	0	0	0	0,776	53,47

Після статистичної обробки експериментальних даних утворені рівняння регресії, які правдиво описують нас процес під впливом досліджуваних факторів:

$$y_1 = 0,7733 + 0,2154x_1 + 0,1590x_2 + 0,0398x_3 - 0,2710x_1x_2 + 0,1590x_1x_3 - 0,1435x_2x_3 + 0,0971x_1^2 + 0,1108x_2^2 + 0,1165x_3^2; \quad (2.10)$$

$$y_2 = 0,7733 + 0,2154x_1 + 0,1590x_2 + 0,0398x_3 - 0,2710x_1x_2 + 0,1590x_1x_3 - 0,1435x_2x_3 + 0,0971x_1^2 + 0,1108x_2^2 + 0,1165x_3^2; \quad (2.11)$$

Вибір оптимальних рішень задачі пастеризації молока

Задача оптимізації поставлена таким чином: щоб знайти найкращі режими роботи пастеризатора, які б у великому діапазоні зміни вхідних параметрів створювали мінімальне значення бактеріального забруднення молока і найменше значення питомих енерговитрат. Загальна математична задача оптимізації подана у вигляді такої моделі:

$$\begin{aligned} q &= q(y_1, y_2) \xrightarrow{x \in D} \rightarrow \text{opt} \\ D: y_1(x_1, x_2, x_3) &\xrightarrow{x \in D} \rightarrow \min \\ y_2(x_1, x_2, x_3) &\xrightarrow{x \in D} \rightarrow \min \\ y_i &\geq 0, i = \overline{1, 2}; x_j \leq [-1,682; 1,682], i = \overline{1, 3} \end{aligned} \quad (2.12)$$

Допустимо, що отримані рівняння регресії (2.10)-(2.11) описують певні поверхні в багатовимірному просторі, а за коефіцієнтами канонічної форми дізнаємося, до якого виду тіл віднести ці поверхні [3].

Координати центру x_{is} знайшли із системи рівнянь, отриманих в процесі диференціювання рівнянь регресії (2.10)-(2.11) по x_1, x_2, x_3 і порівнюючи похідні до нуля. Знаємо координати центру x_{is} по рівняннях (2.10) - (2.11) визначили дані їм значення параметрів оптимізації y_{is} . Результати обчислень показані в табл. 2,4.

Таблиця 2.4

Оптимальні значення вхідних факторів

y_i	x_{1s}	x_{2s}	x_{3s}	y_s
y_1	2,047	-0,127	-1,072	1,514
y_2	-2,035	-1,406	0,843	37,036

Для пошуку канонічних коефіцієнтів B_i по рівняннях вибрано характеристичний поліном, який прирівнювали до 0.

$$\begin{vmatrix} b_{11} - B & 0,5b_{12} & 0,5b_{13} \\ 0,5b_{21} & b_{22} - B & 0,5b_{23} \\ 0,5b_{31} & 0,5b_{32} & b_{33} - B \end{vmatrix} = 0 \quad (2.13)$$

У результаті підстановки параметрів коефіцієнтів рівнянь регресії (2.10)-(2.11) в матрицю (2.13) і вирішення нелінійних рівнянь 3-го ступеня отримані були канонічні коефіцієнти. Детальний аналіз отриманих канонічних рівнянь виявив, що при русі в напрямку осей, для яких x_i негативні – зменшуються в напрямку осей, у яких x_i позитивні, від центру оптимізації значення вихідних параметрів збільшуються, так як знаки коефіцієнтів канонічних рівнянь протилежні за значенням, то поверхні відображає одно- або двохсмуговий гіперболоїд [4].

На рис. 3.1-3.6 зображені криві рівних значень вихідних параметрів, які відображають зміст номограм і надають практичний інтерес.

Для визначення найкращих режимів використовували метод "рідж-аналіз", який ґрунтується на методі невизначених множників Лагранжа. Для визначення оптимального режиму за рівняннями регресії (2.10)-(2.11) встановили наступну систему рівнянь

$$\begin{cases} (b_{11} - \lambda)x_1 + 0,5b_{12}x_2 + 0,5b_{13}x_3 + 0,5b_1 = 0 \\ 0,5b_{21}x_1 + (b_{22} - \lambda)x_2 + 0,5b_{23}x_3 + 0,5b_2 = 0, \\ 0,5b_{31}x_1 + 0,5b_{32}x_2 + (b_{33} - \lambda)x_3 + 0,5b_3 = 0 \end{cases} \quad (2.14)$$

де λ – невизначений множник Лагранжа.

На величину λ встановлюється обмеження, яке визначається параметром Хорлі.

$$\lambda' = 2(B_{\min}^{\max} - b_{kk}), \quad (2.15)$$

де $B_{\min}^{\max}$ – мінімальний або максимальний (залежно від завдання) канонічний коефіцієнт; b_{kk} – коефіцієнт регресії при k -му квадратичному члені.

В нашому випадку допустимі значення λ лежать у межах:

- бактеріальна забрудненість молока

$$2,5 < \lambda < 3,0; \quad (2.16)$$

- питомі енергозатрати

$$-2,0 < \lambda < -0,92; \quad (2.17)$$

Вибираючи значеннями λ з інтервалів (2.16)-(2.17), по рівняннях (2.14) були вираховані оптимальні режими процесу пастеризації молока для бактеріального очищення молока і питомих енерговитрат [5].

Результати розрахунків допустимих інтервалів зміни питомих енерговитрат представлені в табл. 2.5.

Таблиця 2.5

Оптимальні значення бактеріального обсіменіння молока

λ	x_1	x_2	x_3	$y_1 \cdot 10^5, \text{ КОЕ/см}^3$
2,50	-2,494	0,232	0,092	0,635
2,55	-1,190	0,087	0,00	0,632
2,60	-1,188	0,085	0,00	0,632
2,65	-1,188	0,084	0,00	0,632
2,70	-1,188	0,082	0,00	0,632
2,75	-1,188	0,080	0,00	0,632
2,80	-1,188	0,079	0,01	0,633

2,85	-1,188	0,078	0,09	0,633
2,90	-1,188	0,076	0,400	0,633
2,95	-1,188	0,075	0,70	0,633
3,0	-1,188	0,074	-0,90	0,633

Як вже зазначалося вище, при виборі допустимих значень бактеріального обсіменіння молока необхідно відповідати з його мінімально допустимих значень при даних рамках на незалежні змінні. Для такого режиму $\lambda = 2,75$, тобто $x_1 = -1,188$; $x_2 = 0,080$; $x_3 = 0$, або, переходимо від кодованих значень x_i до натуральних, отримуємо витрату молока, що подається в пастеризатор $x_1 = 1,22 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$; температуру нагрівання молока $x_2 = 348,72 \text{ К}$; жирність молока $x_3 = 3,5\%$.

В даному випадку бактеріальна забрудненість молока отримуємо значення $y_1 = 0,632 \cdot 10^5 \text{ КОЕ}/\text{см}^3$.

Як видно з табл. 2.5, аналізу підпадає діапазон зміни $\lambda \in [2,55; 3,0]$ в якому значення параметрів x_i відноситься до наступних інтервалах: $x_1 = (1,21 \dots 1,22) \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$; $x_2 = 348,6 \dots 348,7 \text{ К}$; $x_3 = 2,15 \dots 3,5\%$. При даних значеннях параметрів бактеріальна забрудненість молока знаходяться в діапазоні $y_1 = (0,632 \dots 0,633) \cdot 10^3 \text{ КОЕ}/\text{см}^3$. Вибрані інтервали зміни незалежних змінних для даних оптимізації y_1 потрібно прийняти за оптимальні [5].

Результати розрахунків найкращих інтервалів зміни енерговитрат представлені в табл. 2.6.

Таблиця 2.6

Оптимальні значення енерговитрат

λ	x_1	x_2	x_3	$y_2 \cdot 10^3,$
-2,0	-0,10	0,1	-0,284	54,897
-1,88	-1,672	-0,521	-0,866	50,983
-1,76	-0,763	-0,634	-0,956	49,781
-1,64	-0,876	-0,777	-1,067	48,080
-1,52	-1,019	-0,961	-1,208	45,585
-1,40	-1,206	-1,206	-1,390	41,765
-1,28	-1,460	-1,545	-1,638	35,556
-1,16	-1,826	-2,039	-1,994	24,609
-1,04	-2,395	-2,818	-2,546	2,846
-0,92	-3,402	-4,212	-3,521	-49,648

Як вже відображалось вище, при виборі найкращих параметрів енерговитрат необхідно вибирати з їх мінімально допустимих значень. Даними значеннями в даному випадку є $\lambda = -1,28$, тобто $x_1 = -1,46$; $x_2 = -1,545$; $x_3 = -1,638$, або, вибираючи від кодованих значень x_i до натуральних, маємо $x_1 = 1,1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$; $x_2 = 343,1 \text{ К}$; $x_3 = 1,04 \text{ \%}$. В даному випадку енерговитрати рівні $y_2 = 35,556 \text{ кВтгод/м}$.

В інтервалі зміни $\lambda \in [-2,0; -1,28]$ параметри незалежних змінних x_i лежали в наступних діапазонах: $x_1 = (1,1,1,7)10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$; $x_2 = 343,1,348,9 \text{ К}$; $x_3 = 1,07,3,1 \text{ \%}$.

При даних значеннях параметрів енерговитрати складає $y_2 = 54,897,35,556 \text{ кВт год/м}$. Дані інтервали незалежних змінних для параметра оптимізації y_2 потрібно визнати за оптимальні.

У табл. 2.7. виведені вибрані оптимальні інтервали зміни параметрів x_i для всіх досліджуваних вихідних факторів.

Оптимальні інтервали зміни входних параметрів і вихідних факторів

у	$x_1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$		$x_2, \text{ K}$		$x_3, \%$	
	min	max	min	max	min	max
y1	1,21	1,22	348,6	348,7	2,15	3,50
y2	1,1	1,7	343,1	348,9	1,07	3,10

Відповідно критерію оптимізації для прийняття кінцевого рішення до вибору оптимальних режимів вибраного процесу необхідно вирішити суперечливу задачу, підставляючи оптимальні, виділені в табл. 2.7, інтервали параметрів x_i один на одного [4].

Дивлячись на область допустимих значень $x \in [-1,682; 1,682]$ і, накладаючи найкращі інтервали по кожному y_i для всіх x_i один на одного, бачимо, що y_i не суперечать між собою по жодному з параметрів x_i , а саме, по параметру x_1 найкращий діапазон для критерію y_1 $x_1 = [1,21...1,22]$ повністю перекривається з діапазоном для критерію y_2 $x_1 = [1,1...1,7]$, причому перший діапазон лежить всередині другого; по параметру x_2 оптимальний діапазон для критерію y_1 $x_2 = [348,6...348,7]$ знаходиться всередині діапазону для критерію y_2 $x_2 = [343,1...348,9]$; по параметру x_3 оптимальний діапазон для критерію y_1 $x_3 = [2,15...3,5]$ частково перекривається з діапазоном для критерію y_2 $x_3 = [1,07 ... 3,1]$. В результаті накладання оптимальних інтервалів параметрів x_i один на одного отримуємо, що спільними для критеріїв оптимізації y_1 і y_2 є діапазони $x_1 = [1,21.1,22]$; $x_2 = [348,6.348,7]$; $x_3 = [2,15.3,10]$.

Таким чином субоптимальні інтервали зміни параметрів рівні: $G = (1,21...1,22) \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$; $T = 348,6...348,7 \text{ K}$; $\text{Ж} = 2,15.3,10 \%$.

3. ДОСЛІДНА ЧАСТИНА ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

Таблиця 3.1. Порівняння режимів пастеризації при $E_X/E_T = 0,25$

Показник	T=338 К	T=348 К	t=358 К
	0,0050242	0,0001459	0,0000051
Час τ по залежності (2.4), с	281,463	2,316	0,019
	0,8310	0,9946	0,9998
Час пастеризації τ , с	1200	20	0,5
	0,4542	0,9581	0,9967

Наведені розрахункові значення показують зв'язок збереження живильного компонента із часом витримки і температурою.

У таблиці 3.2 наведено порівняння розрахункових значень втрат для різних режимів пастеризації і експериментальних даних [9].

Табл. 3.2. Порівняння розрахункових та дослідних даних

Втрати ферментної активності, % [3]				
Температура пастеризації	65 °C	75 °C	90 °C	95 °C
Час пастеризації, с	1800	300	20	300
Середні втрати, %	53	25	42	77
Розрахунок за моделлю $E_X/E_T = 0,19$	52,72	26,36	6,88	79,57
Втрати вітаміну С у коров'ячому молоці, % [4]				
Середні втрати, %	60,5	70,5	до 100	до 100
Діапазон втрат, %	41...80	59...82	-	
Втрати вітаміну С у молоці, % [5]				
Температура	70°C	74 °C	90 °C	125 °C
Час пастеризації, с	1200	20	0,2	0,2
Середні втрати, %	-	9...12	11...28	10...34
Розрахунок за моделлю $E_X/E_T = 0,28$	62,91	6,00	0,39	15,57

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Лопітько Д.М.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Брижань М.О.	Назва, додаткова назва Дослідна частина та узагальнення результатів		230616.MP.09.003.ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.			Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/6

Розраховані значення при $E_x/E_T = 0,19$ відрізняються від дослідних даних [3] тільки в режимі малої витримки при 90 °С, що можна пояснити значним впливом на процес із малою витримкою стадій нагріву і охолодження, які дослідники не контролювали і не оцінювали.

Розбіжності моделі і дослідних даних [4] по деструкції вітаміну С можуть бути пояснені тільки впливом інших факторів. Організація експерименту в досліді [4] і діапазон результатів (втрати в при одному режимі по коров'ячому молоці 41-80%, або по козиному 36-92%) не дозволяють проводити коректне зіставлення.

Зіставлення розрахункових величин з даними [5] також показує їх менші значення в порівнянні з дослідними. Частково це може бути пояснено недоліками організації експерименту: жодним чином не враховується внесок стадій нагрівання та охолодження в загальний ефект ∇ , що частково можливе за рахунок впливу інших механізмів руйнування поживних речовин, що виникають при нагріванні.

