

**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)

Блаженко С. І.

(підпис)

(ім'я та прізвище)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Якимчук М. В.

(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 Удосконалення лінії виробництва вершкового масла з метою зниження енерговитрат

Виконав: здобувач 2 курсу, групи 4М

Польовий Валентин Русланович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Лементар Святослав Юрійович

(прізвище, ім'я та 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 Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ - 2022р.

# 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  
проф. Якимчук Н.В.

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 22\_\_ року

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

Польовий Валентин Русланович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Удосконалення лінії виробництва вершкового масла з метою зниження енерговитрат

керівник проекту (роботи) Лементар Святослав Юрійович

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 02 » 11 2021 р. № 869-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 01.02.2022р.

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): Анотація; Зміст; Вступ; Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі; Методика проведення досліджень; Дослідна частина та узагальнення результатів; Обґрунтування модернізації; Устрій та принцип роботи модернізованого об'єкту проектування; Розрахункова частина; Підбір конструкційних матеріалів; Технологія машинобудування; Правила монтажу, ремонту та експлуатації; Автоматичний контроль та управління об'єктом проектування; Заходи з охорони праці; Охорона 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: 02.11.2021 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	<i>Вступ</i>	03.11.2021	
2	<i>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</i>	05.11.2021	
3	<i>Методика проведення досліджень</i>	06.11.2021	
4	<i>Дослідна частина та узагальнення результатів</i>	09.11.2021	
5	<i>Обґрунтування модернізації.</i>	15.11.2021	
6	<i>Устрій та принцип роботи модернізованого об'єкту проектування</i>	20.11.2021	
6	<i>Розрахункова частина</i>	25.11.2021	
7	<i>Підбір конструкційних матеріалів</i>	01.12.2021	
8	<i>Технологія машинобудування</i>	08.12.2021	
9	<i>Правила монтажу, ремонту та експлуатації</i>	09.12.2021	
10	<i>Автоматичний контроль та управління об'єктом проектування</i>	18.12.2021	
11	<i>Заходи по охорони праці</i>	22.12.2021	
12	<i>Охорона довкілля</i>	05.01.2022	
13	<i>Маркетингове обґрунтування проекту</i>	09.01.2022	
14	<i>Висновки</i>	10.01.2022	
	<i>Графічна частина формату А1 – 10 шт.</i>	11.01.2022	
	<i>Подача кваліфікаційної роботи на кафедру</i>	25.01.2022	

Здобувач \_\_\_\_\_

( підпис )

Керівник роботи \_\_\_\_\_

( підпис )

Польовий В.Р.

(прізвище та ініціали)

Лементар С.Ю.

(прізвище та ініціали)

## Анотація

Магістерська робота за темою: «Удосконалення лінії виробництва вершкового масла з метою зниження енерговитрат» виконана відповідно обраного завдання.

В процесі реалізації магістерської роботи проведений аналіз сучасного ринку ліній, обладнання та технологій виробництва вершкового масла. Це навело на ідею удосконалення конструкції масловиготовлювача методом розрахунку його основних параметрів, що дозволило обрати оптимальне компонування маслообробника та сорочки охолодження.


Магістерська робота складається з \_\_ аркушів пояснювальної записки формату А4; 10-ти листів формату А1 та презентації результатів досліджень.

**Метою дослідження** є зниження енерговитрат лінії виробництва вершкового масла.

**Об'єктом дослідження** є процес виробництва вершкового масла.

**Предметом дослідження** є удосконалення масловиготовлювача методом визначення оптимальних конструктивних параметрів.

**Ключові слова:** вершки, масло, жир, технологія, модернізація, масловиготовлювач.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Лементар С.Ю.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Польовий В.Р. 	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Анотація</b>	<b>2004.77.КР.04.000.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/2</b>

## Summary

Master's thesis on the topic: "Improvement of the butter production line in order to reduce energy consumption" performed according to the chosen task.

In the process of master's work the analysis of the modern market of lines, equipment and technologies of butter production was carried out, which led to the idea of improving the design of the buttermaker by calculating its basic parameters, which allowed to choose the optimal layout of the cooler and cooling jacket.

The master's thesis consists of \_\_ sheets of explanatory note in A4 format; 10 letters of A1 format and presentation of research results.

**The aim of the study** is to reduce the energy consumption of the butter production line.

**The object of study** is the process of butter production.

**The subject of research** is the improvement of the oil generator by determining the optimal design parameters.

**Key words:** cream, butter, fat, technology, modernization, oil generator.

# Зміст

стор.


## Вступ

1. Аналітичний огляд стану питання
2. Методика проведення досліджень
3. Дослідна частина та узагальнення результатів
4. Обґрунтування модернізації
5. Устрій та принцип роботи модернізованого об'єкту проектування
6. Підбір конструкційних матеріалів
7. Розрахункова частина
8. Технологія машинобудування
9. Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання
10. Автоматичний контроль та управління об'єктом проектування
11. Охорона праці
12. Охорона довкілля
13. Маркетингове обґрунтування проекту

## Висновки

## Список використаної літератури

## Додатки

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Лементар С.Ю.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Польовий В.Р. 	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Зміст</b>	<b>2004.77.КР.04.000.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/1</b>

## Вступ

На даний момент у харчовій промисловості важливе місце займає молочна промисловість. З цього безцінного продукту – молока – одержують велику кількість видів продукції. Такий як кисле молоко, кефір, ряженка, сметана, сир, сир, вершки та багато іншого. Вони у свою чергу поділяються на сорти на будь-який смак споживача.

З метою значного збільшення виробництва продуктів харчування намічені заходи щодо збільшення обсягів переробки молока, поліпшення асортименту та підвищення якості молочних продуктів. Здійснення цих заходів пов'язане з реалізацією завдань агропромислового комплексу та технічним переозброєнням галузей харчової промисловості, зокрема молочної.

При технічному прогресі в галузі молочної промисловості передбачається використання нового високопродуктивного технологічного обладнання, виготовлення комплексів машин, апаратів та поточкових технологічних ліній, що забезпечують підвищення продуктивності праці, освоєння нового технологічного обладнання та автоматизованих ліній для розливу молока та обладнання для пакування молочних продуктів.

Науково-технічний прогрес сприяє впровадженню нових способів обробки та переробки молока на основі застосування прогресивного, найбільш високопродуктивного обладнання. При використанні такого обладнання дуже важливо максимально зберегти первісні властивості молока та його складових частин. Тому обов'язковою умовою раціонального технічного оснащення підприємства є дотриманням технологічних вимог до виробленого продукту.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С.Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> <i>Польовий В.Р.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Вступ</b>	<b>2004.77.КР.04.000.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Якимчук М.В.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/2</b>

Машини та апарати для вироблення молочних продуктів, а також для проведення операцій, що передують обробці або переробці та підготовці продуктів до реалізації, повинні відповідати таким вимогам:

- висока продуктивність та технологічно оптимальна дія на оброблюваний продукт;
- мінімальні витрати на одиницю продукту, що виробляється на технологічних лініях із включенням відповідних машин та апаратів;
- герметизація процесу;
- автоматизований контроль та регулювання робочих процесів.

## 1. Аналітичний огляд стану питання

Для конкретизації завдання дипломного проектування та вибору правильного напрямку проведемо огляд літератури, патентний пошук та їх аналіз. Розглянемо деякі з них:

На першому листі формату А1 зображено установку. Рис. 1.

У ємності, що є сполученими основами два конуси, розміщені лопаті, приварені похило для обробки масляного зерна і пласта масла. Внутрішня поверхня ємності шорстка, що виключає прилипання олії. Олія вивантажується через люк. Ємність забезпечена двома клапанами для спуску пахти, клапаном для випуску газу та оглядовим вікном.

Для охолодження або нагрівання вершків та олії призначено установка для зрошення, що є перфорованою трубою, яка розміщена над ємністю.

Підготовлені для збивання вершки в кількості 40-50% від загальної місткості масловиробника заливають у нього через люк. Потім при закритому люку збивання здійснюється до одержання олійного зерна.

Перевага масловиробників у тому, що під час отримання вершкового масла можна регулювати продукт по вологості.

Недоліком цього установки є його періодична дія.

На першому листі формату А1 схематично зображено загальний вигляд установки. Рис. 2.

Установка складається з кількох послідовно з'єднаних теплообмінних робочих циліндрів, забезпечених охолодною сорочкою. У середині теплообмінного циліндра встановлений витісняючий барабан зі скребковими ножами та закріпленими на них текстуратійними косозубими гребінцями з отворами на її зубах. Зуби гребінець нахилені під кутом 30-60 град., причому зуби протилежно лежать на витіснювальному барабані гребінець похилі по відношенню один до одного в протилежні сторони.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С.Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> <i>Польовий В.Р.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Аналітичний огляд стану питання</b>	<b>2004 77.04. 10.001.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Якимчук М.В.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/3</b>

Перевагою даного установки є те, що дозволяє інтенсифікувати процес теплообміну, а також процеси перемішування і механічної обробки продукту.

Недоліком установки є його висока металомісткість та складність конструкцій.

На першому листі формату А1 (Рис. 3.) зображений апарат для виробництва жирових продуктів, який складається з охолоджувача з турбулізуючими пристроями, розташованими в каналах обробника з лопатевим робочим органом, приводу та станини.

Кожен турбулізуючий установка є пластиною з плаваючими ножами, при цьому останні розташовані ялинкою з обох боків пластини і можуть вільно переміщатися в настановних пазах (на малюнку не показано). Канали охолоджувача мають прямокутну форму.

Робочий орган обробника виконаний у вигляді стрижня з лопатями, що мають перфорації для проходу продукту, при цьому робочий орган обробника та пластини охолоджувача пов'язані з приводом ексцентрикових механізмів з гвинтом, кривошипом і штоками.

Позитивні сторони апарату полягають у тому, що можливе регулювання продуктивності, добре використана поверхня теплообміну, до того ж, вона повністю очищається від продукту, що налип на нього. Слабкими ланками винаходу є кривошипно-шатунний механізм і складність конструкції.

На першому листі формату А1 (Рис. 4.) схематично зображено установку, котра призначена для переробки високожирних вершків у вершкове масло і складається зі станини з опорами, охолоджувача, маслообробника та системи трубопроводів.

Електродвигун за допомогою клинових ременів, редуктора та шківів приводить у обертання вал охолоджувача та вал маслообробника. Привід валу маслообробника здійснюється двоступінчастою клинопасовою передачею від того ж електродвигуна. Ведений шків першого ступеня клинопасової передачі є змінним. При заміні його іншим, що входять до

комплекту установки, змінюється швидкість обертання валу охолоджувача та валу маслообробника

Подача високожирних вершків в маслообробник здійснюється через трубопровід та триходовий кран.

Переваги установки – інтенсивність охолодження, рахунок двостороннього теплообміну продукту і як наслідок висока продуктивність.

Недоліки – висока металоємність та великий нагар на стінках охолоджувача.

На першому листі формату А1 (Рис. 5.) зображено установку, яка складається з уніфікованих циліндрів однакової конструкції. Кожен із циліндрів включає обичайки, витіснювальний барабан, кришку, редуктор та сорочку для охолодження продукту водою. У сорочці прокладено та закріплено спіраль. Задньою стінкою циліндра є торцевий диск редуктора, а передній – кришка.

Для видалення повітря та контролю за наповненням циліндра вершками у верхній частині кришок розташовані повітряний кран, які відкривають при пуску маслоутворювача. У нижній частині кришки верхнього циліндра розміщено кран для випуску виробу. На виході продукту встановлені випускний кран і термометр опору для контролю за температурою масла, що виходить.

Від електродвигуна маслоутворювач рухається через редуктор.

Перевагою даного установки є гарне ступінчасте охолодження продукту.

Недолік – погана механічна обробка.