Залежність (3) в координатах $\ln K - (1/T)$ в цілому носить нелінійний характер, але можна припустити її лінійність в невеликому інтервалі температур (65...85 °С). Для зазначеного інтервалу значення тангенса нахилу прямої, розрахованої по залежності (3), $E/R = 55504$, що незначно перевищує очікуване (для більшості мікроорганізмів $E/R = 30000-50000$). Високий темп відмирання пояснюється тим, що при пастеризації розглядається загибель тільки вегетативних клітин. Для поживних компонентів, наприклад вітамінів групи В, величина $E_x/R = 10000-12000$.

ВИСНОВОК: Перебір величин E/R і E_x/R в зазначених вище діапазонах реальних значень показав якісну незмінність картини втрат по моделі, з чого слідує теоретична перевага режиму миттєвої пастеризації для зменшення втрат поживних компонентів молока. Однак модель не враховує особливості реальних середовищ і можливість впливу інших факторів, окрім теплового. Тому, для реальних середовищ її слід використовувати тільки як оціночну, і при

цьому враховувати можливе протікання в середовищах хімічних реакцій, ініційованих нагріванням.

Аналіз рівнянь регресії (2.10) і (2.11) дозволяє виділити фактори, які найбільше впливають на даний процес.

На кількість бактерій молока найбільший вплив робить тривалість теплообробки пастеризатора, найменше – жирність молока. Ступінь впливу параметрів відносно один одного $b_1: b_3 = 5,41$, причому знак плюс перед коефіцієнтом при лінійних членах вказує на те, що при збільшенні вхідного параметра значення вихідного параметра збільшується.

На питомі енерговитрати, найбільший вплив робить температура нагріву молока, найменше – тривалість теплообробки пастеризаторі.

Відношення коефіцієнтів, що стоять перед лінійними членами, що показують ступінь впливу параметрів відносно один одного, виявилися рівними: $b_2: b_1 = 2,38$.

Всі отримані рівняння нелінійні. Таким чином, в результаті виконання чотирнадцяти дослідів отримано інформацію про вплив факторів і побудована математична модель процесу, що дозволяє розрахувати величину бактеріального обсіменіння молока і питомі енерговитрати на проведення процесу пастеризації всередині обраних інтервалів варіювання вхідних факторів.

На рис. 3.1 – 3.6 наведені залежності критеріїв оцінки Y_i від основних факторів: тривалості тепло обробки τ , с, температури нагріву молока T , К і жирності молока $Ж$, що впливають на процес пастеризації.

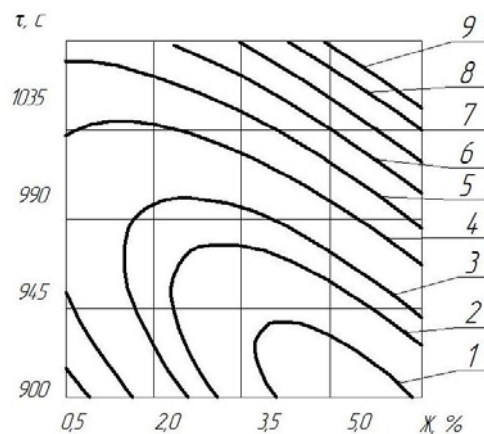


Рис. 3.1 –Криві рівних значень бактеріальної забрудненості молока $Y1 \cdot 105$, КОЕ/см³ при варіюванні тривалості витримки і жирності:
1 – 0,37; 2 – 0,62; 3 – 0,87; 4 – 1,12; 5 – 1,37; 6 – 1,62; 7 – 1,87; 8 – 2,12; 9 – 2,37

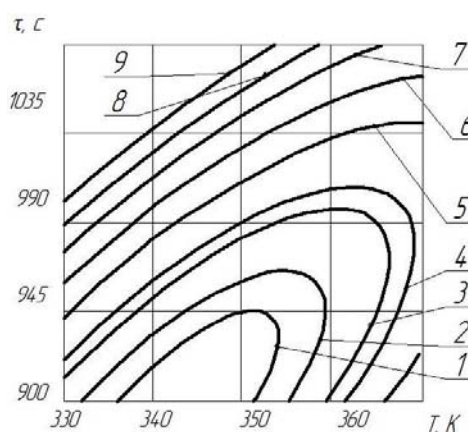


Рис. 3.2 –Криві рівних значень бактеріальної забрудненості молока $Y1 \cdot 105$, КОЕ/см³ при варіюванні тривалості витримки і температури
1 – 0,37; 2 – 0,62; 3 – 0,87; 4 – 1,12; 5 – 1,37; 6 – 1,62; 7 – 1,87; 8 – 2,12; 9 – 2,37

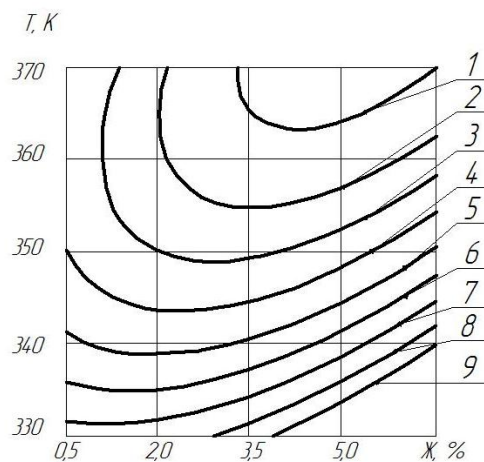


Рис. 3.3 –Криві рівних значень бактеріальної забрудненості молока $Y1 \cdot 10^5$, КОЕ/см³ при варіюванні температури і жирності:

1 – 0,37; 2 – 0,62; 3 – 0,87; 4 – 1,12; 5 – 1,37; 6 – 1,62; 7 – 1,87; 8 – 2,12; 9 – 2,37

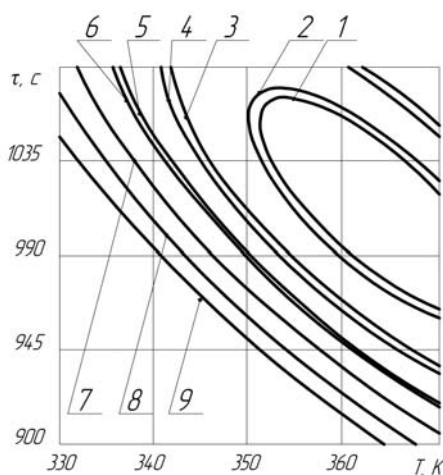


Рис. 3.4 –Криві рівних значень питомих енерговитрат молока $Y2 \cdot \text{кВт}$ при варіюванні тривалості витримки і температури:

1 – 42,60; 2 – 48,45; 3 – 54,30; 4 – 60,15; 5 – 66,0; 6 – 71,85; 7 – 77,70; 8 – 83,55;
9 – 89,40

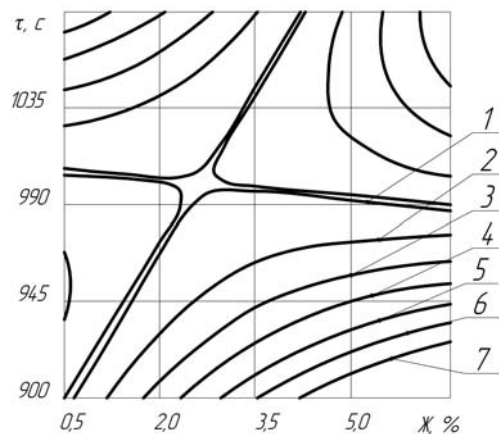


Рис. 3.5 –Криві рівних значень питомих енерговитрат молока $Y_2 \cdot \text{кВт}$ при варіюванні тривалості витримки і жирності:

1 – 42,60; 2 – 48,45; 3 – 54,30; 4 – 60,15; 5 – 66,0; 6 – 71,85; 7 – 77,70; 8 – 83,55;
9 – 89,40

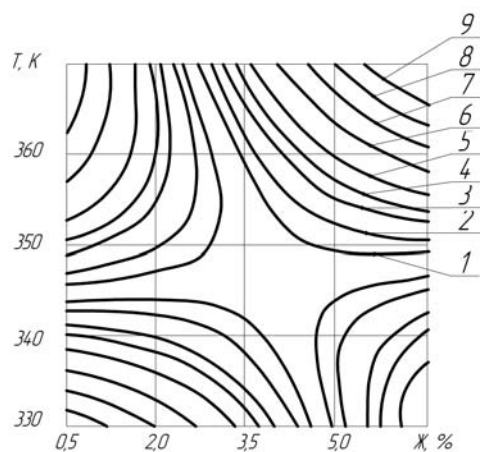


Рис. 3.5 –Криві рівних значень питомих енерговитрат молока $Y_2 \cdot \text{кВт}$ при варіюванні температури і жирності:

1 – 42,60; 2 – 48,45; 3 – 54,30; 4 – 60,15; 5 – 66,0; 6 – 71,85; 7 – 77,70; 8 – 83,55;
9 – 89,40

4. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

Для виробництва молочних продуктів молоко підлягає обов'язковій пастеризації.

Україна за рахунок сприятливих агрокліматичних умов має значний потенціал для виробництва молока та молочних продуктів. Однак на даному етапі більшість підприємств молокпродуктового підкомплексу України, зокрема стан їх сировинної бази, потребують покращання. Досліджено, що наразі спостерігається значний спад у виробництві молока всіма підприємствами України. Так, у 2017 р. в Україні було вироблено 10 682,4 тис. т молока, у порівнянні з 1990 р., в якому було вироблено 24 508,3 тис. т, відбулося зменшення на 99,6%, з 2000 р. – на 15,61%, з 2010 р. – на 5,03%. Тому пріоритетним напрямком робіт по вдосконаленню та створенню нових пастеризаційно-охолоджувальних установок є зниження енергоємності теплообмінних процесів, мінімізація їх геометричних параметрів, зниження вартості.

Сучасні пастеризаційно-охолоджувальні установки типу ВТП, ОПФ, ОПД, ОПУ, в яких високотемпературними теплоносіями є пара, гаряча вода, маючи велику продуктивність, характеризуються значними енерговитратами на одиницю продукції (50...70 кВт.год/т), великою металоємністю, наявністю застійних зон і, як наслідок, перегрівом молока у пристінних зонах. Перегрів молока у пристінних зонах негативно впливає на харчові і смакові якості молока, що робить його мало придатним для переробки у вторинні продукти.

Підвищення ефективності пастеризації молока можливе шляхом конструктивного удосконалення обладнання, шляхом введення додаткової рухомої поверхні теплообміну. Дане впровадження дозволить зменшити час нагрівання молока до температури пастеризації, та збільшити продуктивність обладнання.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Ліляка ДМ	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Брижань МО	Назва, додаткова назва Розрахункова частина	230616.MP.09.004.ПЗ				
	Документ затверджено Якимчук МВ		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/19	

Існуючі технології виробництва питного пастеризованого молока не є досконалими. Основні причини цього: втрата в процесі переробки функціональних властивостей молока як унікальної біологічної рідини; нетривалі терміни зберігання молока; обмеженість науково-обґрунтованих рекомендацій щодо комплексної переробки сировини з залученням досконалого високопродуктивного обладнання і біологічно активних речовин.

Основними недоліками існуючих ємнісних пастеризаторів є периферійний підвід тепла до резервуару з продуктом, можливий перегрів продукту у пристінному шарі, внаслідок чого на теплообмінній поверхні утворюється "накип" у вигляді білку або молочного каменю. Мала площа поверхні теплообміну спричиняє недостатню інтенсивність процесу та збільшує його тривалість, що негативно впливає на продуктивність апарату[5].

4.1. Розрахунок продуктивності модернізованого обладнання

Цей недолік можна частково усунути за рахунок рівномірного підводу теплової енергії в об'єм продукту, який знаходиться в ванні.

Інтенсифікація процесу початкового нагріву молока в ванні досягається за рахунок збільшення загальної поверхні теплообміну і підвищення коефіцієнту теплопередачі з поверхні перемішуючого пристрою

Поверхня теплообміну існуючих ємнісних пастеризаторів з циліндричним корпусом і периферійним підведенням тепла:

$$F_t = \pi \cdot D_{\text{вн}} \cdot H_{\text{ц}}, \quad (4.1)$$

де $D_{\text{вн}}$ – внутрішній діаметр циліндричної частини робочої камери; $H_{\text{ц}}$ – висота циліндричної частини робочої камери.

Поверхня теплообміну запропонованої конструкції ємнісного пастеризатора з гріючою мішалкою:

$$F'_t = F_t + F_m, \quad (4.2)$$

де F_m – сумарна площа гріючої мішалки, яка дорівнює:

$$F_m = \pi(d_{\text{тр}} h_{\text{тр}} + n d_{\text{л}} l_{\text{л}}), \quad (4.3)$$

Таким чином, подача пари в перемішуючий пристрій запобігає утворенню застійних зон при пастеризації, оскільки продукт в процесі нагрівання постійно перемішується.

Нагрівання продукту до температури пастеризації відбувається за рахунок конвективної передачі тепла від стінок робочої камери та від рухомого перемішуючого пристрою:

$$Q = k \cdot (F_T + F_m)(t_k - t_n), \quad (4.4)$$

де Q – кількість теплоти, що передається продукту; t_k і t_n – кінцева і початкова температура продукту, k – коефіцієнт теплопередачі.

Загибель живих клітин в молоці та руйнування вітамінів і ферментів від впливу температури можна описати експоненційною залежністю Дальберга-Кука. В більшості випадків залежність часу пастеризації τ від температури t виражають рівнянням виду:

$$\ln \tau = \alpha_n - \beta_n t, \quad (4.5)$$

де α_n і β_n – коефіцієнти, які залежать від виду мікроорганізмів та середовища, в якому вони знаходяться, t – температура пастеризації.

Тривалість пастеризації, розрахована за формулою (1.5) може відрізнитись від тривалості у виробничих умовах. Це пояснюється тим, що дана залежність справедлива при миттєвому нагріванні продукті до температури t . В реальних тривалість нагрівання молока до температури пастеризації залежить від способу підведення енергії.

Запропонована конструкція передбачає одночасну передачу теплової енергії від стінок апарата, та перемішуючого пристрою, який додатково інтенсифікує процес теплообміну. Це дає змогу зменшити тривалість циклу пастеризації, за рахунок зменшення тривалості нагрівання продукту до заданої температури.

На рис. 4.1. наведено порівняльний графік процесу пастеризації в типовій та запропонованій конструкції ємнісного пастеризатора з циліндричним корпусом

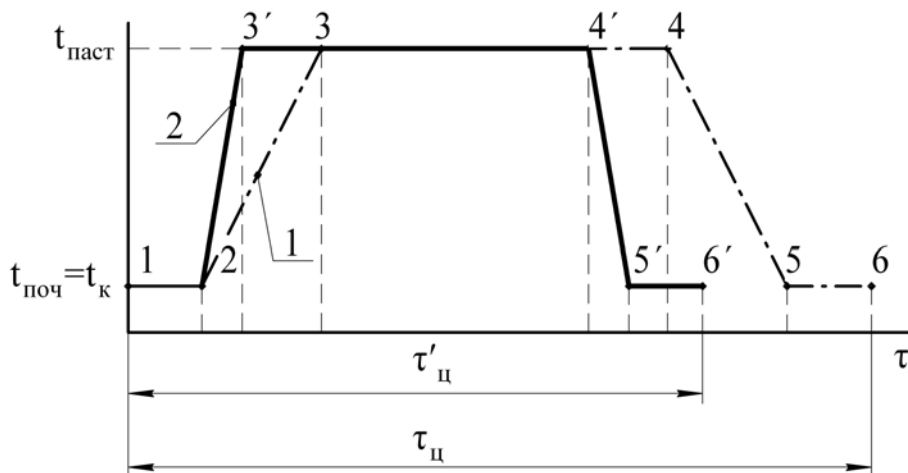


Рис. 4.1. Порівняльний графік процесу пастеризації:

1 – в типовому ємнісному пастеризаторі; 2 – в пастеризаторі з гріючою мішалкою

Цикл пастеризації складається з наступних операцій: заповнення робочої камери продуктом (1 – 2); нагрівання продукту до температури пастеризації (2 – 3 і 2 – 3'); витримки молока при температурі пастеризації (3 – 4 і 3' – 4'); охолодження до кінцевої температури (4 – 5 і 4' – 5') і виведення з апарату (5 – 6 і 5' – 6'). Як видно з графіку, тривалість заповнення апарату продуктом, витримки при заданій температурі і виведення пастеризованого молока однакова для обох випадків. Однак зменшення часу на нагрів і охолодження продукту за рахунок комплексного використання теплової та механічної енергії дозволяє підвищити продуктивність пастеризатора.

ВИСНОВОК: подача теплоносія в перемішуючий пристрій ємнісного пастеризатора дає змогу значно підвищити його продуктивність за рахунок комплексного використання теплової та механічної енергії.

4.2. Конструкційний розрахунок

При розрахунку ємнісного пастеризатора необхідно визначити місткість і пропускну здатність обладнання, температуру молока на початку і в кінці

кожної технологічної операції, ефективність перемішування і потужність приводу.

На рис. 4.2. наведено схему робочої камери ємнісного пастеризатора і встановлення гріючого перемішуючого пристрою.

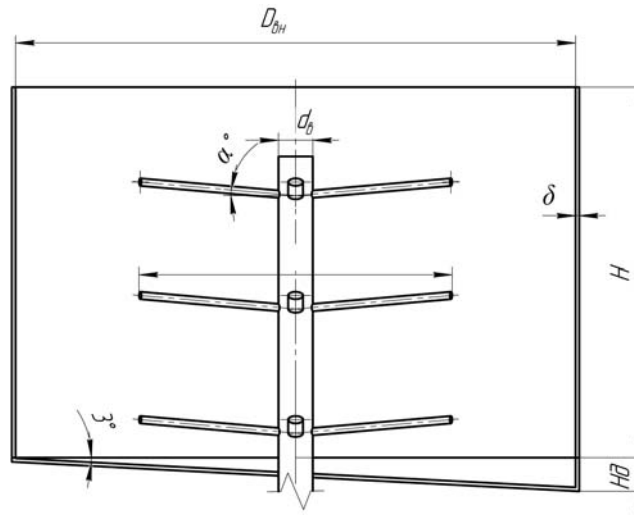


Рис. 4.2. Схема робочої камери пастеризатора

1. Приймаємо діаметр циліндричної робочої камери пастеризатора $D_{\text{вн}}=1,5$ м, висоту циліндричної частини $H=1,0$ м, кут нахилу днища 3° .

Тоді місткість пастеризатора (рис. 6.1) буде дорівнювати:

$$V_p = \varphi(0,5\pi D_{\text{вн}}^2 H + 0,25 \cdot \pi D_{\text{вн}}^2 H_d - V_{\text{міш}}), \quad (4.1)$$

де $H_d = D_{\text{вн}} \cdot \text{tg}3 = 0,07$ м – висота нахилоного днища; $V_{\text{міш}}$ – об'єм гріючого перемішуючого пристрою, м^3

$$V_{\text{міш}} = 0,5 \cdot \pi d_{\text{в}}^2 \cdot h_{\text{м}} + \sum 0,5 \cdot \pi d_{\text{л}}^2 \cdot l_{\text{л}} \quad (4.2)$$

Приймаємо $d_{\text{в}}=0,1$ м, $d_{\text{л}}=0,033$ м, $h_{\text{м}}=0,8$ м. Виходячи зі співвідношення $\frac{D_{\text{вн}}}{d_{\text{м}}} = 1,5$, приймаємо довжину лопаті мішалки: $l_{\text{л}}=1-0,05=0,95$ м.

Тоді:

$$V_{\text{міш}} = 0,5 \cdot \pi 0,1^2 \cdot 0,8 + 12 \cdot 0,5 \cdot \pi 0,033_{\text{л}}^2 \cdot l_{\text{л}} = 0,0126 + 1,95 = 1,9626 \text{ м}^3$$

2. Приймаємо коефіцієнт заповнення ємності продуктом $\varphi=0,9$

Тоді місткість ємнісного пастеризатора складатиме:

$$V_p = 0,9(0,5\pi \cdot 1,5^2 \cdot 1 + 0,25 \cdot \pi \cdot 1,5^2 \cdot 0,07 - 1,9626) = 0,9(3,53 + 0,123 - 1,9626) = 1,52 \text{ м}^3$$

У таблиці 4.1. наведено фізико-хімічні показники молока коров'ячого при різних температурах

Характеристика вхідної сировини:

t, °C	ρ , кг/м ³	c, кДж/(кг·K)	λ , Вт/(м·K)	$\nu \times 10^6$, м ² ·с	Pr
10	1033	3,88	0,531	2,393	18,12
20	1028	3,94	0,542	1,74	12,99
40	1020	3,96	0,564	1,02	7,29
60	1010	3,98	0,586	0,703	4,82
70	1005	3,99	0,597	0,617	4,14

Визначимо продуктивність ємнісного пастеризатора:

$$M = \varphi \cdot \rho \cdot V_p, \quad \text{кг / цикл} \quad (4.3)$$

де V_p – об'єм апарата, м³; ρ – густина сировини, кг/м³; φ – коефіцієнт завантаження;

$$M = 0,9 \cdot 1033 \cdot 1,52 = 1413 \text{ кг / цикл}$$

3. Поверхня теплообміну запропонованої конструкції ємнісного пастеризатора з гріючою мішалкою:

$$F_T = \pi \cdot D_{\text{вн}} \cdot H_{\text{ц}} + F_M, \quad (4.4)$$

де F_M – сумарна площа гріючої мішалки, яка дорівнює:

$$F_M = \pi(d_{\text{тр}} h_{\text{тр}} + n d_{\text{л}} l_{\text{л}}), \quad (4.5)$$

де $d_{\text{тр}} = 0,06D_{\text{вн}}$ і $h_{\text{тр}} = 0,8H_{\text{ц}}$ – зовнішній діаметр і висота трубовалу; $d_{\text{л}}$ і $l_{\text{л}}$ – зовнішній діаметр і довжина лопаті, n – кількість лопатей.

4. Враховуючи критерії подібності при проектуванні ємнісного пастеризатора ($d_{\text{тр}} = 0,06D_{\text{вн}}$, $h_{\text{тр}} = 0,8H_{\text{ц}}$) та приймаючи діаметр лопатей 0,04 м та кут їх встановлення $\alpha = 2^\circ$ отримуємо:

$$F_T = \pi(D_{\text{вн}} H_{\text{ц}} + 0,06D_{\text{вн}} \cdot 0,8H_{\text{ц}}) + 0,18n \cos 2^\circ, \text{ м}^2. \quad (4.6)$$

$$F_T = \pi(1,5 + 0,06 \cdot 1,5 \cdot 0,8) + 0,18 \cdot 12 \cdot 0,99 = 3,71 \text{ м}^2.$$

5. Пропускна здатність ємнісного пастеризатора залежить від тривалості технологічного циклу $\tau_{\text{ц}}$, яка складається з тривалості заповнення ємності

продуктом τ_z , тривалості нагрівання до температури пастеризації τ_n , тривалості витримки τ_v , охолодження продукту до температури наступної технологічної операції τ_{ox} , та тривалості опорожнення робочої ємності $\tau_{вив}$.

Таким чином,

$$\tau_{\Sigma} = \tau_z + \tau_n + \tau_v + \tau_{ox} + \tau_{вив}$$

В баланс тривалості технологічного процесу експлуатації ємнісного пастеризатора входять тривалість заповнення і спорожнення внутрішнього об'єму. В основі розрахунку цих величин лежить формула витікання рідини через патрубок:

$$v = \mu \sqrt{2gH_p}, \quad (4.7)$$

де μ – коефіцієнт витрат, що залежить від в'язкості витікаючої рідини, (для молока $\mu=0,7 \dots 0,75$); g – прискорення вільного падіння, m/s^2 ; H_p – висота шару продукту від зливного патрубка до рівня рідини.

Таким чином:

$$\tau_{вив} = \frac{2F\sqrt{H}}{\mu f \sqrt{2g}}, \quad (4.8)$$

де f – площа поперечного перерізу зливного патрубка.

$$\tau_{вив} = \frac{2 \cdot 3,71 \cdot \sqrt{1}}{0,75 \cdot 0,002 \sqrt{2 \cdot 9,81}} = \frac{7,42}{0,066} = 112 \text{ с}$$

4.3. Тепловий розрахунок

Проведемо тепловий розрахунок основних параметрів ємнісного пастеризатора, якщо одночасне завантаження складає 1413 кг, тривалість обробки – 30 хв, поверхня теплообміну – 3,71 m^2 температура приміщення 20°C, мінімальна температура завантажувальної сировини – 40°C, максимальна – 72°C.

ТЕПЛОФІЗИЧНІ ПАРАМЕТРИ МОЛОКА

Коефіцієнт теплопровідності: $\lambda=0,5704 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ [1, 3]; ..

Густина молока: $\rho = 1024,7 \text{ кг/м}^3$ [1,3];

Динамічна в'язкість молока: $\mu = 0,95 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ [1,3];

Кінематична в'язкість: $\nu = 0,927 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$ [1,3];

Питома теплоємність: $C = 3827 \text{ Дж/кг} \cdot \text{с}$ [1,3].

ТЕПЛОФІЗИЧНІ ПАРАМЕТРИ ВОДИ

Коефіцієнт теплопровідності: $\lambda = 0,618 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$ [2];

Густина молока: $\rho = 996 \text{ кг/м}^3$ [2];

Динамічна в'язкість молока: $\mu = 804 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$ [2];

Кінематична в'язкість: $\nu = 0,8 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$ [2];

Питома теплоємність: $c = 4180 \text{ Дж/кг} \cdot \text{с}$ [2].

Товщина шару ізоляції – 50 мм. Тепловий розрахунок проводимо знаючи об'єм пастеризатора – $V = 1,52 \text{ м}^3$.

Тривалість нагрівання молока від початкової температури до температури пастеризації становитиме:

$$\tau_n = \frac{M \cdot c \cdot 2,31 \lg \frac{t_n - t_1}{t_n - t_2}}{F_T \cdot k}, \quad (4.9)$$

де M – маса молока в пастеризаторі, кг; c – питома теплоємність молока; t_n – температура парової сорочки, $^{\circ}\text{C}$; t_1 і t_2 – початкова і кінцева температура продукту, $^{\circ}\text{C}$; F_T – загальна площа теплообміну, м^2 ;

$$\tau_n = \frac{1413 \cdot 3827 \cdot 2,31 \lg \frac{103 - 40}{103 - 72}}{3,71 \cdot 2900} = \frac{1660118}{10759} = 154,6 \text{ с.}$$

В той же час тривалість нагрівання молока до температури пастеризації в типових ємнісних пастеризаторах складає 270...480 с. Отже, встановленням гріючого перемішуючого пристрою вдалося скоротити тривалість виходу на режим на 42,8 %.

Тривалість охолодження пастеризованого молока до температури розливу становитиме:

$$\tau_{\text{ок}} = \frac{1413 \cdot 3827 \cdot 2,3 \lg \frac{72 - 0,5}{10 - 0,5}}{3,71 \cdot 2900} = \frac{470456,9}{10759} = 1005,7 \text{ с}$$

Витрата тепла на підігрів металевих частин котла

$$Q_1 = c \cdot G \cdot (t_2 - t_1), \text{ кДж} \quad (4.10)$$

де c – теплоємність металевих частин котла, приймаємо 0,48 кДж/кг·град;

G – маса металевих частин котла,

$$G = \pi \cdot \rho \cdot \delta (D - \delta) \cdot H + \pi \cdot \rho \cdot \delta (d_{\text{тр}} - \delta) \cdot h + 12 \pi \cdot \rho \cdot \delta (d_{\text{л}} - \delta_{\text{л}}) l \quad (4.11)$$

де $\delta=4$ мм і $\delta_{\text{л}}=1,5$ мм – товщина стінки корпусу і лопаті.

$$G = 149,45 + 7,67 + 13,44 = 170,56 \text{ кг}$$

t_2 – кінцева температура стінок пастеризатора, $t_2=80$ °C;

t_1 – початкова температура стінок пастеризатора, $t_1=20$ °C.