## 2. Методика проведення досліджень

В цьому розділі описані методи досліджень та їх обґрунтування. За необхідністю змінювати параметри сколочування в широких межах, у промислових апаратах такі дослідження провести не можливо. Тому розроблено експериментальну установку, що дозволяє сколочувати вершки в умовах близьких до ізотермічних і визначати потужність на сколочування. Потужність розраховували по обертаючому моменту на валу мішалки, який вимірювали за допомогою пружного елемента. У якості енергетичного показника прийняті питомі витрати енергії, виражені в кДж/кг вершків. Описана конструкція установки, а також методика проведення дослідів.

Отримання та підготовка вершків до дослідів проводилася відповідно до технологічних інструкцій. Вивчення закономірностей зміни витрат енергії на сколочування в залежності від технологічних параметрів проводили в діапазоні температур 8-22°C та жирності вершків 10-55% з різним хімічним складом вершків. Хімічний склад вершків характеризували йодними числами молочного жиру (ЙЧ МЖ). Тривалість дозрівання вершків змінювали в межах від 0,5 до 18 год. У якості об'єкта досліджень були також вершки з комбінованою жирною фазою (молочний жир + рослинна олія). Вивчення енерговитрат в залежності від гідромеханічних факторів проводили шляхом зміни числа обертів мішалки 250-1600 об/хв., а також зміни ступеня заповнення робочої ємкості установки від 15 до 100%. У дослідженнях застосований комплекс фізико-хімічних та реологічних методів: вміст жиру в молоці, вершках та маслянці - за ГОСТ 5867-90; дестабілізацію жиру - по методу Фавстовой; ступінь кристалічної фази у вершках - методом об'ємної дилатометрії; йодні числа за стандартною методикою; дисперсні характеристики вершків - методом мікроскопічного аналізу. Обґрунтовано методи математичної обробки.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С.Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> <i>Польовий В.Р.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> <i>Методика проведення</i> <i>досліджень</i>		<b>2004.77.КР.04.002.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Якимчук М.В.</i>			<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/6</b>

Наведено результати досліджень енерговитрат на сколочування вершків в залежності від гідромеханічних параметрів.

Ступінь заповнення робочого об'єму циліндра для сколочування має важливе значення як з погляду створення оптимальних умов для піноутворення, так і з позицій витрат енергії. Агрегація ЖК при сколочуванні вершків проходить, головним чином, у поверхні розділу плазму-повітря, тобто в піні. Але, при цьому не виключається можливість агрегації ЖК і в об'ємі вершків при їх ефективних зіткненнях.

Результати досліджень показують, що енерговитрати на сколочування практично постійні в області заповнення 15-50%, а надалі (заповнення вище 60%), коли можливості для утворення піни зменшуються енерговитрати різко зростають. Фактором, що визначає витрати енергії, є тривалість сколочування. При 100% заповненні, коли агрегація ЖК проходить тільки в об'ємі вершків, тривалість процесу зростає до 4,5 годин. Ступінь заповнення при якому забезпечуються мінімальні витрати енергії і мінімальний відхід жиру у маслянку складає 40-50%, що вказує на роль газової фази як прискорювача процесу сколочування.

Вплив інтенсивності механічної обробки. Процес маслоутворення у своїй основі процес механічний. Отже, зближення ЖК, подолання енергетичного порогу, руйнування оболонок ЖК супроводжуються витратами механічної енергії. Для виявлення впливу інтенсивності механічної обробки на енерговитрати проведена серія дослідів по оцінці рівня потужності переданій системі. Інтенсивність обробки варіювали шляхом зміни числа обертів мішалки у діапазоні 250-1600 об/хв., при рівності технологічних параметрів і ступеня заповнення робочої ємкості.

Встановлено, чим вище інтенсивність обробки, тим швидше відбувається насичення вершків повітряною фазою з утворенням піни, що супроводжується підвищенням в'язкості і зростанням потужності, але при цьому тривалість процесу скорочується. Питомі енерговитрати на процес з

різним ступенем механічної обробки характеризуються постійною величиною, тобто,  $A_p = \text{const}$ . Припущення раніше висловлені Куком Г.А., Шуваловим В.М., Влодавцем І.М. про сталість енерговитрат на сколочування знайшли підтвердження в дослідях, але за умови рівності параметрів (ступінь зрілості, концентрація кристалічної фази, жирність, ступінь заповнення). Як показано вище, витрати енергії на сколочування від вище зазначених параметрів змінюються у широкому діапазоні. На підставі експериментальних даних з використанням отриманої залежності знайдено рівняння, що пов'язує середню питому потужність на сколочування із тривалістю сколочування:

$$N_{cp} = C - 1, \quad (2.1)$$

де  $N_{cp}$  – середня питома потужність, Вт/кг (визначалася як,  $N_{cp} = A_p$ );

$C$  – коефіцієнт, отриманий шляхом дослідів, Втс/кг;

Коефіцієнт, що входить до рівняння враховує як жирність вершків, так і кількість кристалічної фази в жирі вершків. Знайдено значення коефіцієнта “ $C$ ” у діапазоні жирності вершків 30-45% при значеннях  $k=0,4$ ,

$$C = 1,17 \cdot 10^3 \cdot j - 1,8, \quad (2.2)$$

де  $j$  – частка жиру у вершках

Порівняння експериментальних і розрахункових даних підтвердило якісно правильний опис процесу математичною моделлю.

Рівняння, що описує залежність потужності, яка витрачається на перемішування описується загальним критеріальним рівнянням:

$$E_{um} = C R_{em} a, \quad (2.3)$$

де  $E_{um}$  – критерій Ейлера для мішалки (критерій потужності);

$C$  - коефіцієнт;

$R_{em}$  – критерій Рейнольдса для мішалки;

$a$  – показник ступеня.

Витрати енергії на сколочування з диференційованою по потужності механічною обробкою. Аналіз уривчастих літературних даних викликали сумнів у доцільності сколочування вершків при постійній швидкості обробки, особливо на стадії руйнування агрегатної піни. У зв'язку з викладеним, проведені досліді по сколочуванню вершків з диференційованої по потужності механічною обробкою. Досліді сколочування 35% вершків проводили при швидкості обертання мішалки 20 с<sup>-1</sup> (3,7 м/с). Визначивши тривалість сколочування, у наступних дослідіх переходили на останній стадії сколочування (що складає 2/3 тривалості процесу) на меншу потужність обробки (13,3 - 4,14 с<sup>-1</sup>) при сталості технологічних параметрів.

По результатам дослідів можна зробити наступні висновки. Зниження інтенсивності обробки на останній стадії маслоутворення (в області існування агрегатної піни) сповільнює утворення масляного зерна. У підсумку загальна тривалість сколочування може збільшуватися в 2-3 рази. При цьому загальні питомі витрати енергії на сколочування незначно (на 10-15%) знижуються. В міру зниження інтенсивності обробки на стадії агрегатної піни жирність маслянки підвищувалася від 1 до 3%.

Таким чином незначне зниження енерговитрат на сколочування ніяк не може компенсувати більшу тривалість процесу і надмірно високу жирність сколотин.

Рівняння, що описує зв'язок витрат енергії на сколочування від концентрації кристалічної фази та жиру у вершках. Вище було показано, що питомі витрати енергії на сколочування не залежать від інтенсивності обробки, отже основними параметрами, що впливають на енерговитрати є жирність вершків і концентрація кристалічної фази у вершках яка залежить від хімічного складу молочного жиру.

Обробка результатів дослідів у логарифмічних координатах дозволила одержати математичні залежності витрат енергії від цих параметрів.

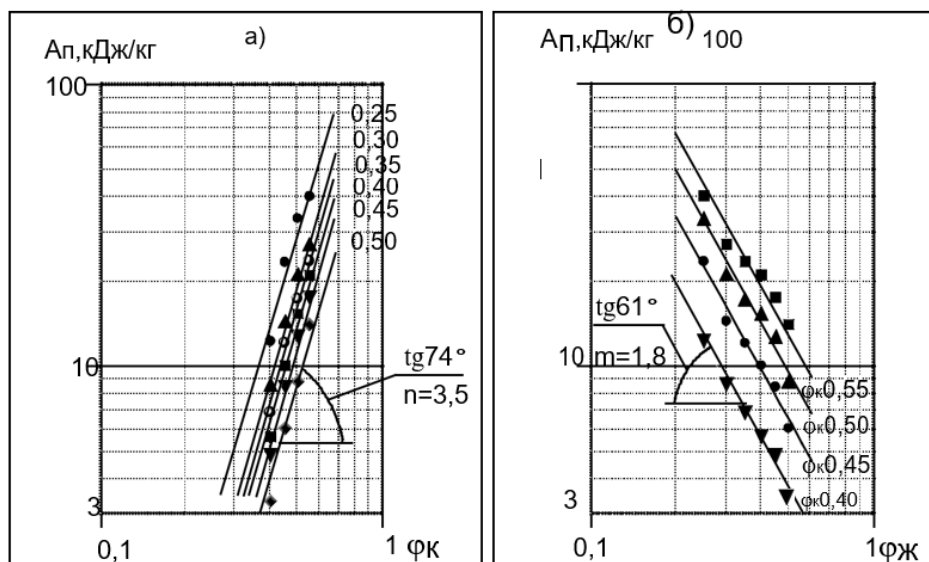


Рис. 2.1. Залежність витрат енергії на сколочування: а) від частки кристалічної фази в жирі вершків; б) від частки жиру у вершках.

Рівняння залежності витрат енергії від частки кристалічної фази у жирі вершків (рис.2.1-а) має вид:

$$A = C \cdot k^{3,5}, \text{ кДж/кг (вершків)} \quad (2.4)$$

де  $C$  – коефіцієнт (кДж/кг), що залежить від вмісту жиру у вершках (причому зі зменшенням вмісту жиру у вершках він зростає);

$k$  – частка кристалічної фази у жирі вершків.

Рівняння витрат енергії від частки жиру у вершках (рис.2.1 -б) має вид:

$$A = C \cdot j^{-1,8}, \text{ кДж/кг (вершків)} \quad (2.5)$$

де  $C$  – коефіцієнт (кДж/кг) залежить від частки кристалічної фази в жирі вершків;

$j$  – частка жиру у вершках.

У узагальненому виді рівняння енерговитрат на сколочування має вид:

$$A_{п(в)} = 29j^{-1,8}k^{3,5}, \text{ кДж/кг (вершків)} \quad (2.6)$$

Для визначення питомих витрат енергії на сколочування вершків необхідних для вироблення 1кг масла в рівняння (8) необхідно ввести коефіцієнт пропорційності «К». Цей коефіцієнт визначається з рівності  $K = j(m)/j$  де  $j(m)$  – частка жиру у маслі;  $j$  – частка жиру у вершках;

Рівняння отримане для вершків жирністю 25-50% і концентрації кристалічної фази в жирі вершків у діапазоні 0,55-0,4. Відносна погрішність отриманого рівняння що до дослідних даних не перевищує 12%.

Методика розрахунку потужності приводу масловиготовлювача. Вихідними даними є продуктивність МБД (кг/год), жирність вершків (%), температури сколочування (С). Для проведення розрахунку необхідно задатися тривалістю сколочування, у МБД ( $\tau=1,85*2,4c$ ). Визначаються геометричні параметри циліндра сколочування: секундні витрати вершків, об'єм вершків у циліндрі сколочування, діаметр довжина циліндра, перетин потоку, швидкість потоку вершків, радіальний зазор між стінкою циліндра і лопатою мішалки, ширина лопаті мішалки. По прийнятих розмірах уточнюється час сколочування.

За вихідними даним визначаються питомі витрати енергії на сколочування використовуючи формулу (2.6). Розрахунок потужності ведеться за максимальними значеннями питомої енергії. Число обертів мішалки МБД визначається за рівнянням (2.3). Потужність приводу циліндра сколочування:

$$N_e * N_n = N_c + N_a \quad (2.7)$$

де  $N_e$  - потужність електродвигуна, кВт;

$N_n$  – номінальна потужність приводу циліндра сколочування, кВт;

$N_c$  – потужність на сколочування, кВт;

$N_a$  – потужність на подолання мішалкою аеродинамічного опору, кВт.