Тоді:

$$Q_1 = 0,48 \cdot 170,56 \cdot 60 = 4912,13 \text{ кДж / кг} \cdot \text{град}$$

1. Витрати тепла на підігрів ізоляції пастеризатора (при поверхні нагріву 3,71 м² і товщині шару – 50 мм):

Теплоємність ізоляції (по таблицям) – 1,8 кДж/(кг·град).

Тоді:

$$Q_{\text{т}} = c_{\text{т}} \cdot G_{\text{т}} \cdot (t_2 - t_1) = 1,8 \cdot 0,012 \cdot 60 = 1,296 \text{ кДж / кг} \cdot \text{град}$$

3. Витрати тепла на нагрівання молока до температури пастеризації:

$$Q_2 = k \cdot F \cdot \tau (t_{\text{п}} - t_{\text{к}}) \text{ кДж} \quad (4.9)$$

де k – коефіцієнт теплопередачі, кДж/м²·год·град

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (4.10)$$

де α_1 – коефіцієнт теплопередачі від пари до води в сорочці; $\alpha_1=5000$ кДж/(м²·год·град);

δ – товщина шару накипу, $\delta=0,001$ м;

λ – коефіцієнт теплопровідності накипу, $\lambda = 0,8$ кДж/м² год град

α_2 – коефіцієнт теплопровідності від води в сорочці до внутрішньої стінки пастеризатора; $\alpha_2 = 200$ кДж/(м²·год·град);

α_3 – коефіцієнт теплопровідності від стінки пастеризатора до продукту; $\alpha_3 = 200$ кДж/(м²·год·град);

F – поверхня теплопередачі, $F = 3,71$ м²;

τ – тривалість процесу, $\tau = 30$ хв;

Тоді

$$Q_2 = 2489 \cdot 3,71 \cdot 900(72 - 40) = 26594,4 \text{ кДж / кг} \cdot \text{град}$$

4.4. Розрахунок основних параметрів перемішування для інтенсифікації теплообміну

В даному випадку, при одному місці закріплення лопаті, згинаючий момент дорівнює крутному моменту на валу мішалки:

$$M_3 = M'_{\text{кр}} = \frac{N}{z\omega} = \frac{1400}{2 \cdot 5.77} = 121 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Крутний момент в перерізі закріплення лопаті:

$$M_{\text{кр}} = P_l l = 184 \cdot 0,501 = 92,1 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент опору перерізу лопаті:

$$W = \frac{\sqrt{M_{\text{кр}}^2 + M_{\text{кр}}^2}}{[\sigma]} = \frac{\sqrt{121^2 + 92.1^2}}{[1.08 \cdot 10^8]} = 1.4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Товщина лопаті:

$$\delta' = \sqrt{\frac{6W}{b}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 1.4}{10 \cdot 0.08}} = 0.0105 \text{ м}$$

З врахуванням прибавки на корозію, приймаємо $\delta = 15$ мм.

Продуктивність, кг/с:

$$Q_m = AV_{\text{ос}} \rho \cdot k_1 k_2,$$

де A - площа кола, описаного лопатями гвинта радіусом R_6 , м²

$$A = \pi \cdot R_b^2,$$

$$A = \pi \cdot 1^2 = 3,14, \text{ м}$$

V_{oc} - осьова швидкість потоку, м/с

$$V_{oc} = R_b \omega \cdot \operatorname{tg} \alpha,$$

$$V_{oc} = 1 \cdot 5,77 \cdot \operatorname{tg} 5^\circ = 0,15 \text{ м/с}$$

ω - кутова швидкість мішалки, рад/с; α - кут нахилу лопатей, град.

Потужність привода мішалки

Критерій потужності:

$$K_N = 0,146 \operatorname{Re}^{0,96} Fr^{0,6} \left(\frac{D}{d} \right)^{0,91} \left(\frac{t}{d} \right)^{1,22}$$

$$Fr_b = \frac{n^2 d}{g} = \frac{15^2 \cdot 0,3}{9,81} = 6,88$$

$$b = \frac{x - \lg \operatorname{Re}}{18} = \frac{0,7 - 5,385}{18} = -0,26$$

Тоді:

$$K_N = 0,146 \cdot 243000 \cdot 0,96 \cdot 6,88^{-0,26} \cdot \left(\frac{1,5}{1} \right)^{0,91} \left(\frac{0,6}{0,3} \right)^{1,22} = 107200$$

Потужність на перемішування:

$$N = K_N \mu n^2 d^3 = 107200 \cdot 0,005 \cdot 17^2 \cdot 1^3 = 2,12 \text{ кВт}$$

Вибираємо привід потужністю 2,2 кВт

4.5. Правила монтажу та технічного сервісу модернізованого обладнання

Вибір матеріалів застосовуваних у харчовому машинобудуванні, і при виготовленні пастеризаційних установок зокрема, обумовлений наступними основними факторами: допустимістю контакту з харчовими продуктами, економічною доцільністю застосування, а також вимогами до надійності і довговічності устаткування. При проектуванні машин і апаратів харчового машинобудування ці задачі вирішуються шляхом застосування конструкційних матеріалів дозволених для контакту з харчовими продуктами, використання найбільш дешевих з відповідаючим вимогам конструкції матеріалів, а також сполученням пари

конструкційних матеріалів, що забезпечує найменший можливий знос, тертя.

Довговічність машин визначається головним чином зносостійкістю деталей, тому одним з основних шляхів збільшення терміну служби і надійності роботи устаткування є підвищення зносостійкості деталей тертьових поверхонь.

Зі зношенням деталей збільшуються зазори, порушується нормальна робота апарата, виникають ударні навантаження на поверхні деталей.

Вихід деталей з ладу внаслідок зношування приводить до простоїв устаткування, порушення ритму виробництва, що не припустимо в виробництва на молокозаводі. У цьому випадку питання надійності устаткування набувають особливо важливе значення, тому що від роботи пастеризатора залежить робота всього іншого устаткування.

Внутрішні частини пастеризатора знаходяться в постійному контакті з молоком.

Застосування сталі 40Х13 і бронзи БрОЦС5-5-5 для металевих пар тертя в вологому твердому матеріалі економічно недоцільна, а корозієстійкі сталі 12Х17 і 12Х18Н10Т, бронза БрАЖ9-4, прості латуні, свинцеві бабіти для роботи в цих умовах не придатні. В цих умовах найбільш зносостійкою й економічно виправданою парою тертя є пара сталь - сталь.

Зносостійкість залізовуглецевих сплавів зростає зі збільшенням у їхній структурі перліту. Тому для збільшення довговічності чепцевого ущільнення захисні втулки варто виготовляти зі сталі з великим змістом чи вуглецю із сірого перлітного чавуна.

Найбільший знос деталей спостерігається на ділянках з максимальною відносною швидкістю руху середовища.

Таким чином при виборі конструкційних матеріалів, були засновані матеріали, що дозволені органами Держсаннагляду міністерства

охорони здоров'я України і забезпечують високу довговічність, й економічну доцільність їх використання.

Розробка технології складання підшипникового

Процес складання є заключним етапом виготовлення машини, що визначає в значній ступені її експлуатаційні якості. Процес виготовлення машини може гарантувати досягнення усіх необхідних її експлуатаційних показників, а також надійності і довговічності в експлуатації лише при умові високоякісного проведення усіх етапів складання машини (тобто складання і регулювання окремих складаних одиниць – вузлів і загального складання і випробовування виготовленого виробу в цілому).

Це пов'язано з тим, що в процесі складання по різних причинах можуть виникати похибки взаємного розташування деталей, які суттєво знижують точність і службові якості виробу, що складається.

Трудомісткість складання складає 25 ... 35 % загальної трудомісткості виготовлення виробів, а при великому обсязі припасовувальних робіт (в одиничному і дрібносерійному виробництві) вона досягає 40 ... 50 %.

Тому технологічні процеси механічної обробки завжди підпорядковуються технології складання. Тільки розглядаючи виріб в цілому, можна визначити службове призначення кожної окремої деталі, встановити необхідну ступінь точності і шорсткості, призначити вимоги до поверхневого шару, визначити граничні відхилення геометричної форми, тобто призначити технічні умови на виготовлення і складання.

Об'єктами виробництва машинобудівної промисловості є різні машини.

Машини, механізми і установки, їх агрегати або деталі у процесі виробництва їх на машинобудівному підприємстві є виробами.

Виріб – будь-який предмет або набір предметів, що їх виробляють на підприємстві.

Виріб – одиниця промислової продукції, кількість якої обчислюють в штуках (примірниках).

У залежності від наявності або відсутності складових частин вироби поділяють на розспецифіковані і нерозспецифіковані.

ГОСТ 3.1109 – 82 встановлює такі види виробів:

- деталь;
- базова деталь;
- складання одиниця (складень);
- складальний комплект;
- комплектувальний виріб;
- агрегат.

Деталь – це виріб, який виготовлений із однорідного за найменуванням і маркою матеріалу без застосування складальних операцій.

Базова деталь – це деталі з базовими поверхнями, що виконують в складальному з'єднанні (вузлі), роль з'єднувальної ланки, що забезпечує при складанні відповідне відносне положення інших деталей.

Складання одиниця (складень) – частина виробу, яка складається окремо і в подальшому приймає участь в процесі складання як єдине ціле.

Складальний комплект – це група складових частин виробу, які необхідно подати на робоче місце для складання виробу або його складової частини.

Комплектувальний виріб – це виріб підприємства-постачальника, застосовуваний як складова частина виробу, що його випускає підприємство-виробник.

Агрегат – це складання одиниця, яка має повну взаємозамінність, можливість складання окремо від інших складових частин виробу (або виробу в цілому) і властивість виконувати визначену функцію у виробі або самостійно.

За конструкцією і умовами експлуатації з'єднання деталей можуть бути:

- рухомі;
- нерухомі.

Рухомі і нерухомі з'єднання у залежності від можливості демонтажу поділяються на:

- рознімні (що вільно розбираються);
- нерознімні (що не розбираються).

З'єднання можуть бути:

- нерухомими рознімними (нарізні, пазові, шпонкові, штифтові, конічні) – I клас;
- нерухомими нерознімними (з'єднання, які отримані: запресовуванням, розвальцьовуванням, клепанням) – II клас;
- рухомими рознімними (вал – вальниця, плунжер – втулка, зубці зубчастих коліс) – III клас;
- рухомими нерознімними (деякі вальниці, запірні клапани) – IV клас.

Найбільш розповсюдженими в машинобудуванні з'єднання класу III, а потім класів I і II. З'єднання класу IV зустрічаються рідко.

В даному розділі розглянуто технологію складання проміжного підшипника з муфтою.

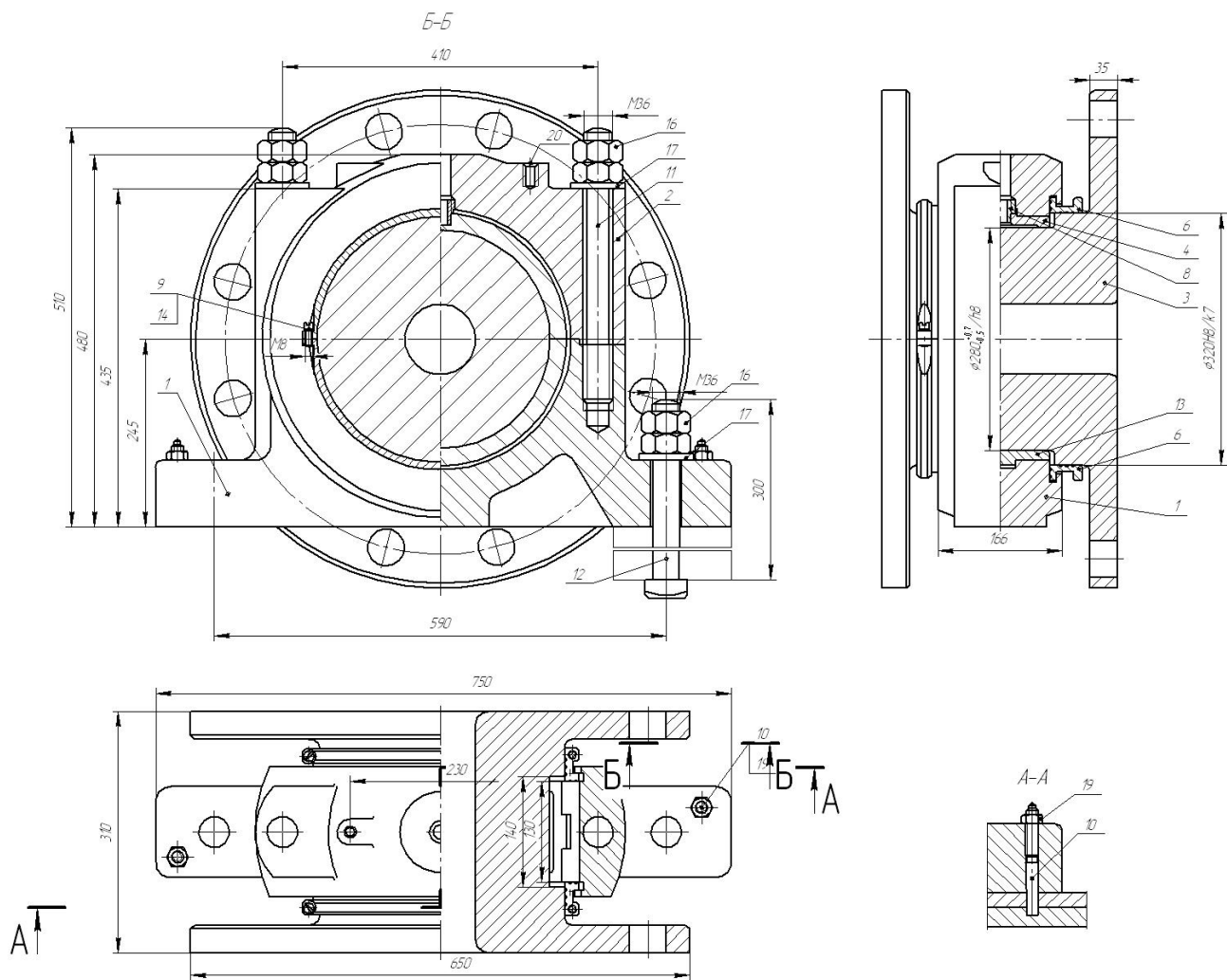


Рис.4.1. Ескіз вузла

Таблиця 4.2.

Подетальний склад вузла

Номер позиції деталі	Назва деталі	Кількість деталей	Номер позиції деталі	Назва деталі	Кількість деталей
1	Корпус підшипника	1	11	Шпилька М36	2
2	Кришка підшипника	1	12	Болт М36	2
3	Муфта	1	13	Втулка	1
4	Втулка	1	14	Шайба 8	4
6	Ущільнювач	4	16	Гайка М36	8
8	Втулка	1	17	Шайба 36	4
9	Гвинт М8	4	19	Гайка М16	2
10	Штифт М16	2	20	Гвинт М12	2

Таблиця 4.3.

Технологічний маршрут складання вузлу

№ операції	№ переходу, зміст переходу
10.Складання корпусу підшипника (Ск. 1)	10.1. Установити корпус підшипника на верстаті і закріпити його 10.2. Встановити 2 штифти М16 10.3. Закрутити 2 гайки М16 10.4. Встановити 2 болти М36 10.5. Встановити 2 шайби 36 10.6. Закрутити 2 гайки М36 10.7. Змонтувати втулку 10.8. Встановити 2 ущільнювача
20.Встановлення муфти	20.1. Встановити муфту у корпус підшипника
30.Встановлення кришки підшипника (Ск. 2)	30.1. Закрутити втулку у втулку 30.2. Встановити втулку у кришку підшипника 30.3. Змонтувати 2 ущільнювача на втулку 30.4. Встановити 4 шайби 8 30.5. Закрутити 4 гвинти М8 у корпус підшипника 30.6. Закрутити 2 шпильки М36 у корпус підшипника 30.7. Встановити 2 шайби 36 на шпильки 30.8. Закрутити 4 гайки на шпильках 30.9. Закрутити 2 гвинти М12
40. Контрольна	40.1. Проконтролювати складання вузла
50. Фарбування	50.1 Пофарбувати виріб
60. Консервація	60.1. Нанести захисне покриття

Порядок мийки

Миття ванни потрібно проводити після кожного випорожнення. Миття виробляють циркуляцією миючих розчинів трубопроводами, циркуляцією з подачею миючих розчинів через форсунку 24, вручну за допомогою щіток.

1 Видалити залишки продукту з ванни. Для видалення залишків продукту обполоснути все поверхні і деталі ванни, які мають контакт з харчовим продуктом, теплою водою зі шланга. Температура води повинна бути не нижче 40°C. Час ополіскування 5 - 7 хвилин.

2 Миття ванни проводити миючим розчином. Температура миючого розчину повинна бути не менше 55°C. Час впливу миючого розчину 10...15 хвилин. Для миття переважно використовувати розчин миючої суміші «Сінтрол». У разі використання розчину каустичної соди необхідна подальша обробка розчином азотної або сульфаминової кислоти. Температура розчинів соди $75 \pm 5^\circ\text{C}$, кислоти $65 \pm 5^\circ\text{C}$. Час впливу розчинів 10 - 15 хвилин. При проведенні ручного миття поверхонь використовувати щітки. Для миття відводів, кранів, муфт і закритих місць використовувати йоржики. Миючий розчин видаляється з поверхонь подачею водопровідної води з шланга.

3 Дезінфекцію ванни проводити дезінфікуючими розчинами, приготовленими відповідно до п. 9.2.2. Температура дезінфікуючого розчину повинна бути 20°C. Час впливу розчинів 10 - 15 хвилин. У разі застосування ручної мийки дезінфікуючий засіб наноситься на поверхні ванни за допомогою щіток і йоржиків. Дезінфікуючий розчин видаляється з поверхонь за допомогою водопровідної води з шланга до повного видалення слідів і запаху дезінфектанту. Після закінчення миття та дезінфекції поверхні ванни і зняті деталі витерти насухо. Як дезінфектанта можна використовувати гарячу воду з температурою 90 - 95°C. Час обробки 10 - 15 хвилин.

Рекомендовані миючі та дезінфікуючі розчини.

Миючі розчини:

розчин каустичної соди (0,8...1,0)%

розчин азотної або сульфаминової кислоти (0,3...0,5)%

розчин миючої суміші "Сінтрол" (2,5...3,0)%

Допускається використовувати миючий засіб "Дізмол".

Дезінфікуючі розчини:

розчин хлорного вапна 150...200 мг / л

хлорамін 150...200 мг / л

гіпохлорид натрію 150...200 мг / л

гіпохлорид калію 150...200 мг / л

Примітка. У разі простою ванни зняті деталі зберігаються розкладеними на чистій тканині і накритими серветкою. Перед завантаженням ванни необхідно провести повторну дезінфекцію ванни і знятих деталей.

Технічне обслуговування

Технічне обслуговування ванни зводиться до дотримання правил експлуатації, викладених в даному паспорті, усунення дрібних несправностей і періодичному огляді, дотримання санітарних правил для підприємств харчової промисловості.

Технічне обслуговування покупних комплектуючих, що входять до складу ванни (мотор-редуктора і інших виробів), проводиться у відповідність з вимогами технічних паспортів або інструкцій по експлуатації на ці вироби.

Періодично, не рідше 1 разу на місяць, перевіряти стан ущільнюючих прокладок, манжет та інших резино-технічних виробів, наявних у ванні.

Періодично, не рідше 1 разу на місяць, змащувати додаткову манжету вала мотор-редуктора вазеліновим маслом.

Щодня перевіряти справність заземлення. Не рідше 1 разу на рік зачищати до блиску місця під болти заземлення і покривати їх мастилом ЦИАТИМ-201 ГОСТ 6267-74.

5. ПРИНЦИПИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТОМ ПРОЕКТУВАННЯ

Ванна тривалої пастеризації з гріючою мішалкою являє собою вертикальну тристінну ємність (робоча камера, теплообмінна рубашка, кожух) на опорах, виконану з нержавіючої сталі.

а

б

Рис 5.1. Ємнісний пастеризатор з гріючим перемішуючим пристроєм:
а – загальний вигляд: 1 – парова камера; 2 – патрубок подачі продукту; 3 – корпус; 4 – пустотілі лопаті; 5 – пульт керування; 6 – трубовал; 7 – привід; 8 – патрубок зливу продукту; б – вузол подачі теплоносія в перемішуючий пристрій :9 – парова камера; 10, 11 – кришки; 12 – ущільнення; 13– хвостовик трубовалу; 14 – трубовал 15 – підшипник; 16 – стакан; 17 – розпірна втулка; 18 – шків;

В боковій частині корпусу, знаходиться патрубок подачі продукту 2, через який, в резервуар потрапляє сировина. В верхній частині корпус закритий кришкою ванни, яка складається з стаціонарної та відкидної частин. У стаціонарній частині закріплено систему безрозбірного миття.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Лялька ДМ	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа НУХТ	Розробник документа Брижань М.О.	Назва, додаткова назва Принципи автоматизованого управління об'єктом проекткування	230616.MP.09.005.173			
	Документ затверджено Якимчук МВ.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/6

Пульт керування 5 слугує для запуску і контролю електроприводу, який через шків 18 приводить в рух перемішуючий пристрій. Перемішуючий пристрій являє собою трубовал 6, до якого приварені пустотілі лопаті 4. Нагрів сировини відбувається парою, яка подається в змійовик парової сорочки та в перемішуючий пристрій, через вхід у змійовик і через коробку подачі пару 1, відповідно. Для уникнення перегріву продукту в пристінному шарі, теплообмінна сорочка складається з ємності, заповненої водою та змійовика, в який подається пара. Рівень води в ємності регулюється трубкою переливу.

Пристрій подачі пари в перемішуючий пристрій (рис. 5.1, б) складається зі стаціонарно закріпленої парової камери 9, обладнаної патрубками подачі пари та виведення конденсату. Хвостовик трубовалу 13 зварений з трубовалом 14. За допомогою сальникового ущільнення в кришках 10 і 12 хвостовик обертається і передає обертання трубовалу. Пустотілі лопаті 4 встановлені під кутом α . Кут α вибирається таким чином, щоб конденсат міг стікати і парову камеру, режим руху рідини в об'ємі був турбулентним, але піна на поверхні продукту не утворювалась. Конденсат, утворений в процесі нагрівання виводиться через конденсатовідвідник змійовика та через коробку подачі пару і виходу конденсату.

Система безрозбірного миття. Підтримка температури розчину під час мийки є ключовим чинником для завершення мийки в межах розумного часу. У системах СІР-мийки передбачена можливість контролю температури подачі або відведення миючої рідини, що гарантує досягнення необхідної температури в ході дезінфекції робочої камери.

У ручних і автоматичних системах дозування хімічних засобів відбувається за допомогою високоякісних дозуючих насосів, для гарантії високої опірності до корозії і надійності. Після кожного дозування відкривається нагнітаюча лінія води для видалення залишків хімічних продуктів. Таким чином забезпечується гарантія від кристалізації, корозії

або можливості того, що хімічні засоби вступають в реакцію один з одним усередині насоса.

Дозуючі станції дозволяють дозувати препарати як безпосередньо в танки з розчинами («batch-type»), так і в потік ("in line»). Процес дозування контролюється датчиками концентрації, встановленими в потоці миючих розчинів, для ефективного досягнення необхідного результату дозування.

У контурі автоматичної СІР-мийки швидкість потоку миючих розчинів контролюється двома вимірювачами швидкості потоку, встановленими на лінії видачі, та на лінії повернення миючих розчинів, для досягнення ефективної швидкості і турбулентності потоку.

В ємнісному пастеризаторі з гріючим перемішуючим пристроєм проводиться нагрів, перемішування, охолодження, пастеризація, змішування і при необхідності зберігання молока.

Продукт через патрубок 2 подається в робочу камеру апарата до заповнення 0,95 % її об'єму. Після спрацювання датчика об'єму починається подача теплоносія в теплообмінну сорочку і перемішуючий пристрій через патрубок парової камери. Одночасно з подачею теплоносія вмикається електродвигун, який через пасову передачу приводить в рух мішалку. Продукт підігрівається до температури 40 °С, після чого вимикається двигун і подача пари, і продукт через патрубок 8 подається на нормалізацію і гомогенізацію.

Після видалення продукту вмикається система безрозбірного миття.

Нормалізоване і гомогенізоване молоко повертається через патрубок 2 до пастеризатора, вмикається двигун і подача пари, і молоко догрівається до температури пастеризації (65...75 °С) та витримується при ній протягом 30...35 хв. Після цього припиняється подача теплоносія в перемішуючий пристрій, а в теплообмінну сорочку починається безперервна подача крижаної води, таким чином продукт охолоджується до 10 °С. Після

охолодження продукт зливається через патрубок 8, та спорожнілий пастеризатор очищається за допомогою системи безрозбірного миття.

Автоматичний контроль та управління процесом пастеризації

Блок управління призначений для автоматичної підтримки температури продукту у внутрішній ванні (датчик температури продукту), температури теплоносія в теплообмінних сорочці (датчик температури теплоносія) та контролю рівня теплоносія в сорочці (датчик рівня).

На вимірнику-регуляторі, розташованому на передній панелі блоку управління, задаються температура продукту і максимально допустима температура теплоносія. У процесі автоматичного регулювання відбувається періодичне включення (при зниженні температури нижче заданої) або відключення (при перевищенні заданої температури процесу) подачі пари в сорочку і мішалку. При цьому індикатор «нагрів» на лицьовій панелі блоку управління відображає подачу теплоносія. При відсутності мінімально допустимого рівня води в сорочці або рівня продукту в апараті відбувається відключення подачі пари (якщо вона була включена), а на лицьовій панелі блоку управління загоряється індикатор «АВАРІЙНИЙ РЕЖИМ».

Управління процесом пастеризації

1. Перевірити візуально наявність заземлення.
2. Перевірити підключення ванни до водопроводу, каналізації і до парогенератору.
3. Перевірити рівень теплоносія в теплообмінних сорочці і при необхідності доповнити його.
4. Перевірити візуально герметичність з'єднання трубопроводів.
5. Заповнити робочий об'єм ванни внутрішньої продуктом через вхідний патрубок
6. Зовнішнім автоматичним вимикачем подати харчування на блок управління; загоряться індикатори мережі: «А», «В», «С».

6.1. Натиснути кнопку «ВКЛ» на блоці управління, загориться індикатор «ЖИВЛЕННЯ» і цифровий індикатор температури вимірювача-регулятора.

6.2. Короткочасним (близько 1 с) натисканням кнопки ПРОГ. перейти в режим програмування уставок температури і гістерезису. На індикаторі висвітлиться поточна уставка каналу I, що визначає максимальну температуру продукту у ванні внутрішньої.

6.3. Кнопками ▲ і ▼ встановити необхідне значення уставки «T1» максимальної температури продукту (наприклад, 75 °C).

6.4 Натиснути кнопку ПРОГ. - на індикаторі буде значення зони повернення «DT1» першої уставки.

6.5 Кнопками ▲ і ▼ встановити необхідне значення зони повернення (наприклад, 1 °C).

Нагрівання припиняється при досягненні продуктом температури, що перевищує значення уставки «T1» на величину зони повернення «DT1». При охолодженні продукту до температури «T1-DT1» знову включається нагрів. Таким чином у ванні підтримується температура від «T1-DT1» до «T1 + DT1».

Збільшення зони повернення зменшує частоту включення пускачів і збільшує їх ресурс.

6.6. Натиснути кнопку ПРОГ. - на індикаторі висвітлиться поточна уставка каналу II, яка визначає максимальну температуру теплоносія в теплообмінних сорочці.