Обраний електродвигун необхідно перевіряти на перевантаження, з огляду на максимальний момент при утворенні масляного зерна за загальноприйнятою методикою.

### 3. Дослідна частина та узагальнення результатів

#### Дослідження енерговитрат на сколочування вершків в залежності від технологічних параметрів

Потужність на сколочування вершків. Вивчено характер зміни потужності на сколочування вершків. Показано, що криві потужності відбивають характер зміни в'язкості системи (вершки-повітря) та фізико-хімічних процесів, що протікають на різних стадіях сколочування: піноутворення та диспергування повітряних бульба-шок, утворення агрегатної структурованої піни і дестабілізація жирової емульсії, руйнування піни та утворення масляного зерна. Остання стадія характеризується максимальними витратами потужності (99,4 Вт/кг), що приблизно у 7 разів перевищує потужність для початкової стадії.

Вплив температури і концентрації кристалічної фази в жирі вершків на енерговитрати у процесі сколочування. Важливим параметром процесу є температура сколочування вершків; технологічними інструкціями, вона рекомендована в дуже широкому діапазоні: від 8 до 16°C. У роботі визначені витрати енергії на сколочування вершків різної жирності і складу в залежності від температури (рис.3.1).

Показано, що обидві складові енергії – тривалість сколочування і потужність, а, отже і витрати енергії різко зростають (у 6,5-10 разів) у міру зниження температури збивання. Ця залежність характерна для вершків будь якої жирності та молочного жиру різного складу (літній, зимовий період року). Така закономірність обумовлена як підвищенням в'язкості вершків при зниженні температури, так і збільшенням у жировій фазі кристалічного жиру. Жирність маслянки – різко зростає понад нормативні значення при підвищених температурах сколочування (вище 16°C).

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С.Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> <i>Польовий В.Р.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> <i>Дослідна частина та</i> <i>узагальнення результатів</i>		<b>2004.77.КР.04.003.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Якимчук М.В.</i>			<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/12</b>

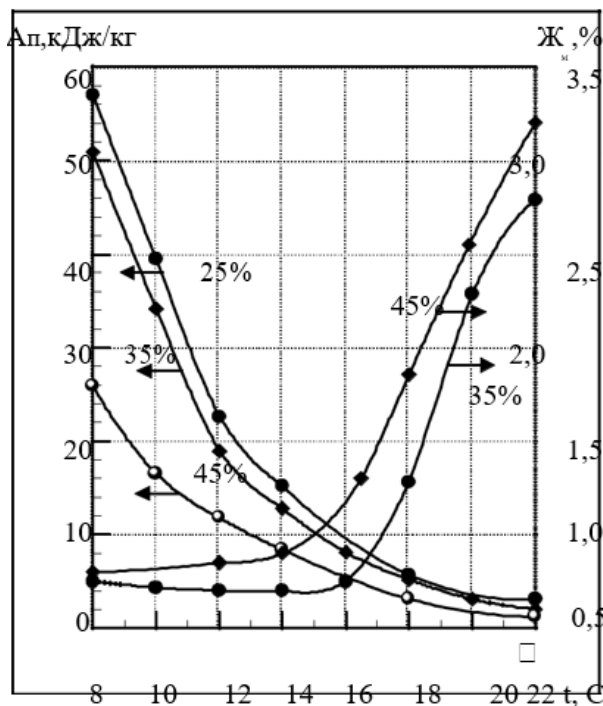


Рис. 3.1. Залежність енергії на сколочування та жирності маслянки від температури сколочування. Жирність вершків вказана на рисунку.

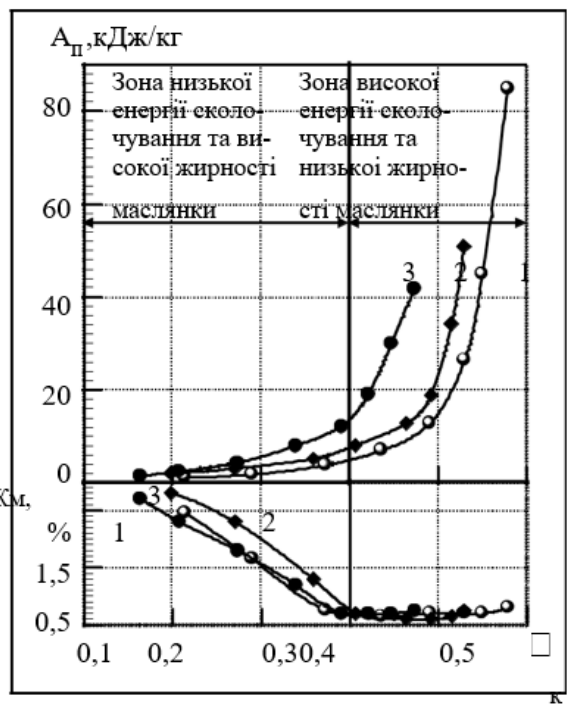


Рис. 3.2. Залежність енергії на сколочування і жирності маслянки від частки кристалічної фази у жирі вершків. Жирність вершків 35%; температура сколочування 8-22С; періоди року: 1-зимовий; 2-осінне-зимовий; 3-літній.

Методом об'ємної дилатометрії проведені дослідження ступеня кристалізації молочного жиру вершків в умовах моделюючих температурно-часові режими дозрівання та сколочування. Встановлено, що готовність жирової фази до агрегації в умовах механічної обробки та утворення піни повинні визначатися більш загальним показником – концентрацією кристалічної фази у жирі вершків. Остання у свою чергу залежить від хімічного складу молочного жиру та температурного впливу.

Результати досліджень, на рис. 3.2, показують, що існують дві зони: зона низької енергії сколочування та високої жирності маслянки (концентрація кристалічної фази  $k = 0,4$ ) і зона високої енергії сколочування

та низької жирності маслянки ( $k = 0,4$ ). Між ними (межа розділу) лежить оптимум кристалічної фази при  $k = 0,4$ , при якій забезпечується порівняно низькі витрати енергії на сколочування і низька, не перевищуюча нормативну, жирність маслянки.

За результатами дослідження кількісних закономірностей кристалізації молочного жиру різного складу вдалося зв'язати температуру сколочування, що забезпечує у молочному жирі 40% твердої фази, із значеннями йодних чисел:

$$t_{ск} = 36,2 - 0,59 \text{ЙЧ} \quad (3.1)$$

де  $t_{ск}$  – температура сколочування вершків, °С

ЙЧ – йодне число молочного жиру

Використовуючи цю залежність, можливо визначити у виробничих умовах рекомендовані температури сколочування за даними йодних чисел молочного жиру. Вплив ступеня дисперсності вершків на енергетичні витрати при сколочуванні. У результаті досліджень була відзначена закономірність, відповідно до якої витрати енергії на сколочування при

однаковій концентрації кристалічної фази у жирі вершків залежали від сезону року: у літній період (ЙЧ МЖ 38,6), вони зростали, а в зимовий період (ЙЧ МЖ 31,2), навпаки, знижувалися (рис.3.2). Відносна стійкість емульсії вершків може бути обумовлена кількома факторами. Один з них - ступінь дисперсності жиру у

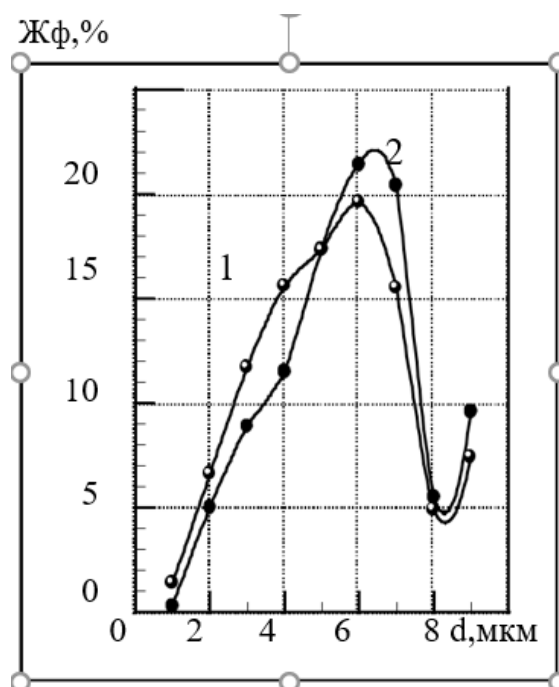


Рис. 3.3. Гранулометричний склад вершків (частка жирової фази у ЖК різного діаметра):

- 1 - літній період року;
- 2 - зимовий період року.

вершках. Методом мікроскопічного аналізу отриманий розподіл частки жирової фази (Жф) у жирових кульках (ЖК) різного діаметра (рис.3), визначені дисперсні характеристики вершків у зимовий та літній періоди року. Результати досліджень (табл.1) показують, що дисперсні характеристики жирової фази вершків не постійні: літні вершки в порівнянні з зимовими містять ЖК меншого діаметру й об'єму, мають меншу поверхню, кількість їх у 1 см<sup>3</sup> вершків у 1,5 разів більше.

У зв'язку з більш високим ступенем дисперсності жирової фази у вершках, енергія на їх сколочування повинна бути більшою, тому що термодинамічна стійкість ЖК зростає за інших рівних умов у міру зниження їх діаметру. Ця закономірність характерна для різних значень, але в більшій мері виявляється в діапазоні високих концентрацій кристалічної фази в жири вершків (див. рис.3.2).

Таблиця 3.1. Дисперсні характеристики вершків у різні періоди року

Найменування показників		Значення дисперсних характеристик жиру вершків	
		Зимовий період (грудень-лютий)	Літній період (червень-серпень)
Середній діаметр жирових кульок (ЖК), мкм		3,72	3,23
Середній об'єм ЖК, мкм <sup>3</sup>		26,95	17,64
Площа поверхні ЖК, мкм <sup>2</sup>		43,47	32,78
Кількість ЖК у 1 см <sup>3</sup> , N109, шт., у вершках жирністю:	30%	11,13	17,01
	35%	12,99	19,84
	45%	16,70	25,51
Кількість зіткнень ЖК у 1 см <sup>3</sup> , J1012, у вершках жирністю:	30%	4,17	6,37
	35%	5,68	8,67
	45%	9,38	14,33

Дана закономірність уперше зв'язує енергетичні витрати на сколочування вершків з їх дисперсними характеристиками. Вплив ступеня дозрівання вершків на витрати енергії при сколочуванні. Вивчення впливу тривалості дозрівання вершків показало, що в міру її збільшення витрати енергії на сколочування зростають у 2-3 рази і досягають максимальних значень через 4-5 год. дозрівання; надалі залишаються постійними майже до 20 год. (рис.3.4). Можна вважати, що всі основні зміни у вершках, що

дозрівають (кристалізація жиру, підвищення в'язкості, зміни в оболонках ЖК проходять у перші 4-5 год. дозрівання.

Хоча слід зазначити, що понад 90 % тригліцеридів здатних кристалізуватися при температурі дозрівання, переходять у кристалічний стан вже через 2 години.

Отже, підвищення витрат енергії на сколочування вершків, що дозрівають понад 2х годин (від 2 до 20), варто віднести вже не за рахунок процесів кристалізації жиру, а за рахунок властивостей оболонок ЖК – підвищення їхньої стійкості (міцності). Концентрація кристалічної фази, рекомендована нами, у жирі вершків на рівні 40% знайшла підтвердження у даних дослідіах.

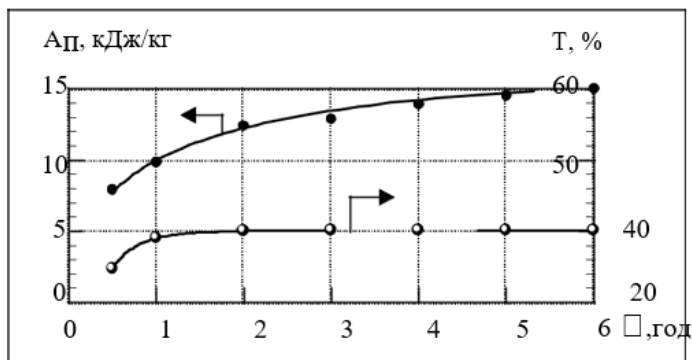


Рис. 3.4. Залежність енергії на сколочування та вміст кристалічної фази (Т) у молочному жирі від ступеня дозрівання вершків.

Концентрація жирової фази, як фактор що визначає витрати енергії на сколочування. У розділі наведено результати досліджень витрат енергії від концентрації жирової фази у вершках у діапазоні жирності вершків 10-55% при температурах сколочування 10, 14, 18 °С.

Витрати енергії на одержання масляного зерна складаються з двох складових (витрати енергії на сепарування + сколочування). Одержання вершків підвищеної жирності, при сепаруванні, характеризується зростанням питомих витрат енергії (рис.3.5., пряма 1).

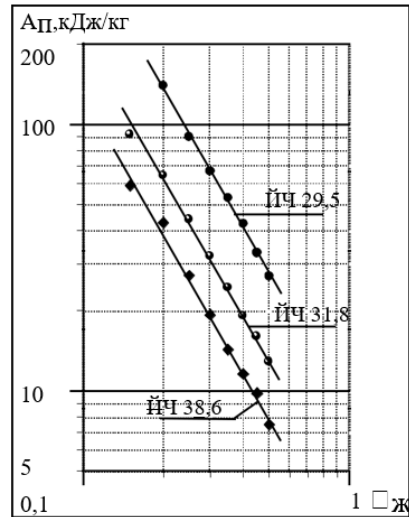
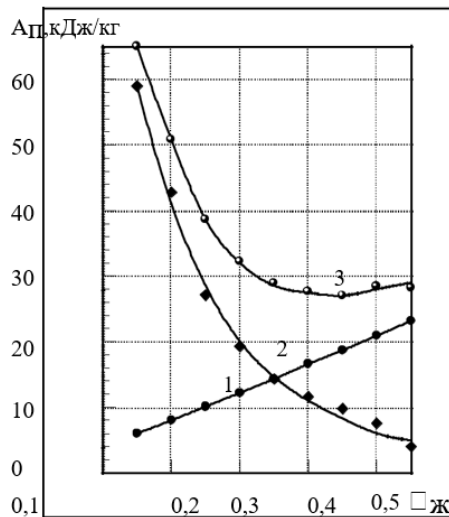


Рис. 3.5. Залежність питомої енергії від частки жиру у вершках: 1- на сепарування; 2- на сколочування; 3- сумарна енергія на сепарування + сколочування.

Рис. 3.6. Залежність питомої енергії на сколочування від частки жиру у вершках. ЙЧ молочного жиру зазначені на рисунку.

Обидві складові енергії сколочування (питома потужність і тривалість сколочування) змінюються в залежності від жирності вершків у широких межах, однак, якщо питома потужність, у міру підвищення жирності вершків зростає, тому що пов'язана з підвищенням в'язкості вершків, то тривалість сколочування, навпаки, різко скорочується. Зниження жирності вершків з 50 до 30% приблизно вдвічі збільшує енергетичні витрати, а в області жирності нижче 30% ця закономірність виявляється ще більш різко, головним чином за рахунок тривалості сколочування. Жирність маслянки практично залишається постійною в області ж від 0,15 до 0,4.

Основним фактором, що обумовлює скорочення витрат енергії на сколочування при підвищенні жирності вершків, є збільшення концентрації ЖК в одиниці об'єму вершків, а отже і збільшення числа зіткнень жирових кульок при механічній обробці. Кількість зіткнень розраховується за рівнянням [Н. Mulder, Р. Walstra, 1974]: Як видно з рівняння, число зіткнень залежить від числа ЖК у другому ступені. В міру збільшення числа зіткнень ЖК тривалість сколочування вершків може знижуватися більш, ніж на

порядок; причому в області до  $J=6,6 \cdot 10^{12}$  (жирність вершків нижче 35%) зниження тривалості сколочування набагато вища, ніж в області вище  $J=6,6 \cdot 10^{12}$  (жирність вище 35%).

Незважаючи на підвищення витрат енергії, необхідної для одержання висококонцентрованих вершків, загальні сумарні витрати енергії на сепарування молока та сколочування вершків 45% знижується на 16-30%, у порівнянні з вершками жирністю 30-25% (див. рис.3.5). Таким чином, істотного зниження енерговитрат на сколочування вершків можливо домогтися шляхом підвищення їхньої жирності.

Узагальнення результатів досліджень та обробка в логарифмічних координатах дозволила одержати математичну залежність питомої енергії на сколочування від частки жиру у вершках у діапазоні жирності ж від 0,15 до 0,5 з різним складом молочного жиру (рис.3.6).

$$A_{\Pi} = C A_{\Pi ж}^{-1,8} \quad (3.2)$$

Де  $A_{\Pi}$  – питома енергія на сколочування, кДж/кг;

$C$  – коефіцієнт, кДж/кг;

$ж$  – частка жиру у вершках.

Коефіцієнт “С” залежить від хімічного складу молочного жиру і визначається із співвідношення:  $C=2 \cdot 10^{21} \cdot \text{ЙЧ}^{-14} + 2,1$

де  $\text{ЙЧ}$  – йодне число молочного жиру.

Розбіжність результатів витрат енергії, отриманих експериментальним шляхом та розрахованих за формулою (3), не перевищувала 4,5%.

Вплив кислотності вершків на витрати енергії при сколочуванні. З практики відомо, що при підвищенні кислотності вершків тривалість сколочування зменшується, у зв'язку з цим проведені досліди з визначення впливу кислотності на енерговитрати при сколочуванні. Діапазон зміни кислотності (кислотність плазми вершків 26,9-102,3Т) включає значення показника, який використовується при виробництві кисло-вершкового масла.

Результати досліджень підтверджують загальну тенденцію, скорочення тривалості сколочування у міру підвищення кислотності. Однак питома потужність на збивання при цьому зростає, тому що при сквашуванні значно підвищується в'язкість вершків. Середня в'язкість при сколочуванні вершків, які не сквашували (температури сколочення порівнянні) складала 0,09 Пас, що в 2-6 разів менше ніж для сквашених вершків. Витрати енергії на сколочування в міру підвищення кислотності вершків також зростають з 33,5 до 49,8 кДж/кг. Підвищення потужності на обробку сквашених вершків перебиває незначне зниження тривалості їх сколочування.

Показано, що витрати енергії на сколочування не сквашених вершків (попередні досліді) були в 1,5-2 рази нижче, ніж у всіх дослідіях сколочування кислих вершків. Це також пояснюється більш низькою в'язкістю не сквашених вершків. Останнім часом поширилося виробництво масла з комбінованою жировою фазою.

У даній роботі проведена оцінка витрат енергії на сколочування вершків зі складною жировою композицією (молочний жир + соняшникова олія). У дослідіях варіювали співвідношенням жирів у композиції (молочний жир: соняшникова олія) від 1:0 до 1:1 при температурах сколочування від 5 до 16°C.

Дані показують, що витрати енергії на сколочування вершків з комбінованим складом значно нижчі, ніж для звичайних вершків, особливо в межах низьких температур сколочування 8-10 °С. Енергія на сколочування, як і в традиційному процесі знижується в міру підвищення температури. Однак підвищення температури сколочування вище 10° С, чи підвищення вмісту в основі рідкої олії понад 40% ведуть до різкого зниження кількості твердої структуроутворюючої фази, що сповільнює процес утворення масляного зерна і характеризується підвищеним відходом жиру у маслянку. Специфіка складу жиру обумовлює доцільність сколочування вершків при більш низьких температурах від 6 до 10 °С.

При сколочуванні вершків з комбінованою жировою фазою знайшли підтвердження закономірності, що описувалися вище для звичайних вершків. Фактором, що визначає енерговитрати на сколочування, є концентрація в комбінованій жировій фазі кристалічного жиру. Концентрація якої, для даних систем знаходиться в межах 34-40 %. Концентрація рослинної олії в композиції визначається з урахуванням хімічного складу молочного жиру. У літній період вона повинна бути нижче 20 %, а в зимовий період може бути підвищена з урахуванням оптимального вмісту в композиції твердого жиру.

### **Вивчення фізичних властивостей вершкового масла.**

#### **Визначення температури плавлення і твердіння вершкового масла.**

Призначення: Визначити температуру плавлення та твердіння кількох видів вершкового масла та побудувати криві затвердіння та плавлення.

Інструменти та матеріали: електроплита, штатив, 2 муфти, 2 ніжки, мензурка, плоска колба, термометр, секундомір, олія кількох видів.

Зразки поміщали в склянки і нагрівали у воді. Після цього, оскільки масло в склянках повністю розтануло, плитку вимикали. У колбу з водою додавали лід. Потім поміщали склянки з маслом, в яких закріплювали термометри, і почали знімати показання з інтервалом в 2 хв до повного застигання масла.

Результати експерименту представлені в таблиці 3.2.

Таблиця 1.

час, хв / ос	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
Зразок 1	78	66	60	58	55	47	46	45	43	41	40	39	38	37	36	36	36	35
Зразок 2	78	72	62	55	52	50	48	46	44	42	41	40	39	38	37	37	37	36
Зразок 3	80	75	72	68	65	60	58	56	54	50	47	45	43	41	40	40	40	39

Потім склянки знову поміщали на водяну баню і знімали показання термометра з інтервалом в 30 секунд до повного розплавлення масла.

Результати експерименту представлені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3.

Час, с.	0	30	60	90	120	150	180	210
Зразок1	35	36	36	41	50	54	62	75
Зразок 2	36	37	37	48	54	60	67	75
Зразок 3	39	40	40	50	54	60	65	72

За результатами дослідів побудовано криволінійне плавлення та затвердіння.