6.7. Кнопками ▲ і ▼ встановити необхідне значення уставки «T2» максимальної температури теплоносія в теплообмінних сорочці (наприклад, 90 °C).

6.8. Натиснути кнопку ПРОГ. - на індикаторі буде значення зони повернення «dT2» другий уставки.

6.9. Кнопками ▲ і ▼ встановити необхідне значення зони повернення (наприклад, 1 °C).

Нагрівання припиняється при досягненні теплоносієм температури, що перевищує значення уставки «T2» на величину зони повернення «dT2». При охолодженні теплоносія до температури «T2-dT2» знову включається нагрів. Таким чином в теплообмінній сорочці підтримується температура від «T2-dT2» до «T2 + dT2».

При використанні продукту з низькою теплопровідністю або низькою температурою пастеризації для запобігання локального перегріву продукту у ванні внутрішньої 1 рекомендується температуру теплоносія встановлювати максимально ближче до температури продукту.

6.10. Натиснути кнопку ПРОГ. - система вийде з режиму програмування із запам'ятовуванням всіх внесених змін - на індикаторі ізмеріртеля-регулятора відображається поточна температура продукту.

7. Включити поворотний вимикач «нагрів» (для ванни ИПКС-072-630-01 (Н) «нагрів ГР I» і «нагрів ГР II»), при цьому загоряться відповідні індикатори.

8. Включити мотор-редуктор, натиснувши кнопку «ПУСК». Мішалка почне обертання.

9. При відсутності мінімального допустимого рівня теплоносія, відбувається відключення нагріву, а на лицьовій панелі блоку управління загоряється індикатор «АВАРІЙНИЙ РЕЖИМ». Через кран 10 необхідно дозаповнити теплоносієм теплообмінну сорочку, після чого індикатор «АВАРІЙНИЙ РЕЖИМ» згасне і включиться нагрів. При появі з переливної труби теплоносія, кран 10 можна перекрити.

10. Після закінчення процесу пастеризації відключити нагрів, відкрити кран 16 і подати охолоджувач. Після охолодження продукту закрити кран 16, вимкнути мотор-редуктор, натиснути кнопку «ОТКЛ» і відключити зовнішній автоматичний вимикач.

11. Для екстреного відключення ванни служить кнопка (у вигляді «червоного грибка») «АВАРІЙНИЙ СТОП», розміщена на лицьовій панелі блоку управління.

6. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ

Закон України «Про охорону праці» із змінами і доповненнями, внесеними Законами України від 15 грудня 1996 року N 196/96-ВР визначає основні положення щодо реалізації конституційного права працівників на охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, на належні, безпечні і здорові умови праці, регулює за участю відповідних органів державної влади відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні. Згідно ст.1 Закону України «Про охорону праці» Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової, діяльності.

Закон характеризує багаточисленні нововведення:

- застосування економічних методів управління охороною праці, створення, спеціальних фондів охорони праці на державному, галузевому, регіональному, рівнях, використання ряду додаткових штрафних санкцій, а також пільги щодо оподаткування;
- створення чіткої системи органів державного управління за охороною праці;
- істотних розширення прав і соціальних гарантій робітників та ін.

Ст.6 «Право робітника на охорону праці під час роботи» говорить про те, що робітник має право на відмову від отриманого доручення, якщо склалася ситуація, шкідлива для його життя або здоров'я, або навколишнього середовища. Робітник має право розірвати договір за власним бажанням, якщо власник не виконав умов договору з цього питання. В ньому випадку робітнику виплачується вихідна допомога в розмірі, передбаченим трудовим договором, але не менше 3-х місячного заробітку.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Лопська Д.М.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Брижань М.О.	Назва, додаткова назва Заходи з охорони праці та охорони довкілля		230616.MP.09.006.ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.			Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/16

В ст.7 розглядаються питання про право робітників на пільги і компенсацію в тяжких і шкідливих умовах праці. Робітники, зайняті на роботах з шкідливими і важкими умовами праці, безкоштовно забезпечуються лікувально-профілактичним харчуванням, молоком або відповідними харчовими препаратами і мають право на оплачувальні перерви санітарно-оздоровчого характеру, скорочення тривалості робочого дня, додаткових оплачувальних відпусток і т.п.

Ст.9. «Відшкодування шкоди у разі ушкодження здоров'я працівників або у разі їх смерті». Відшкодування шкоди, заподіяної працівникові внаслідок ушкодження його здоров'я або у разі смерті працівника, здійснюється Фондом соціального страхування від нещасних випадків відповідно до Закону України "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності".

За працівниками, які втратили працездатність у зв'язку з нещасним випадком на виробництві або професійним захворюванням, зберігаються місце роботи (посада) та середня заробітна плата на весь період до відновлення працездатності або до встановлення стійкої втрати професійної працездатності. У разі неможливості виконання потерпілим попередньої роботи проводяться його навчання і перекваліфікація, а також працевлаштування відповідно до медичних рекомендацій.

Час перебування на інвалідності у зв'язку з нещасним випадком на виробництві або професійним захворюванням зараховується до стажу роботи для призначення пенсії за віком, а також до стажу роботи із

шкідливими умовами, який дає право на призначення пенсії на пільгових умовах і в пільгових розмірах.

На ТДВ «Пирятинський сирзавод» існує певний тип робіт, за якими передбачені пільги і компенсації. Наприклад, в компресорній - робота з

аміаком. Робітники компресорної-отримують спеціальне харчування і передбачено, що вони йдуть на пенсію на 5-ть років раніше.

Відповідно до Закону України "Про охорону праці" служба охорони праці створюється Власником чи уповноваженим їм органом (надалі — власник) на підприємствах, в установах, організаціях незалежно від юридичних форм власності і видів їх діяльності для організації виконання правових, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, соціально-економічних і лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на запобігання нещасних випадків, професійним захворюванням і аваріям у процесі праці.

На ТДВ «Пирятинський сирзавод» в 2023 році промислово-виробничий персонал налічував 333 чол. Згідно до Закону України "Про охорону праці" на підприємстві служба охорони праці представлена в особі інженера з охорони праці. Він підпорядковується безпосередньо керівнику підприємства.

Служба охорони праці виконує такі основні функції:

- опрацьовує ефективну цілісну систему управління охороною праці, сприяє удосконаленню діяльності в цьому напрямку кожного структурного підрозділу і кожної посадової особи;
- проводить оперативно-медичне керівництво роботою по охороні праці, складає разом зі структурними підрозділами підприємства комплексні заходи щодо досягнення встановлених нормативів безпеки, гігієни праці і виробничого середовища (підвищення існуючого рівня охорони праці, якщо встановлені норми досягненні), а також розділ "Охорона праці" у колективному договорі;
- проводить для працівників вступний інструктаж з питань охорони праці.

Основними шкідливими та небезпечними виробничими факторами при роботі на сирній дільниці є :

- рухомі машини та механізми (автомат для фасування сиру при механічному його виготовленні, а також сама лінія механічного виробництва сиру);

- технологічний постійний шум, що перевищує ГДР в середніх та високочастотних октавних полосах на 2-8 дБ;

- параметри мікроклімату в холодний період не відповідають допустимим нормам (температура повітря нижче на 1-2 %), відносна вологість вище допустимої на 10-12 %);

- недостатня освітленість робочої зони;

- небезпечний рівень напруги в електричному ланцюгу при замкненні через тіло людини.

Мікроклімат виробничих приміщень - це метеорологічні умови в виробничій зоні, котрі визначаються діючими на людину поєднанням температур, вологи і швидкості руху повітря.

Під виробничою зоною розуміють простір, висотою до 2 м над рівнем підлоги, або площадки, на якій знаходиться місце постійного (більше 50% робочого часу, або більше 2-х годин безперервно), або тимчасового пересування робітників. Параметри мікроклімату вимірюються в холодний і теплий період на потязі одного дня на початку, середині та кінці робочої зміни.

Оптимальні та допустимі значення показників мікроклімату в виробничій зоні повинні відповідати ГОСТу 12.1.005-88 і СН № 4088-86.

Основні показники мікроклімату на ділянці по виробництву незбираномолочних продуктів представлені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1. Основні параметри мікроклімату

Темпера- тура зов- нішнього повітря	Параметри повітряного середовища на постійному робочому місці								
	Оптимальна			Допустима			Фактична		
	t°C	Від- носна воло- га, %	Шкідл. руху повіт- ря, м/с	t°C	Від- носна воло- га, %	Шкідл. руху повіт- ря, м/с	t°C	Від- носна воло- га, %	Шкідл. руху повіт- ря, м/с
Нижче +10°C	20-22	40-60	0,2	18-20	70	0,3	16	60	0,1
Вище -10°	20-25	40-60	0,2	16-27	70	0,3	18	60	0,1

З таблиці 6.1. видно, що параметри мікроклімату в холодний період не відповідають допустимим нормам (температура повітря нижче на 2-4С°, відносна вологість вище допустимої на 10 %).

Виробниче освітлення має суттєве значення в зниженні виробничого травматизму, зменшення потенційно шкідливих захворювань органів зору, створює нормальні умови праці та підвищує загальну працездатність організму.

На робочих місцях на дільниці виробництва незбираномолочних продуктів забезпечується суміщене освітлення (природне і штучне).

За протоколом дослідження природного освітлення була складена таблиця 6.2.

Таблиця 6.2. Дослідження природного освітлення на дільниці незбираномолочних продуктів.

Найменуван- ня робочого місця	Розряд зорових робіт	Нормативний коєф. освітленості, %	Фактичний коєф. освітленості, %	Освітленість, лк
Дільниця незбираномо- лочних продуктів	IV (середньої точності)	1,5 бокове освітлення	10	E=200

Таблиця 6.3. Дослідження штучного освітлення

Найменування робочого місця	Розряд зорових робіт	Тип освітлення та висота підвісу	Норма найменшої освітленості, лк	Фактична освітленість, лк
Дільниця незбираномолочних продуктів	IV	22 світильника ПВА (5 не працюють $p=5\text{м}$)	100	50

Дослідження природного освітлення показує, що на дільниці незбираномолочних продуктів фактичний коефіцієнт природної освітленості більше нормативного.

Дослідження штучного освітлення показує, що фактичне освітлення на робочому місці в двічі нижче від встановленої норми.

В зв'язку з зростаючими темпами механізації і автоматизації виробничих процесів останнім часом на молокозаводі збільшується кількість і потужність обладнання, що призводить до підвищення шуму в цехах. Існують розроблені санітарні норми щодо обмеження шкідливого впливу виробничого шуму на організм робітників, якими передбачено гранично допустимі рівні шуму на різних робочих місцях, визначено рекомендації по обмеженню його.

Інтенсивний шум при тривалій дії на робітника шкідливо відображається на його здоров'ї і працездатності. Він може призвести до часткової, а інколи і до повної втрати слуху, подразнююче діє на центральну нервову систему. Під впливом шуму притуплюються гострота зору, сповільнюється реакція, збільшуються втрати м'язової енергії, змінюється ритм дихання, підвищується кров'яний тиск, сповільнюється процес травлення.

Для зниження рівня виробничого шуму немає якогось універсального для всіх підприємств методу, так як кожен цех молокозаводу характеризується своїми особливостями.

Боротьба за зниження шуму ведеться в основному в наступних напрямках: ізоляція машин, які створюють сильний шум; зниження шуму в місці його виникнення; поглинання шуму; зниження передачі звуку. Там, де неможливо знизити рівень шуму, робітників забезпечують індивідуальними засобами захисту.

Потенційну небезпеку для людини являють собою кабельні лінії. Ураження електричним струмом може виникнути в результаті дотику до струмоведучих провідників з пошкодженою ізоляцією.

На підприємстві використовується струм частотою 50 Гц і напругою 380/220 В з заземленою нейтраллю. Найбільшу небезпеку являє однофазний дотик людини до трифазної мережі з заземленою нейтраллю. Визначимо силу струму в цьому випадку:

$$I = U_{\phi} / (R_{\text{т}} + R_{\text{підл.}} + R_{\text{взут.}} + R_0)$$

де, U_{ϕ} - фазна напруга, (220 В);

$R_{\text{т}}$ - опір тіла людини, (1000 Ом);

$R_{\text{підл}}$ - опір підлоги, (6000 Ом);

$R_{\text{взут.}}$ - опір взуття, (50000 Ом);

R_0 - 4 Ом

Розглянемо випадок з найбільш несприятливими умовами, тобто коли $R_{\text{підл}} = 0$ Ом і $R_{\text{взут.}} = 0$ Ом, тоді

$$I = 220 / 1000 = 0,22 \text{ А} = 220 \text{ мА}$$

Сила струму в цьому випадку дорівнює 220 мА, а це вище порогового фібриляційного струму і надзвичайно небезпечно для людини.

Приміщення за ступенем небезпеки ураження людини електричним струмом відноситься до класу особливо небезпечних.

Виникнення пожежі в виробничому приміщенні має особливу небезпечність, так як несе великі матеріальні витрати та людські жертви.

Приміщення дільниці з виробництва незбираномолочних продуктів відноситься по класифікації споруд і приміщень за вибухопожежонебезпекою до категорії - Д (негорючі речовини і матеріали в холодному стані).

Горючими компонентами є двері, ізоляція кабелю, будівельні матеріали для акустичного і естетичного оздоблення приміщень.

Джерела запалювання: електропроводка, електричні прилади технологічної оснастки, силові кабельні лінії.

Внаслідок різних порушень може виникнути перегрів елементів, що може призвести до загорання горючих матеріалів. Таким чином, можливий клас пожежі - Е (пов'язаний з аваріями електроустаткування).

По вибухопожежній безпеці виробництво відноситься до категорії Д і В. По ступеню вогнестійкості будівлі відносяться до II класу. Протипожежна безпека будівель досягається застосуванням конструкцій і матеріалів, які мають потрібну межу вогнестійкості і забезпечують будівлям необхідну ступінь вогнестійкості відповідно СНіП 2.02.03 – 85.

Розрахунок запасу води для двогодинного пожежегасіння.