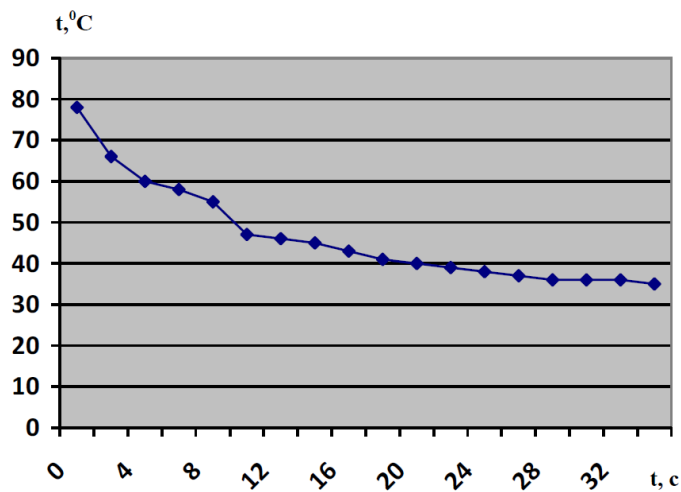


Рис. 3.7. Графік затвердіння зразка №1

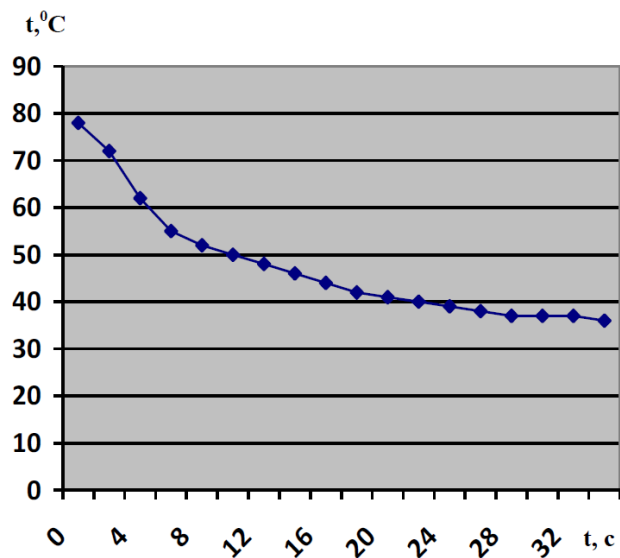


Рис. 3.8. Графік затвердіння зразка №2

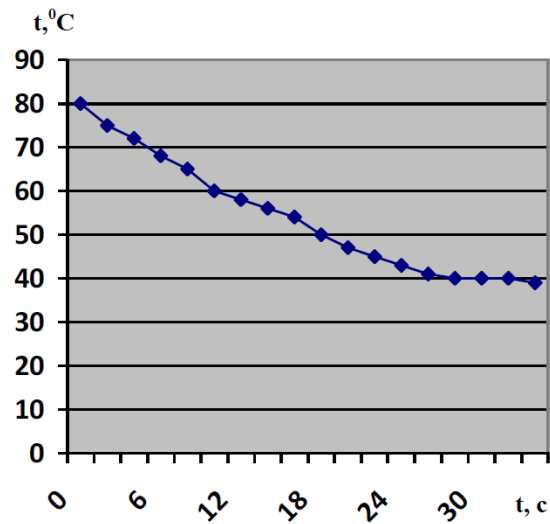


Рис. 3.9. Графік затвердіння зразка №3

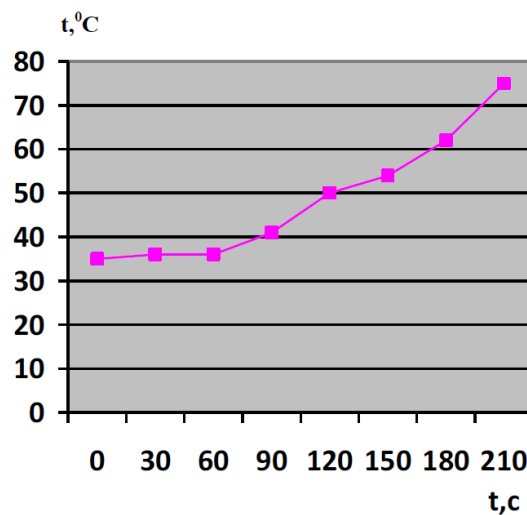


Рис. 3.10. Графік плавлення зразка №1

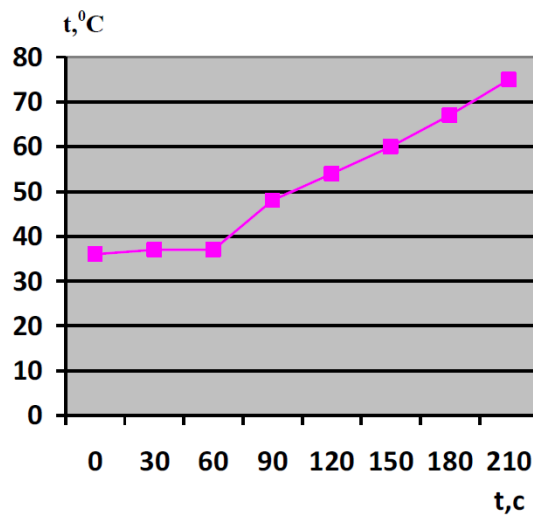


Рис. 3.11. Графік плавлення зразка №2

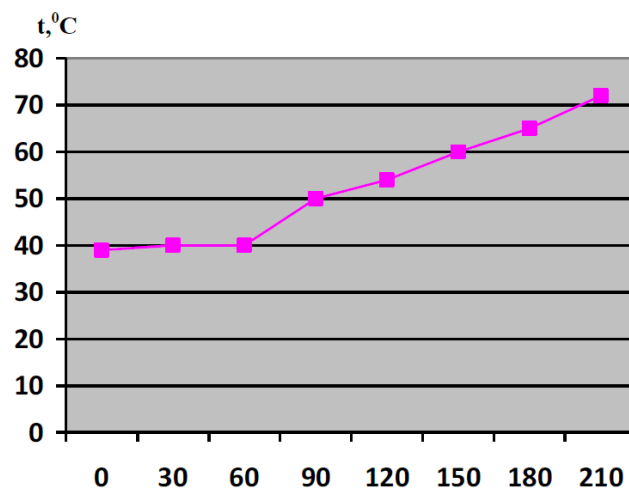


Рис. 3.12. Графік плавлення зразка №3

Висновки: зміна температури як у процесі нагрівання, так і в процесі охолодження відбувається нелінійно, що характерно для аморфних тіл. Температура плавлення і твердіння досліджуваних зразків масла приблизно рівномірна і дорівнює 36-40 °С.

#### 4. Обґрунтування модернізації

Для підвищення ефективності роботи лінії з виготовлення вершкового масла, в даному проекті пропонується до використання удосконалена конструкція масловиготовлювача.

Масловиготовлювач складається з циліндру, який закріплений на станині, в якій розміщений привід. Циліндр включає в себе корпус, з сорочкою, тепловою ізоляцією, кришкою з вихідним і вхідним патрубками і витіснювальний барабан з ножами - скребками. Усередині сорочки охолодження прокладено та закріплено спіраль для спрямованого руху холодоносія. Холодоносій (розсіл або крижана вода) рухається навколо циліндра, що забезпечує ефективний теплообмін. Витіснюючий барабан виконаний конічним і забезпечений лопатями, укріплені на внутрішній поверхні конуса, відбивачем встановленим по осі та перфарованою текстураційною камерою для виходу готового продукту.

Порожнина між циліндром та конусом доповнена теплоізоляційним матеріалом.

Обертання до ротора передається від електродвигуна через редуктор, що має двоступінчасту циліндричну шестерну передачу. Вал редуктора обертається у двох шарикопідшипниках, вихідний торець його представляє у перерізі квадрат.

Ущільнення валу ротора на виході з торцевої стінки здійснюється сальниковим набиванням, яке підтискається через спеціальну втулку підтискною гайкою. Для підтяжки гайки в корпусі редуктора є вікна.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Лементар С.Ю.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Польовий В.Р.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Обґрунтування — модернізації</b>	<b>2004.77.КР.04.004.ПЗ</b>				
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/2</b>	

На основі патентного пошуку та аналізу існуючих конструкцій маслоутворювача зупиняємось на компонованні маслообробника та сорочки охолодження таким чином, що вона дозволить нам розмістити у більшому діаметрі циліндрі охолодження маслообробник, при цьому продукт буде розташовуватися в зазорі між ними. Така схема є найвигіднішою за експлуатаційними витратами при виробництві вершкового масла.

Методика розрахунку буде полягати в тому, що при збільшенні діаметра витіснювального барабана, зростатиме металоємність конструкції, а при зменшенні - зменшуватимуться зазори для продукту і для холодоносія і, як наслідок, збільшуватимуться витрати на електроенергію за рахунок зростання гідравлічних коефіцієнтів тертя.

Отже, якщо правильно порівняти металоємність та енергетичні витрати, можна мінімізувати отриману функцію.

Необхідно скласти алгоритм розв'язання та математичну модель процесу перетворення високожирних вершків на масло з урахуванням залежності фізико-механічних характеристик високожирних вершків від температури.

Розрахунки наведені в розділі 7 даної магістерської роботи.

## 5. Устрій та принцип роботи модернізованого об'єкту проектування


Високожирні вершки надходять у циліндр через вхідний патрубок. Холодоагент подається в сорочку, яка має теплову ізоляцію і спіральну навивку. При русі в кільцевому зазорі між корпусом і витіснювальним барабаном продукт охолоджується, зішкрібається та переміщується ножами – скребками. Охолоджені до температури кристалізації молочного жиру продукт надходить усередину витіснювального барабана, де переміщується і просувається послідовно між відбивними лопатями та лопатями мішалки. Готове вершкове масло виходить через текстураційну камеру та вихідний патрубок у кришці. Теплоізоляційний матеріал виключає нагрівання готової олії, що знову надходять в циліндр масами продукту.

До експлуатації машини допускаються особи не молодші 18-ти років, які пройшли навчання та отримали інструктаж з безпечних прийомів та методів роботи відповідно «Організація навчання працюючих безпеці праці» та мають першу кваліфікаційну групу з електробезпеки.

Електробезпека під час роботи забезпечується пристроєм захисного заземлення за допомогою болта та шайб, що має знак «заземлення» та конструкцією заземлення, що передбачає прокладання електропроводів у металевих трубах.

При несправності електрообладнання, надмірному шумі приводу або сторонньому шумі в циліндрах маслоутворювача і т.п. необхідно знеструмити електродвигун приводу, викликати чергового електрика або слюсаря.

Усунення несправностей обладнання проводити при знятій напрузі живлення. Категорично забороняється вмикати привід ротора при відкритій кришці циліндра. Забороняється захаращувати сторонніми предметами площу обслуговування маслоутворювача.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С.Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> <i>Польовий В.Р.</i> 	<i>Назва, додаткова назва</i> <i>Устрій та принцип роботи</i> <i>модернізованого об'єкту</i> <i>проектування</i>	<b>2004.77.KP.04.005.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Якимчук М.В.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/1</b>

## 6. Підбір конструкційних матеріалів

До технологічного обладнання підприємств молочної галузі пред'являють як загальні вимоги, характерні для всіх видів харчового обладнання, так і спеціальні (санітарні), що визначаються особливостями сировини, що переробляється, а також вимоги безпеки.

До загальних вимог, що висуваються до технологічного обладнання молочних підприємств, відносяться необхідна продуктивність, мінімальні матеріало- та енергоємність, трудомісткість та безпека в обслуговуванні, якість виробленої продукції, ремонтпридатність, надійність, довговічність, екологічна безпека.

Особливість технологічного обладнання, яке переробляє молочну сировину, — це високі санітарні вимоги до його конструкції. Виконавчі органи технологічного обладнання конструктивно виконують таким чином, щоб за найнесприятливіших умов експлуатації виключити можливість проникнення в робочу зону сторонніх предметів, мастил, іржі або металевого пилю, що отримується від зносу деталей.

Конструкційні матеріали технологічного обладнання при контактуванні з харчовими продуктами не повинні утворювати домішок, що забруднюють харчову продукцію та знижують її якість. Забороняється застосовувати в робочій зоні деталі зі свинцю, цинку, міді, сплавів та покриття з них, а також покриття з кадмію, нікелю, хрому, емалей, пінопластів, пластмас на основі формальдегіду, матеріалів, що містять скловолокно, азбест, вироби з кераміки, лакофарбових покриттів.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С.Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> <i>Польовий В.Р.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Підбір конструкційних матеріалів</b>	<b>2004.77.КР.04.006.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Якимчук М.В.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/3</b>

Матеріали, що застосовуються, повинні бути стійкими до хімічних, теплових і механічних впливів при систематичному миття, чищенні та дезінфекції обладнання. Колір конструкційних матеріалів у робочій зоні не повинен впливати на оцінку якості харчової продукції та ускладнювати виявлення забруднень.

Для виготовлення металоконструкцій (рам, станин, зв'язків тощо) слід застосовувати профілі замкнутого перерізу.

Конструкція обладнання повинна забезпечувати захист продукту від зовнішніх забруднень, виключати викиди продуктів або допоміжних матеріалів у навколишнє середовище, забезпечувати повне спорожнення та хорошу очищуваність обладнання, запобігати застою залишків продукту та утворенню вогнищ гниття. Усі поверхні мають бути доступні для санітарної обробки та контролю її якості.

У конструкції продуктової зони обладнання не повинно бути місць, глухих кишень, щілин, а також перегородок, сходів, кромок, різких звужень поперечного перетину, необхідність яких не обумовлена вимогами технологічного процесу. Зокрема, ванни, металеві технологічні ємності і деталі, що стикаються з продуктами, повинні мати гладку поверхню, що легко очищається, без щілин, зазорів, виступаючих частин та інших елементів, що ускладнюють чищення.

Конструкція продуктової зони обладнання, що передбачає замкнуту систему санітарної обробки (безрозбірне миття), повинна забезпечувати можливість періодичного розбирання для ручного чищення та контролю. Знімні та розбірні деталі та вузли повинні бути забезпечені легкорозбірними з'єднаннями.

У продуктивній зоні обладнання не допускається застосовувати заклепки, болти, точкове зварювання, з'єднання внахлест. Стики поверхонь та вершини кутів повинні бути заокруглені радіусом не менше 6 мм, а при застосуванні механізованого миття обладнання – радіусом не менше 50 мм. Зливні та

переливні труби обладнання повинні з'єднуватися з каналізацією закритим способом із пристроєм сифонів або через вирви з розривом струменя. Чистота обробки поверхонь деталей і вузлів обладнання повинна відповідати ДСТУ. Ущільнювальні пристрої валів повинні виключати попадання сировини, миючих засобів і т. д. в механізм приводу, а мастильних матеріалів - в продуктову зону.

Розміщення обладнання, обв'язування його трубопроводами, з'єднання із системою каналізації не повинні перешкоджати санітарній обробці та контролю. Розташування арматури та місць приєднання трубопроводів, що подають середовище, відмінне від харчового продукту (наприклад, гідравлічне масло, охолоджувальне середовище), повинно виключати забруднення продукту внаслідок витоків у процесі роботи та не перешкоджати санітарній обробці обладнання.

Ізоляція поверхонь обладнання повинна бути виконана з теплоізолюючих матеріалів, що не забруднюють навколишнє середовище та продукт. Зокрема, для теплоізоляції будь-яких поверхонь не можна використовувати матеріали, що містять скловолокно або шлаковату.

## 7. Розрахункова частина

### Визначення діаметра тихохідного валу

Визначимо товщину валу (м) за формулою:

$$d = \sqrt{\frac{16 \cdot M_{кр}}{\pi \cdot [\tau]_к}},$$

де:  $M_{кр}$  – крутний момент на валу мішалки, Н м;

$$M_{кр} = \frac{0,136 \cdot N}{n},$$

де:  $N$  – Потужність на валу мішалки, кВт;  $N = 1,86$  кВт

$n$  - частота обертання валу, с-1;  $n = 3,0$

$$M_{кр} = \frac{0,136 \cdot 1,86 \cdot 10^3}{3,0} = 79,42 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$[\tau]_к$  – допустима напруга матеріалу на кручення, Па;  $[\tau]_к = 250 \cdot 10^6$  Па

Тоді:

$$d = \sqrt{\frac{16 \cdot 79,42}{3,14 \cdot 250 \cdot 10^6}} = 0,043 \text{ м}$$

приймаємо  $d_{в} = 45$  мм

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Лементар С.Ю.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Польовий В.Р.	Назва, додаткова назва <b>Розрахункова ЧАСТИНА</b>	2004.77.КР.04.007.ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/12

## Визначення сил у зачепленні шестерень редуктора

Колова сила на колесі:

$$F_t = 2 \cdot M_{кр} / d_k = 2 \cdot 79420 / 160 = 993 \text{ Н}$$

Радіальна сила:

$$F_r = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha = 993 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 993 \cdot 0,364 = 362 \text{ Н}$$

Сила на муфті:

$$F_M = 50 \cdot \sqrt{T} = 50 \cdot \sqrt{79,42} = 446 \text{ Н}$$

### Визначення реакції опор підшипників

Реакція від сил у площині XOZ:

$$F_t \cdot 0,022 - R_{БГ} \cdot 0,077 = 0;$$

$$R_{БГ} = \frac{F_t \cdot 0,022}{0,077} = \frac{993 \cdot 0,022}{0,077} = 285 \text{ Н.}$$

$\Sigma M_A = 0;$

$$F_t \cdot (0,022 + 0,077) - R_{АГ} \cdot 0,077 = 0;$$

$$R_{АГ} = \frac{F_t \cdot (0,022 + 0,077)}{0,077} = \frac{993 \cdot (0,022 + 0,077)}{0,077} = 1278 \text{ Н.}$$

$\Sigma M_B = 0;$

Перевірка:  $\Sigma X = -F_t + R_{АГ} - R_{БГ} = -993 + 1278 - 285 = 0$

Реакції знайшли правильно.

Реакції від сил у площині YOZ:

$$R_{БВ} \cdot 0,077 - F_r \cdot 0,22 - F_M \cdot (0,077 + 0,123) = 0;$$

$$R_{БВ} = -\frac{1}{0,077} \cdot (F_r \cdot 0,22 + F_M \cdot (0,077 + 0,123)) =$$

$$= -\frac{1}{0,077} \cdot (362 \cdot 0,22 + 446 \cdot (0,077 + 0,123)) = -1262 \text{ Н.}$$

$\Sigma M_A = 0;$

Знак мінус означає, що напрямок реакції РБВ протилежно попередньо заданому. Попередньо РБВ була направлена по осі Y, дійсно напрямок протилежно осі Y.

$$-F_r \cdot (0,022 + 0,077) - R_{AB} \cdot 0,077 - F_M \cdot 0,123 = 0;$$

$$R_{AB} = -\frac{1}{0,077} \cdot (F_M \cdot 0,123 + F_r \cdot (0,022 + 0,077)) =$$

$$= -\frac{1}{0,077} \cdot (446 \cdot 0,123 + 362 \cdot (0,022 + 0,077)) = -1178 H.$$

$\Sigma M_B = 0;$

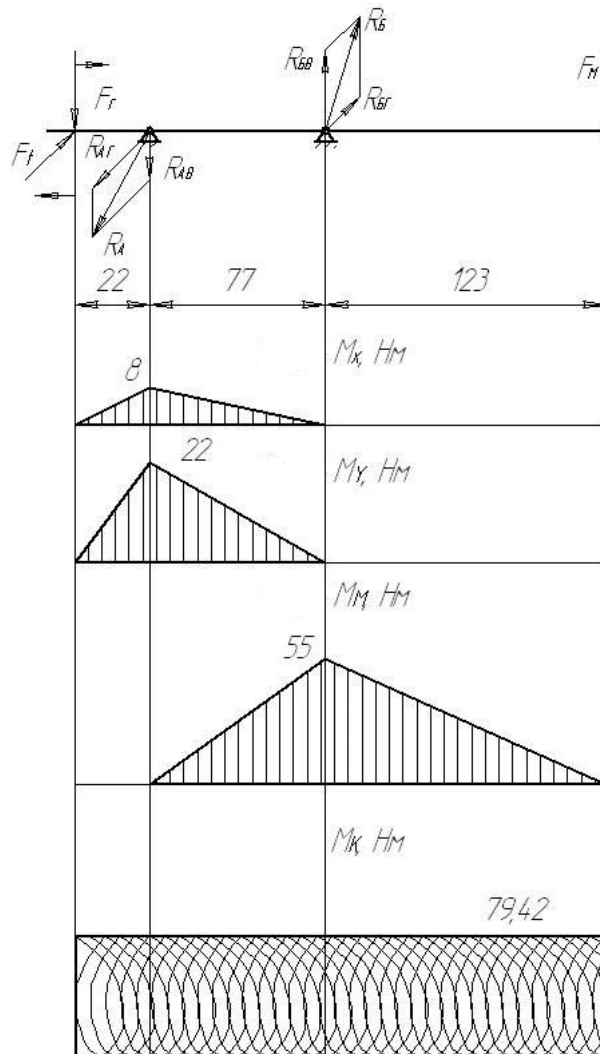


Рисунок 7.1. Епюри крутних і згинальних моментів

Справжній напрямок реакції  $R_{AB}$  протилежно попередньо прийнятому.

Перевірка  $\Sigma Y = -F_r - R_{AB} + R_{BB} + F_M = -362 + 1178 - 1262 + 446 = 0$

Реакції знайшли правильно.

Сумарні реакції опор:

$$R_{rA} = R_A = \sqrt{R_{AB}^2 + R_{AG}^2} = \sqrt{(-1178)^2 + 1278^2} = 1738 \text{ Н};$$

$$R_{rB} = R_B = \sqrt{R_{BB}^2 + R_{BG}^2} = \sqrt{(-1262)^2 + 285^2} = 1294 \text{ Н}.$$

### Побудова епюр моментів

Для побудови епюр визначаємо значення згинальних моментів у характерних перерізах валу.

Вертикальна площина (YOZ):

переріз В  $M_X = 0$ ;

перетин А  $M_X = F_r \cdot 0.022 = 362 \cdot 0.022 = 8 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ;

перетин Б  $M_X = 0$ .

Горизонтальна площина (XOZ):

перетин В  $M_Y = 0$ ;

перетин А  $M_Y = F_t \cdot 0.022 = 993 \cdot 0.022 = 22 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ;

перетин Б  $M_Y = 0$ .

Навантаження від муфти:

перетин А  $M_M = 0$ ;

перетин Б  $M_M = F_M \cdot 0.123 = 446 \cdot 0.123 = 55 \text{ Н} \cdot \text{м}$

перетин Г  $M_M = 0$ ;

Передача крутного моменту відбувається вздовж осі валу з середини шестерні до муфти (епюра МК):  $M_K = T = 79,42 \text{ Нм}$ .

### Розрахунок підшипників на тихохідному валу

Враховуючи порівняно невелику осьову силу, що діє на ротор, попередньо призначаємо кулькові радіальні підшипники середньої вузької серії, умовне позначення 312, для яких  $F_r = 81\,900 \text{ Н}$ ,  $F_t = 48\,000 \text{ Н}$ ,  $n_{пр} = 6000 \text{ хв}^{-1}$ . Виконуємо перевірочний розрахунок лише підшипника лівої опори як найбільш навантаженого. Визначаємо еквівалентне навантаження за формулою:

$$P_r = (XVFr + YFa)K_bK_t; \quad P_a = (XFr + YFa)K_bK_t,$$

де:

$F_r$ -радіальна сила;

$F_a$ -осьова сила;

$X$ -коефіцієнт радіальної сили;

$Y$ -коефіцієнт осьової сили;

$V$ -коефіцієнт обертання;

$K_b$ -коефіцієнт безпеки;

$K_t$ -коефіцієнт температурний.

Попередньо знаходимо  $F_a/C_0 = 900/48000 = 0,0188$ . Знаходимо  $e=0,2$  і далі при  $V=1$ ,  $F_a/(V * F_r) = 900/10100 = 0,089 < e$ .

При цьому  $X=1$ ,  $Y=0$ . Приймаємо  $K_b=1,3$ ,  $K_t=1$ .

$$P_r = 10100 * 1,3 = 13130 \text{ Н}$$

Визначаємо еквівалентну довговічність, год.:

$$L_h E = \mu H * L_h,$$

де:  $L_h$ - сумарний час роботи підшипника, год.;

$\mu H$ - коефіцієнт режиму навантаження.

$$L_h E = 0,25 * 20000 = 5000 \text{ год.}$$

$$L E = 60 * 10^{-6} * n * L_h E = 60 * 10^{-6} * 200 * 5000 = 60 \text{ млн.об.}$$

Динамічна вантажопідйомність та ресурс пов'язані емпіричною залежністю:

$$L = a_1 * a_2 (C/P)^p \text{ или } C = P \sqrt[p]{L / (a_1 * a_2)},$$

де:

$P$ -еквівалентне навантаження;

$a_1$ - Коефіцієнт надійності;

$a_2$ - узагальнений коефіцієнт спільного впливу якості металу та умов експлуатації.

$$C = 13130 \sqrt[3]{60} = 51400 \text{ Н}$$

Умова виконується, але паспортне значення перевищує потребу на 60%.

Доцільна заміна підшипника на легку серію, умовне позначення 212, для якого  $F_a = 52\,000$ ,  $F_r = 31\,000$ . Перевіряємо розрахунок:

$F_a/C_o = 900/31\,000 = 0,029$ ,  $e = 0,23$ . Оскільки  $F_a/(V \cdot F_r)$  як і менше  $e$ , подальший розрахунок зберігається.

Перевіряємо підшипник по статичній вантажопідйомності. За формулою:

$$P_0 = X_0 \cdot F_r + Y_0 \cdot F_a,$$

$$P_0 = 2 \cdot (0,6 \cdot 10\,100 + 0,5 \cdot 900) = 13\,000 \text{ Н} < C_o = 31\,000 \text{ Н}$$

Умови дотримуються.