Кількість води для двогодинного пожежегасіння визначаємо за формулою:

$$Q=2\cdot3600\cdot(n_1+n_2)/100, \text{ м}^3,$$

де 3600 і 1000 – перевідні коефіцієнти відповідно годин – в секунди і літрів - в м³;

n_1 - потреба води на внутрішнє пожежегасіння, л/с ($n_1=5\text{л/с}$);

n_2 - потреба води на зовнішнє пожежегасіння, л/с.

Потреба води на зовнішнє пожежегасіння знаходимо за таблицею в залежності від ступені вогнестійкості будівлі, категорії виробництва по вибухопожежонебезпеці та об'єму будівлі. У нашому випадку ступінь

вогнестійкості будівлі – II, категорія виробництва по вибухопожебезпеці – Д.

$$Q = \frac{2 \cdot 3600 \cdot (5 + 10)}{1000} = 108 \text{ м}^3 \text{ — витрати води на внутрішнє і зовнішнє}$$

пожежегасіння.

1. Для оптимізації параметрів мікроклімату:
 - наскрізне провітрювання;
 - улаштування кондиціонерів, що забезпечують оптимальні параметри мікроклімату;
 - устаткування зволожувачів.
2. Для покращення природного освітлення:
 - своєчасно очищувати скло світлових зазорів, стелі і стін від пилу і виробничих забруднень;
 - використання одночасно з природним освітленням і штучного, в тому числі місцевого на ділянках, віддалених від світлових прорізів.
3. Для покращення штучного освітлення:
 - замінити не працюючі лампи;
 - поставити додатково 2 освітлювача типу ПВА з лампами ЛБ-40;
 - своєчасно очищувати арматуру і лампи освітлювачів від пилу і ін.
4. Для зменшення впливу шуму:
 - при проведенні планово-попереджувального ремонту звертати особливу увагу на своєчасну заміну зношених деталей та вузлів обладнання, особливо підшипників;
 - зменшення шуму, що виробляється насосами, можливо досягти використовуючи з'ємно-розбірні звукоізоляційні корпуси, устаткування на гумовій основі.
5. У цілях електробезпеки:
 - здійснювати контроль за якістю ізоляції струмоведучих проводів;
 - розміщення електророзеток в важкодоступних місцях, закрити вільні

розетки заглушками.

6. Для забезпечення пожежонебезпеки:

- використання пожежної сигналізації ИДФ-1, ДПИ-Д;
- використання вогнегасників ОХП-10, ОХВП-10, ОВП-10;
- запобігання утворенню горючого середовища за допомогою надійної герметизації обладнання.

Охорона довкілля

В процесі виробництва відбувається забруднення навколишнього середовища такими речовинами як: діоксид азоту, оксид вуглецю, метан, ртуть, аерозоль гідроокису натрію, оксид заліза, фреони.

В процесі виробництва молочної продукції на молокопереробних підприємствах відбувається забруднення навколишнього середовища. Характеристики місць утворення шкідливих речовин на підприємстві:

1. Піч для випічки вафельних стаканчиків – джерело 1,2

На підприємстві в цеху по виробництву морозива, експлуатуються дві печі для випічки вафельних стаканчиків. В якості палива використовується природний газ. Витрата палива – 52400 м³/рік. При згорянні палива у печах в атмосферне повітря виділяються забруднюючі речовини: діоксид азоту, оксид вуглецю, а також парникові гази: вуглекислий газ, оксид діазоту, метан, ртуть.

2. Аміачно-холодильна компресорна станція – джерело 3-6

Для забезпечення холодоагентами відділення для зберігання сировини і готової продукції на виробництві експлуатується аміачно-холодильна компресорна станція. За рахунок негерметичності апаратури в атмосферне повітря виділяються пари аміаку.

3. Дільниця мийки обладнання і тари для молочних продуктів – джерело.

В процесі мийки обладнання і тари для молочних продуктів в атмосферне повітря виділяється аерозоль гідроокису натрію.

4. Цех по виробництву сухого молока – джерело 8

Сушка сухого молока відбувається в сушильній установці американського типу. В процесі сушки сухого молока виділяється пил сухого молока, що надходить в атмосферне повітря після очищення в групі технологічних циклонів ефективністю 97%.

5. Зварювальне виробництво – джерело 9.

На підприємстві експлуатується зварювальний пост. В якості електродів використовуються електроди марки АНО-3. В ході зварювальних робіт в атмосферне повітря виділяються забруднюючі речовини: оксид марганцю і оксид заліза.

6. Ремонтно-механічне відділення – джерело 11.

На виробництві експлуатуються металообробні верстати: токарний, токарногвинторізний. При роботі металообробних верстаків в атмосферне повітря виділяються забруднюючі речовини: пил металевий.

7. Деревообробний цех – джерело 12.

На виробництві експлуатуються деревообробні верстати: фуговальний, рейсмусний, циркулярна пила. При роботі верстаків в атмосферне повітря виділяється пил деревини.

8. Холодильне виробництво – джерело 13

Для зберігання молочної продукції на підприємстві експлуатується 6 холодильних установок. В якості холодоагента використовуються різні види фреонів: фреон-507, фреон-404, фреон-22. Дозаправка фреону становить 8 кг на рік на одну установку [3].

Отже, в процесі виробництва відбувається забруднення навколишнього середовища такими речовинами:

- діоксид азоту;
- оксид вуглецю;
- метан;

- ртуть;
- аерозоль гідроокису натрію;
- оксид заліза;
- фреони.

Двоокис азоту належить до сімейства високою реакційною газу називаються оксиди азоту (NO_x). Двоокис азоту є сильним окислювачем, який реагує у повітрі з утворенням азотної кислоти, а також токсичних органічних нітратів. Він також відіграє важливу роль в атмосферних реакціях, які утворюють приземний озон (смог). Діоксид азоту є токсичним для рослин в короткостроковій концентрації 120 мкг/м^3 . Коли діоксиду сірки та озону в даний час вплив на рослинність, ще гірше. Поряд з діоксидом сірки, діоксидом азоту також може призвести до випадання кислотних дощів. Чадний газ (CO) являє собою безбарвний, без запаху, отруйний газ. Чадний газ вступає в реакцію з іншими забруднювачами виробляти приземного озону, який може завдати шкоди здоров'ю людини, пошкодження будівель та сільськогосподарських культур.

Метан CH_4 виробляється у великих кількостях в результаті біологічних перетворень в природі. Оцінки обсягів щорічних природних джерел та стоків метану в світі складають приблизно 500 мільйонів тонн. З даних 1990 року, в Україні найбільший внесок у викиди метану вносить енергетика - біля 65%, також багато метану викидається при виробництві сільськогосподарської продукції та при утилізації відходів. Метан - супутній продукт спалювання біомаси та неповного згорання палива. Поглиначами метану є ґрунти та хімічні перетворення в атмосфері.

Ртуть є єдиним загальним металом, який не замерзає при звичайних температурах. Ртуть іноді називають ртуттю. Це важкий, сріблясто-білий рідкий метал. Це досить поганий провідник тепла в порівнянні з іншими металами, але це справедлива провідником електрики. Всі ртуті, які

викидаються в навколишнє середовище, в кінцевому рахунку виявляються в ґрунтах і поверхневих водах. Ртуть з ґрунту можуть накопичуватися в грибах. Кислотні поверхневі води можуть містити значну кількість ртуті. Риби це організми, які поглинають велику кількість метил-ртуті з поверхні води щодня. Як наслідок, метил-ртуть може накопичуватися в рибі і в харчових ланцюгах, що вони є частиною. Ефект, що ртуть має на тварин: пошкодження нирок, руйнування шлунка, пошкодження кишечника, репродуктивна недостатність і ДНК зміни.

Гідроксид натрію не має запаху. Таким чином, запах не дає попередження небезпеки. Легке подразнення носа і горла, служить вказівкою впливу пилу або туману містять гідроксид натрію при концентрації більше 0,5 мг/м³. Порошкоподібному вигляді натрій є вибухонебезпечною у воду і отрута комбінованих і незв'язаний з багатьма іншими елементами.

Залізо блискучий, пластичний, ковкий, сріблясто-сірого кольору метал. Залізо частіше всього буває позитивно дво- і тривалентним і з киснем утворює: FeO – монооксид заліза і Fe₂O₃ – сесквіоксид (півтораоксид) заліза. У сухому повітрі при звичайній температурі залізо досить стійке, але у вологому швидко ржавіє, вкриваючись товстим шаром іржі. Іржа є сумішшю оксидів і гідроксидів феруму. Найбільшу частину іржі складає сесквіоксид заліза Fe₂O₃ і тригідроксид заліза Fe(OH)₃. Крім того, до її складу входить монооксид заліза FeO, дигідроксид заліза Fe(OH)₂ та інші сполуки.

Фреони – галогеноалкани, фторвмісні похідні насичених вуглеводнів (головним чином метану і етана), використовувані як холодоагенти в холодильних машинах. Крім атомів фтору, у молекулах фреонів утримуються звичайно атоми хлору, рідше – бром. Відомо більш 40 різних фреонів більшість з них випускається промисловістю. Причиною зменшення озону в стратосфері й утворення озонових дір є виробництво і застосування хлор- і бромвмісних фреонів. Потрапляючи після використання в атмосферу, вони

розкладаються під впливом ультрафіолетового випромінювання Сонця. Компоненти, що вивільнилися, активно взаємодіють з озоном у так називаному галогеновому циклі розпаду атмосферного озону. Контроль за дотриманням нормативів ГДВ (ТПВ) на підприємстві проводиться безпосередньо на джерелах викидів і по фактичному забрудненню атмосфери на спеціально вибраних контрольних точках, розміщених на межі санітарно-захисної зони та в селітебній зоні.

Вимірювання проводяться відповідно слідуючої методики:

"Збірник методик по визначенню концентрації забруднюючих речовин в промислових викидах". Гідрометеовидавництво, 1987 р.

Якщо підприємство своєї санітарної лабораторії не має, для виконання вимірювань рекомендовано користуватись послугами лабораторій інших підприємств, районної СЕС, а також послугами пуско-налагоджувальних організацій за договором.

Відповідальність за здійсненням контролю дотримання нормативів ГДВ і покладається на керівництво підприємства.

Основними критеріями якості атмосферного повітря при встановленні ГДВ для джерел забруднення атмосферного повітря є гранично допустимі концентрації (ГДК), затверджені центральним органом виконавчої влади з охорони здоров'я [3].

При цьому необхідно витримати співвідношення, щоб відношення розрахункової концентрації цієї речовини було менше або дорівнювало б одиниці.

Аналіз машинних розрахунків розсіювання викидів від підприємства показує, що величини приземних концентрацій по всіх забруднюючих речовинах на межі СЗЗ нижче ГДК і негативного впливу на стан забруднення атмосфери не дають.

Найбільш поширені забруднюючі речовини, що викидаються

підприємством є: діоксид азоту, оксид вуглецю, речовини у вигляді твердих суспендованих частинок, аміак, гідроокис натрію, оксид заліза, оксид марганцю, фреон – 22 [3].

Напрямки зменшення шкідливого впливу підприємства на навколишнє середовище

Регулювання викидів здійснюється із врахуванням прогнозу несприятливих метеорологічних умов, що призводить до формування високого рівня забруднення атмосфери.

Регулювання викидів здійснюється також із врахування прогнозу несприятливих метеорологічних умов на підставі концентрації домішок в повітрі.

Попередження про можливі несприятливі метеорологічні умови можуть бути трьох ступенів небезпеки і у відповідності з цим передбачається три режими роботи підприємства при несприятливих метеорологічних умовах.

При першому режимі роботи підприємства заходи повинні забезпечити зниження викидів забруднюючих речовин в атмосферному повітрі менше, чим 15%.

Заходи носять організаційно-технічний характер, не потребують суттєвих витрат і не ведуть до зниження продуктивності технологічного обладнання:

- посилити контроль за точним дотриманням технологічного регламенту виробництва, за роботою контрольно-вимірювальних приладів;
- заборонити роботу обладнання в форсованому режимі;
- обмежити вантажно-розвантажувальні роботи, які зв'язані з підвищенням виділення забруднюючих речовин в атмосферне повітря;
- заборонити продувку і чистку обладнання, газоходів і ємкостей;
- посилити контроль за герметичністю систем і агрегатів;
- не виконувати ремонтні роботи, що пов'язанні з виділенням

забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

При другому режимі роботи підприємства заходи повинні забезпечити зниження викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря на 20-40%.

Ці заходи включають всі заходи першого режиму, а також заходи, які дають можливість зниження викидів в атмосферне повітря за рахунок скорочення продуктивності окремих виробництв підприємства.

При третьому режимі роботи підприємства заходи повинні забезпечити зниження викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря на 40-60%.

Ці заходи включають всі заходи першого і другого режимів, а також заходи, які дають можливість зниження викидів в атмосферне повітря за рахунок скорочення продуктивності окремих ділянок підприємства.

7. МАРКЕТИНГОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

Розглядаючи експорт молока та молочної продукції, зауважимо, що Україна на світовому ринку молочної продукції втрачає свої позиції, експорт знизився на 26% в 2015 р., адже основним експортним ринком збуту молочної продукції для України впродовж тривалого періоду традиційно була Російська Федерація, і втрата його створила певні проблеми для вітчизняної молочної галузі, що змушує здійснювати переорієнтацію на інші країни світу.

Станом на 2017 рік українська молочна продукція експортується до Молдови, Вірменії, Азербайджану, Казахстану, Польщі, Японії, Алжиру, Грузії, Південної Кореї та ін. Найбільшими за вартістю країнами – імпортерами молочних продуктів з України. були Бангладеш у групі УКТ ЗЕД «Молоко та вершки, згущені» – 10,5 млн. дол., Грузія «Молоко та вершки, згущені» – 7,7 млн. дол., Казахстан «Сири» – 13,5 млн. дол. і «Молоко та вершки, згущені» – 7,6 млн. дол., Російська Федерація «Сири» – 9,5 млн. дол. та Республіка Молдова «Сири» – 6,6 млн. дол. Досить значні обсяги експорту за товарною групою «Масло вершкове» здійснювалися до Марокко (5,7 млн. дол.), Азербайджану (4,7 млн. дол.) та Єгипту (4,5 млн. дол.) [4].