### Визначення основних параметрів маслоутворювача

Цей розділ містить розрахунок основних оптимальних параметрів маслоутворювача. За допомогою спеціальної програми, на обробку в ЕОМ вводилася функція, графік залежності якої порівнювався з наявним поруч і обчислювалися середньостатистичні та середньоарифметичні відхилення між кривими.

Масова витрата продукту

$$M_c = F_c \cdot \rho_c \cdot v_c$$

де:  $v_c$  - дійсна швидкість руху продукту, м/с;

$\rho_c$  - щільність вершків, кг/м<sup>3</sup>;

$F_c$  - площа перерізу потоку продукту, м<sup>2</sup>.

$$F_c = \pi \cdot (d_4^2 - d_3^2) / 4 = 3,14 \cdot (0,34^2 - 0,3^2) / 4 = 0,026 \text{ м}^2$$

$$- F_r \cdot (0,022 + 0,077) - R_{AB} \cdot 0,077 - F_M \cdot 0,123 = 0;$$

$$R_{AB} = - \frac{1}{0,077} \cdot (F_M \cdot 0,123 + F_r \cdot (0,022 + 0,077)) =$$

$$= - \frac{1}{0,077} \cdot (446 \cdot 0,123 + 362 \cdot (0,022 + 0,077)) = -1178 \text{ Н}.$$

де:  $d \Sigma MB = 0$ ;

4 - Внутрішній діаметр сорочки охолодження, м;

$d_3$  - діаметр витіснювального барабана, м.

Знаходимо лінійну швидкість продукту ( $v_c$ , л):

$$v_{c.a} = \frac{M_c}{F_c \cdot \rho_c} = \frac{0.2778}{0,026 \cdot 927} = 0.015 \frac{m^2}{c}$$

кратність агента:

$$K = \frac{M_p}{M_c},$$

де:  $M_p$  – масова витрата холодоагента, кг/с.

Знаходимо ( $M_p$ ):

$$M_p = K \cdot M_c = 2,8 \cdot 0,2778 = 0,778 \text{ кг/с}$$

Швидкість руху холодоагента ( $v_p$ ):

$$v_p = \frac{M_p}{\Pi \cdot P \cdot (R_5^2 - R_4^2) \cdot \varphi \cdot \rho_p} = \frac{0.778}{3,14 \cdot 0,03 \cdot (0,182^2 - 0,172^2) \cdot 0,936 \cdot 1181} = 2,35 \frac{m^2}{c}$$

де:  $\rho_p$  – густина холодоагента, кг/м<sup>3</sup>;

$R_5$  – більший радіус кільцевого зазору холодоагента, м;

$R_4'$  – менший радіус кільцевого зазору холодоагента, м;

$P$  – крок витка стрічки, м;

$\varphi$  – коефіцієнт зменшення площі вільного проходу:

$$\varphi = 1 - \frac{B}{\Pi \cdot (R_5 - R_4') \cdot \cos \alpha_c} = 1 - \frac{0,002}{3,14 \cdot (0,182 - 0,172) \cdot \cos 5} = 0,936,$$

де:  $B$  – товщина стінки витка, м

$$\alpha_c = \arctg \frac{P}{\Pi \cdot (R_5 - R_4')} = \arctg \frac{0,03}{3,14 \cdot (0,182 - 0,172)} = 5 \text{ град.}$$

Визначаємо критерії Рейнольдсу для продукту ( $Re_c$ ):

$$-F_r \cdot (0,022 + 0,077) - R_{AB} \cdot 0,077 - F_M \cdot 0,123 = 0;$$

$$R_{AB} = -\frac{1}{0,077} \cdot (F_r \cdot 0,123 + F_r \cdot (0,022 + 0,077)) =$$

$$= -\frac{1}{0,077} \cdot (446 \cdot 0,123 + 362 \cdot (0,022 + 0,077)) = -1178 H.$$

$\Sigma MB = 0$ ;

де:  $\nu_c$  – кінематична в'язкість продукту, м<sup>2</sup>/с.

Визначаємо критерії Рейнольдсу для холодоагента ( $Re_p$ ):

$$Re_p = \frac{v_p \cdot (d_5 - d_4)}{v_p} = \frac{2,35 \cdot (0,364 - 0,344)}{2,52 \cdot 10^{-6}} = 18610$$

де:  $v_p$  – кінематична в'язкість холодоагента, м<sup>2</sup>/с.

Визначаємо число Прандля для продукту ( $Pr_c$ ):

$$Pr_c = \frac{\mu_c \cdot C_c}{\lambda_c} = \frac{0,000621 \cdot 2390}{0,203} = 7,31$$

де:  $\mu_c$  – динамічна в'язкість продукту, Па\*с;

$C_c$  – теплоємність продукту, Дж/кг\*к;

$\lambda_c$  – коефіцієнт теплопровідності продукту, Вт/м\*к.

Визначаємо число Прандля для холодоносія ( $Pr_p$ ):

$$Pr_p = \frac{\mu_p \cdot C_p}{\lambda_p} = \frac{0,003 \cdot 3330}{0,54} = 18,35$$

де:  $\mu_p$  – динамічна в'язкість холодоносія, Па\*с;

$C_p$  – теплоємність холодоносія, Дж/кг\*К;

$\lambda_p$  – коефіцієнт теплопровідності холодоносія, Вт/м\*К.

Визначаємо критерії Нусальта для продукту:

$$N_{uc} = 0,021 \cdot Re_c^{0,8} \cdot Pr_c^{0,43} \cdot \left( \frac{Pr_c}{Pr_{c.c}} \right)^{0,25} = 0,021 \cdot 29850^{0,8} \cdot 7,31^{0,43} \cdot 0,95 = 178$$

$$\left( \frac{Pr_c}{Pr_{c.c}} \right)^{0,25} = 0,95$$

де: - для охолодження;

Визначаємо критерії Нусальта для холодоагента:

$$N_{vp} = 0,021 \cdot Re_p^{0,8} \cdot Pr_p^{0,43} \cdot \left( \frac{Pr_p}{Pr_{p.p}} \right)^{0,25} = 0,021 \cdot 18610^{0,8} \cdot 18,35^{0,43} \cdot 1,05 = 200$$

$$\left( \frac{Pr_p}{Pr_{p.p}} \right)^{0,25} = 1,05$$

де: - для нагріву.

Знаходимо коефіцієнт теплопередачі (K):

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_p} + \frac{\Delta}{\lambda_{cm}} + \frac{1}{\alpha_c}} = \frac{1}{\frac{1}{5419} + \frac{0.002}{14} + \frac{1}{905}} = 698 \quad \text{К,}$$

де:  $\Delta$  – товщина стінки, м;

$\lambda_{ст}$  – коефіцієнт теплопровідності матеріалу, Вт/м\*К;

$\alpha_p$  – коефіцієнт тепловіддачі холодоагента Вт/м<sup>2</sup>\*К;

$\alpha_c$  – коефіцієнт тепловіддачі продукту Вт/м<sup>2</sup>\*К.

$$\alpha_p = \frac{N_{up} \cdot \lambda_p}{d_5 - d_4} = \frac{200 \cdot 0.54}{0.364 - 0.344} = 5419 \quad \text{Вт/м}^2 \cdot \text{К;}$$

$$\alpha_c = \frac{N_{uc} \cdot \lambda_c}{d_4 - d_3} = \frac{178 \cdot 0.203}{0.34 - 0.3} = 905 \quad \text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Максимальный перехід температур на вході продукту складає:

$$\Delta t_{max} = (t_{п.н.} - t_{п.к.}) = 65 - 10,59 = 54,41 \quad ^\circ\text{C},$$

де:  $t_{п.н.}$  – початкова температура продукту,  $^\circ\text{C}$ ,

$t_{п.к.}$  – початкова температура холодоагента,  $^\circ\text{C}$ .

Минимальный переход температур на виході складає:

$$\Delta t_{min} = (t_{п.к.} - t_{п.н.}) = 12 + 3 = 15 \quad ^\circ\text{C},$$

де:  $t_{п.к.}$  – кінцева температура продукту,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_{п.н.}$  – початкова температура холодоагента  $^\circ\text{C}$ .

Перепад температур визначається:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}{\ln \frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}}} = \frac{54,41 - 15}{\ln \frac{54,41}{15}} = 30,589 \quad ^\circ\text{C}.$$

Тепловий потік визначаємо по формулі:

$$Q_t = m_c \cdot C_c \cdot (t_{п.н.} - t_{п.к.}) = m_p \cdot C_p \cdot (t_{п.к.} - t_{п.н.}) = 0,2778 \cdot 2390 \cdot (65 - 12) = 35118,93 \quad \text{Вт}$$

Із формули визначаємо ( $t_{п.к.}$ ):

$$t_{п.к.} = \frac{m_c \cdot C_c \cdot (t_{п.н.} - t_{п.к.})}{m_p \cdot C_p} + t_{п.н.} = \frac{35118,93}{0,778 \cdot 3330} - 3 = 10,59 \quad ^\circ\text{C},$$

Визначаємо поверхню теплопередачі (F):

$$F=Q\tau/K*\Delta t_{ср}=35118,93/698*30,589=1,65 \text{ м}^2$$

Визначаємо довжину маслоутворювача (L):

$$L = \frac{F}{\pi \cdot \left( \frac{d_5 + d_4}{2} \right)} = \frac{1,65}{3,14 \cdot \left( \frac{0,364 + 0,344}{2} \right)} = 1,10 \text{ м}$$

Визначаємо об'єм металу в маслоутворювачі:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot d_1^2 \cdot L}{4} ;$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot \left( \left( \frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2 - \left( \frac{d_2 + d_3}{2} - 2 \cdot \Delta \right)^2 \right) \cdot L}{4} ;$$

$$V_3 = \frac{\pi \cdot (d_3^2 - (d_3 - 2 \cdot \Delta)^2) \cdot L}{4} ;$$

$$V_4 = \frac{\pi \cdot (d_4^2 - d_4^2) \cdot L}{4} ;$$

$$V_5 = \frac{\pi \cdot ((d_5 + 2 \cdot \Delta)^2 - d_5^2) \cdot L}{4} ;$$

$$V_6 = \frac{\pi \cdot (d_6^2 - (d_6 - 2 \cdot \Delta)^2) \cdot L}{4} ;$$

$$V_{фл.} = 2 \cdot \pi \cdot d_6^2 \cdot 0,005 / 4 ;$$

$$V_{мор.} = \pi \cdot (d_3^2 - d_2^2) \cdot 0,05 / 4 ;$$

де: d1 - діаметр валу відбивача;

d2 – діаметр текстурційних ґрат.

$$V_1 = \frac{3,14 \cdot 0,025^2 \cdot 1,1}{4} = 0,00075 \text{ м}^3 ;$$

$$V_2 = \frac{3,14 \cdot \left( \left( \frac{0,05 + 0,3}{2} \right)^2 - \left( \frac{0,05 + 0,3}{2} - 2 \cdot 0,002 \right)^2 \right) \cdot 1,1}{4} = 0,0017 \text{ м}^3 ;$$

$$V_3 = \frac{3,14 \cdot (0,3^2 - (0,3 - 2 \cdot 0,002)^2) \cdot 1,1}{4} = 0,0029 \text{ м}^3 ;$$

$$V_4 = \frac{3,14 \cdot (0,344^2 - 0,34^2) \cdot 1,1}{4} = 0,0033 \text{ м}^3 ;$$

$$V_5 = \frac{3,14 \cdot ((0,364 + 2 \cdot 0,002)^2 - 0,364^2) \cdot 1,1}{4} = 0,0035 \text{ м}^3;$$

$$V_6 = \frac{3,14 \cdot (0,432^2 - (0,432 - 2 \cdot 0,002)^2) \cdot 1,1}{4} = 0,0041 \text{ м}^3;$$

$$V_{\text{фл.}} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,432^2 \cdot 0,005 / 4 = 0,0015 \text{ м}^3;$$

$$V_{\text{мор.}} = 3,14 \cdot (0,3^2 - 0,05^2) \cdot 0,05 / 4 = 0,0034 \text{ м}^3.$$

Втрати напору на продукти (P<sub>c</sub>):

$$P_c = \frac{L \cdot K_{\text{мп.с}} \cdot \rho_c \cdot g_{\text{с.д}}^2}{2 \cdot d_4} = \frac{1,1 \cdot 0,023 \cdot 927 \cdot 0,5^2}{2 \cdot 0,34} = 12,17 \text{ Па},$$

де: K<sub>тр.с</sub> – коефіцієнт тертя вершків:

$$K_{\text{мп.с}} = \frac{1}{(1,8 \cdot \lg Re_c - 1,5)^2} = \frac{1}{(1,8 \cdot \lg 29850 - 1,5)^2} = 0,023$$

Втрати напору на холодоагенті (P<sub>p</sub>):

$$P_p = \frac{L \cdot K_{\text{мп.р}} \cdot \rho_p \cdot g_p^2}{2 \cdot d_5} = \frac{1,1 \cdot 0,026 \cdot 1181 \cdot 2,35^2}{2 \cdot 0,364} = 357,6 \text{ Па},$$

де: K<sub>тр.р</sub> – коефіцієнт тертя холодоагента:

$$K_{\text{мп.р}} = \frac{1}{(1,8 \cdot \lg Re_p - 1,5)^2} = \frac{1}{(1,8 \cdot \lg 18610 - 1,5)^2} = 0,026$$

Потужність на проштовхування продукту (N<sub>c</sub>):

$$N_c = P_c \cdot M_c / \eta_n = 12,17 \cdot 0,2778 / 0,8 = 4,22 \text{ Вт},$$

де: η<sub>n</sub> – КПД насоса.