В 2018 році прогнозується збільшення світового виробництва молока до рекордних 510,09 млн т., що на 9,06 тис. т. більше від обсягів 2017 року. Про це йдеться в черговому звіті американського міністерства сільського господарства (USDA).

Світове виробництво молока коров'ячого питного на 2017 рік становило 501,03 млн. т., обсяг виробництва молока в Україні – 10, 3 млн. т., що становить 2,05 %.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Лопська Д.М.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Брижань М.О.	Назва, додаткова назва Маркетингове обґрунтування проекту	230616.MP.09.007.ПЗ				
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/6	

В Україні цього року варто очікувати зниження виробництва вітчизняного продукту, оскільки навіть зростання продуктивності корів, не зможе компенсувати скорочення поголів'я. Так, у 2017 році обсяг виробництва молока становив 10,3 млн тон, тоді як очікування 2018 року — 10,25 млн т.

Ціни на українське молоко в 2017 році дещо зросли, але, на думку експертів, залишилися відносно низькими. У 2018 році очікується, що економічне зростання та зростання світових цін зможуть стимулювати розвиток виробництва молока серед комерційних підприємств. Однак дрібні виробники, швидше за все, продовжуватимуть зменшувати стадо через низьку прибутковість.

Також, за даними світових аналітиків, варто очікувати і зниження виробництва масла в Україні. Прогноз для 2018 року становить 104 тис. т., що на 3 тис. т. менше, ніж у 2017 році.

Водночас у відповідь на зростання прогнозу світового споживання масла, зросте і його виробництво. За оцінками експертів, у 2017 році світовий обсяг виробництва становив 10,19 млн т., а в 2018 році виросте на 242 тис. т. і досягне рекордного показника – 10,44 млн т.

Україна за рахунок сприятливих агрокліматичних умов має значний потенціал для виробництва молока та молочних продуктів. Однак на даному етапі більшість підприємств молочнопродуктового підкомплексу України, зокрема стан їх сировинної бази, потребують покращання. Досліджено, що наразі спостерігається значний спад у виробництві молока всіма підприємствами України. Так, у 2015 р. в Україні було вироблено 10 682,4 тис. т молока, у порівнянні з 1990 р., в якому було вироблено 24 508,3 тис. т, відбулося зменшення на 99,6%, з 2000 р. – на 15,61%, з 2010 р. – на 5,03% [7]

Капітальні витрати (поточні інвестиції) на впровадження проекту визначаємо на основі кошторисно - фінансових розрахунків.

Вартість установки розраховуємо укрупненим методом, враховуючи вартість матеріалів, витрат на зарплату, ремонт та інше:

$$C_{\Pi} = B_M + B_I; \quad (7.1)$$

де: B_M – витрати на основні матеріали, куповані вироби ($B_M = 20000$ грн.);

B_I – витрати по заробітній платі, устаткуванню обладнання, виробничі витрати (80% від B_M).

$$B_I = 16000 \text{ грн.}$$

Тоді:

$$C_{\Pi} = 20000 + 16000 = 36000 \text{ грн.}$$

На основі кошторисно - фінансових розрахунків визначаємо додаткові капітальні витрати (поточні інвестиції):

$$K_{\text{дод}} (\Pi) = K + D - L + K_{\text{ін}} + H_{\text{об}}; \quad (7.2)$$

де: $K = 36000$ грн. – повна початкова вартість;

D – витрати на демонтаж ($D = 0$ грн.);

$H_{\text{об}}$ – одночасне зростання або зниження суми оборотних фондів, пов'язаних з реконструкцією ($H_{\text{об}} = 0$);

L – ліквідаційна вартість ($L = 0$);

$K_{\text{ін}}$ – інші капітальні витрати, грн.

$$K_{\text{ін}} = 36000 \times 0,04 = 1440 \text{ грн.}$$

$$K_{\text{дод}} (\Pi) = 3600 + 0 - 0 + 1440 + 0 = 37440 \text{ грн.}$$

В зв'язку з тим, що під час переоснащення змінюється обсяг виробництва, додатковий прибуток можна визначити за формулою:

$$\Delta \text{Пр} = \text{Пр}_2 - \text{Пр}_1 = (\text{Ц} - C_2) A_2 - (\text{Ц} - C_1) A_1, \quad (7.3)$$

де Пр_1 Пр_2 - сума прибутку від реалізації молочної відповідно до і після технічного переоснащення;

Ц - оптова ціна 1 л молочної сироватки.

Тоді підставивши отримаємо:

$$\Delta \text{Пр} = (16 - 13,05) \cdot 8500 - (16 - 13) \cdot 800 = 17040 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень:

$$T = \frac{K_{\text{заг}}}{\Delta Pr \cdot (1 - n)} = \frac{37440}{17040 \cdot (1 - 0,21)} = 2,7 \text{ року} \quad (7.4)$$

де $n = 0,21$ - коефіцієнт, що враховує податок на прибуток (21%).

Зниження собівартості одиниці продукції:

$$\Delta C = \frac{(C_2 - C_1) \cdot 100\%}{C_1} = \frac{(13,05 - 13) \cdot 100}{13} = 0,384 \quad (7.5)$$

При розрахунку ефективності інвестицій з урахуванням дисконтування проекту, проект має дисконтуватися за ставкою, що приймається на рівні ставки рефінансування НБУ. Термін служби проекту (життєвий цикл) визначається виходячи з норми амортизаційних відрахувань на обладнання:

$$T_{\text{сл}} = 100 / A_m = 100 / 20.325 = 4.920 = 5 \text{ років} \quad (7.6)$$

де A_m - норма амортизаційних відрахувань, %.

Визначимо чистий генерований грошовий потік:

$$\begin{aligned} \text{ЧГП} &= \Delta Pr \cdot (1 - n) + A_m \cdot \frac{K_n(\text{III})}{1,2} = \\ &= 32000 \cdot (1 - 0,21) + 0,203250 \cdot \frac{37440}{1,2} = 31620 \text{ грн.} \end{aligned} \quad (7.7)$$

Розрахуємо теперішню вартість ($\Sigma \text{ТВ}$) майбутніх грошових потоків за весь життєвий цикл проекту (j), що складається із значень за кожен рік експлуатації заходу:

$$\text{ТВ} = \text{ЧГП}(t) / (1 + p)^t \quad (7.8)$$

де ЧГП, - чистий грошовий потік

t -номер року, $t=0,1,2,3,4 \dots j$;

j - кількість років від початку інвестування до завершення проекту;

P - дисконтна ставка ($P=7,5\%$);

Тоді:

$$TB1=31620/(1+0,75)^1=18060 \text{ грн.}$$

$$TB2=31620/(1+0,75)^2=103020 \text{ грн.}$$

$$TB3=31620/(1+0,75)^3=5900 \text{ грн.}$$

$$TB4=31620/(1+0,75)^4=3370 \text{ грн.}$$

$$TB5=31620/(1+0,75)^5=1930 \text{ грн.}$$

Отже:

$$\Sigma TB = 18060$$

$$+10320+5900+3370+1930=39580 \text{ грн.}$$

Визначимо індекс доходності:

$$ID=ЧТВ/ПІ \quad (7.9)$$

де ЧТВ - чиста теперішня вартість проекту;

$$ЧТВ=\Sigma TB-ПІ=39580-37440=214 \text{ грн.} \quad (7.10)$$

Тоді:

$$ID=ЧТВ/ПІ=2140/37440=0,05$$

Оскільки $ID > 0$, то проект інвестування доцільно прийняти. Дисконтний період повернення інвестицій (гарантований):

$$ДППІ = \frac{ПІ}{TB_{cp}}, \quad (7.11)$$

де TB_{cp} - середньорічна теперішня вартість

$$TB_{cp} = \frac{\sum TB}{j} = \frac{39580}{5} = 7920 \text{ грн,} \quad (7.12)$$

Тоді:

$$ДППІ = \frac{37440}{7920} = 4,7 \text{ роки}$$

Визначимо індекс прибутковості:

$$\Pi = \frac{\sum TV}{\Pi} = \frac{39580}{37440} = 1,05 \geq 1 \quad (7.13)$$

В даному розділі ми розрахували суму капітальних вкладень, необхідних для розробки ємнісного пастеризатора з гріючим перемішуючим пристроєм.

Виконані розрахунки показують, що термін окупності складе 2,7 років, дисконтний період повернення інвестицій складе 4,7 роки, що доводить доцільність вибору даного обладнання.

ВИСНОВКИ

Наявні на сьогоднішній день технології виробництва пастеризованого молока не є досконалими. Основні причини цьому: є зменшення в процесі переробки органолептичних властивостей молока, як неповторної біологічної рідини; короткострокові терміни зберігання молока; обмеженість науково-обґрунтованих рекомендацій, стосовно комплексної переробки молока із залученням сучасним високопродуктивного обладнання та біологічно активних речовин.

Під час дослідження впливу різних факторів на процес пастеризації молока було виявлено, що на кількість бактерій в пастеризованому молоці найбільше впливає час теплообробки пастеризатора, найменше – жирність молока. На питомі енерговитрати найбільший вплив має температура нагрівання молока, найменший – час витримки.

Запропонована конструкція дозволяє одночасну передачу теплової енергії від перемішуючого пристрою та стінок апарата, який додатково інтенсифікує процес теплообміну.

Збільшення ефективності пастеризації молока досягається шляхом конструктивного удосконалення пастеризатора, методом введення додаткової рухомої поверхні теплообміну. Дане вдосконалення приводить до зменшення часу нагрівання молока до температури пастеризації, та підвищує продуктивність пастеризаційного обладнання.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Лялька ДМ	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Брижань М.О.	Назва, додаткова назва Висновки	230616.MP.09.000.ПЗ				
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/1	

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автоматизация технологических процессов и производств пищевой промышленности: Пособие / Ладанюк А.П., Трегуб В.Г., Ельперин И.В., Цюцюра В.Д. – К.: Аграрна освіта, 2001. – 224 с.
2. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя / В. И. Анурьев [В 3 т.]- М.: Машиностроение, 1982. (т.1. – 729 с. т.2. – 584 с. т.3 – 576с.)
3. Анципович, И.С. Охрана окружающей среды на предприятиях мясной и молочной промышленности / И. С. Анципович, А. Я. Полоненко – М.: Агропромиздат, 1986. – 254 с.
4. Баранов, В.Я. Промышленные приборы и средства автоматизации: справочник. / В. Я. Баранов, Т. Х. Безновская. – Л.: Машиностроение, 1987. – 847 с.
5. Бремер, Г.И. Жидкостные сепараторы. / Г. И. Бремер. - М.: МАШГИЗ, 1957.-240с.
6. Бремер, Г.И. Молочные сепараторы, теория, расчет, конструкция и производство сельхозмашин. / Г. И. Бремер . -М.: Сельхозгиз, 1936. - 356 с.
7. Вивчення будови і роботи сепараторів молочної промисловості: методичні вказівки до виконання лабораторної роботи / уклад.: О.А. Терещенко, М.М. Нудьга, С.Ф.Федоров - К.: КІХП, 1993.-52с.
8. Волчков, И.И. Сепараторы для молока и молочных продуктов. / И. И. Волчков. - М.: Пищевая промышленность, 1975. - 224 с.
9. Золотин, Ю.П. Оборудование предприятий молочной промышленности / Ю. П. Золотин , М. Б. Френклах , Н. Г.Лашутина. – М.: Агропромиздат, 1985. – 270с.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Байко Є.М.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Брижань М.О.	Назва, додаткова назва Список використаних джерел	230616.MP.09.000.ПЗ				
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/3	

10. Основи екології: підручник / А. К. Запольський, А. І. Салюк.; за ред. К.М. Ситника. – К.: Вища школа, 2001. – 358 с.
11. Красов, Б.В. Эксплуатация, ремонт и наладка технологического оборудования молочной промышленности. / Б. В. Красов. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – 328 с.
12. Купчик, М.П. Основи охорони праці: підруч. / М. П. Купчик, І. Ф. Степанець. - К.: Освіта, 2000 – 416с.
13. Кирилюк, Ю. И. Допуски и посадки: справочник. / Ю. И. Кирилюк . – К.: Вища школа., Головное изд-во, 1989 – 135с.
14. Курочки, А. А. Оборудование и автоматизация перерабатывающих производств. / А. А. Курочкин. – М.: Колос, 2007 – 591 с.
15. Липатов, Н.Н. Саморазгружающиеся сепараторы. / Н. Н. Липатов, О. П. Новиков. - М.: Машиностроение, 1975 - 248с.
16. Липатов, Н.Н. Сепарирование в молочной промышленности. / Н. Н. Липатов. М.: Пищевая промышленность, 1971. – 400с.
17. Лукьянов, Н. А. Теория и расчет молочных сепараторов. / Н. А. Лукьянов. М.: Пищепромиздат, 1950. - 131 с.
18. Павлов, Н.Г. К вопросу расчета и конструирования тарельчатых сепараторов с механической выгрузкой сгущенного осадка: Автореф. дис. канд. техн. наук. Л., 1961. – 14с.
19. Соколов, В.И. Центрифуги. / В. И. Соколов.– М.: МАШГИЗ, 1950. – 320с.
20. Соколов, В.И. Современные промышленные центрифуги. / В. И. Соколов. - 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1967. – 515с.
21. Соколов, В.И. Центрифугирование. / В. И. Соколов. - М.: Химия, 1976. – 408с.
22. Соколов, В.И. Основы конструирования машин и аппаратов пищевых производств. / В. И. Соколов. – М.: Машиностроение 1983, - 447 с.

23. Сурков, В. Д. Технологическое оборудование предприятий молочной промышленности. / В. Д. Сурков, Н. Н. Липатов, Ю. П. Золотин. – М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1983. - 432 с.
24. Шкоропад, Д.Е. Центрифуги и сепараторы для химических производств / Д. Е. Шкоропад, О. П. Новиков. – М.: Химия, 1987. – 256с.