Потужність на проштовхування холодоагента (N<sub>p</sub>):

$$N_p = P_p \cdot M_p / \eta_n = 357,6 \cdot 0,778 / 0,8 = 347,7 \text{ Вт}$$

Сумарна потужність (N<sub>общ.</sub>):

$$N_{\text{общ.}} = N_c + N_p = 4,22 + 347,7 = 352 \text{ Вт}$$

Потужність на обертання (N):

$$N = F_{\text{тр.}} \cdot g_{\text{вр}} = 2,6 \cdot 0,485 = 1,26 \text{ Вт}$$

де: F<sub>тр.</sub> – сила тертя ножів об стінку, Н:

$$F_{\text{тр.}} = F_{\text{пр.}} \cdot f_{\text{вр.}} = 10 \cdot 0,26 = 2,6 \text{ Н},$$

де: F<sub>пр.</sub> – сила притискання ножів до стінки, Н;

$\eta_{тр}$  – коефіцієнт тертя.

Затрати на електроенергію (Зат):

$$Zat = (N \cdot C_{эл.} + N_{общ.} \cdot C_{эл.}) / 3600 \cdot M_c = (1,26 \cdot 1,4 + 352 \cdot 1,4) / 3600 \cdot 0,2778 = 0,5 \text{ руб.},$$

де: Сэл. – стоимость электрической энергии, грн/кВт.

Визначаємо металоемкість (Мет):

$$Met = \rho_{мет.} \cdot (V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6 + V_{фл.} + V_{тор.}) = \\ = 7800 \cdot (0,00075 + 0,0017 + 0,0029 + 0,0033 + 0,0035 + 0,0041 + 0,0015 + 0,0034) = 165 \text{ кг.},$$

де:  $\rho_{мет.}$  – щільність металу, кг/м<sup>3</sup>.

Капітальні затрати (Кап):

$$Kap = Met \cdot S_{мет} \cdot K_{об} + N_{общ.} \cdot C_{насоса} + N \cdot C_{двиг.} = \\ = 165 \cdot 200 \cdot 1,2 + 352 \cdot 7 + 1,26 \cdot 7 = 42067 \text{ руб.},$$

де: Sмет – вартість металу, грн/кг;

Kоб – коефіцієнт виготовлення обладнання;

Cнасоса – питома вартість насоса, грн/кВт;

Cдвиг – питома вартість двигуна, грн/кВт.

Амортизація (А):

$$A = 0,6 \cdot Kap / 100 = 0,6 \cdot 42067 / 100 = 252,4 \text{ руб.}$$

Питомі затрати (П):

$$P = A / 1000 + Зат = 252,4 / 1000 + 0,5 = 3,02 \text{ грн/кг.}$$

Рішення поставленої задачі здійснили тим, що склавши математичну модель процесу, зробили багатоваріантне рішення за допомогою ЕОМ і побудували графіки залежності питомих експлуатаційних витрат від діаметра витіснювального барабана, товщини шару холодоагента, кратності агента та кроку витка стрічки.

Результати багаторазових обчислень наведено на листах НДР формату А1.



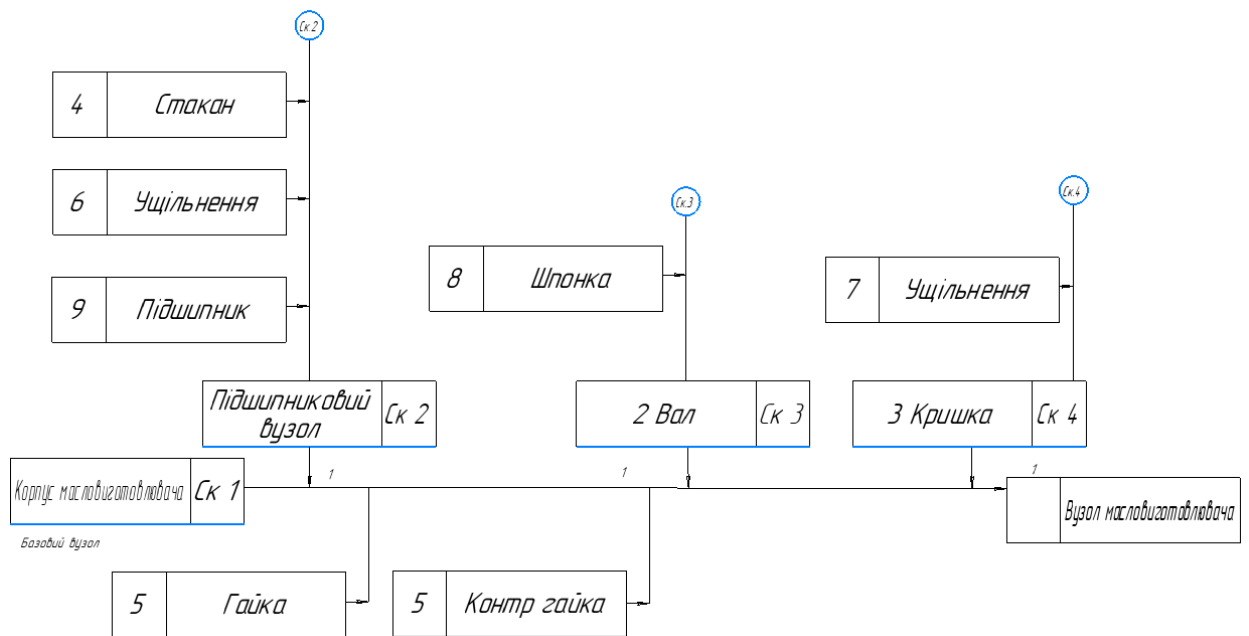


Рис. 8.2. Графічна схема складання

Таблиця 8.1. Опис подетального складу вузла

Номер позиції деталі	Назва деталі	Кількість деталей
1.	Корпус масловиготовлювача	1
2.	Вал	1
3.	Кришка	1
4.	Стакан	1
5.	Гайка М125	2
6.	Манжета 1-80x70-0 ГОСТ 14896-84	1
7.	Манжета 1-80x65-0 ГОСТ 14896-84	1
8.	Шпонка ГОСТ 10748-79	1
9.	Підшипник 180113 ГОСТ 8882-75	1

--	--	--

Таблиця 8.2. Опис технологічний маршрут складання вузла

Номер переходу	Зміст переходу
<b>10. Збирання підшипникового вузла СК2</b>	
10.1.	Встановити стакан в корпус сушарки-гранулятора
10.2.	Встановити ущільнення
10.2.	Встановити підшипник
10.4.	Встановити ущільнення
10.5	Закріпити стакан гайкою
10.6	Закріпити стакан контр гайкою
<b>20. Збирання і встановлення вала СК3</b>	
20.1.	Встановити шпонку на вал
20.2.	Встановити вал в стакан
<b>30. Встановлення кришки СК4</b>	
30.1.	Встановити ущільнення в кришку
30.2.	Встановити кришку в стакан

## 9. Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання

### Порядок встановлення маслоутворювача

Маслоутворювач встановлюється на заміну зношеного або в зручному для експлуатації місці у складі лінії виробництва вершкового масла методом перетворення високожирних вершків.

Монтаж трубопроводів для підведення та відведення розсолу, гарячої води продукту проводиться згідно з паспортом обладнання. По відношенню до продукту холодоносії рухається протитечею. Такий напрямок руху покращує теплообмін.

Для запобігання забруднення сорочки циліндра рекомендується розсіл, що направляється в циліндр охолодження, попередньо пропускати через фільтр.

Від щита управління до приводу маслоутворювача підводяться труби, які прокладаються дроти для електроживлення двигунів.

Монтаж електроустаткування здійснюється відповідно до правил монтажу установок.

Тиск у мережі подачі продукту та холодоносія не повинен перевищувати 0,25 – 0,3 МПа (2,5 – 3 кгс/см<sup>2</sup>). Для запобігання надмірному тиску необхідно перевірити, чи відкриті крани та вентилі для виходу продукту, холодо-теплоносія в момент проходження їх через апарат.

Після закінчення монтажу маслоутворювача трубопроводи для подачі продукту та холодоносія піддаються гідравлічному випробуванню на тиск відповідно збільшений до 0,30 – 0,35 МПа (3,0 – 3,5 кгс/см<sup>2</sup>). Якість монтажу трубопроводів має характеризуватися герметичністю, надійним кріпленням, легким розбиранням. При гідравлічному випробуванні трубопроводів тиск по манометру повинен бути незмінним протягом 10 хв.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С.Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> <i>Польовий В.Р.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> <i>Правила монтажу,</i> <i>експлуатації та ремонту</i> <i>обладнання</i>	<b>2004.77.КР.04.009.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Якимчук М.В.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/4</b>

## Підготовка до роботи

Перед початком роботи всі робочі органи, що торкаються роботи з продуктом необхідно вичистити від мастила, промити розчином хлораміну і сполоснути теплою водою.

Після промивання ротора, циліндра та даху проводиться складання апарату. Вставляється ротор в циліндр, згідно з цифровими мітками, поставленими на циліндрі та торці ротора. Поверхня хвостовика ротора, втулки та упору покриваються мастилом (вершковим маслом). Закривається і затягується кришка цилінду, перевіряється зазор між упором кришки та кулькою хвостовика барабана шляхом відкручування гайки регулювального вузла, потім відкручуванням її на півоберта і затягування контргайкою.

Заливається мастило в редуктор приводу бараба. Схема мастила маслоутворювача наведена у паспорті.

Двигун приводу піддається короткочасному увімкненню. Напрямок обертання електродвигуна – за годинниковою стрілкою: стрілкою з боку кожуха електродвигуна.

Протягом 1-2 змін проводиться обкатка апарату в неодружену (притирання ножів ротора по циліндрах). Спочатку апарат заповнюється водою, включається привід ротора. При цьому спостерігають за станом завязаного вузла (при нормальній роботі торець регулювальної втулки не повинен нагріватися) та вузла сальника з боку приводу (при виявленні підтікання гайку сальника підтягнути або доповнити набивкою сальник).

Після закінчення обкатки із цилінду злити воду, відкрити спускний кран на кришці циліндра. Відкрити кришку на циліндрі, витягнути ротор, оглянути ножі, кріплення ножів та дисків на кришці та роторі, хвостовика ротора та упор регулюючої втулки. Помічені порушення кріплення та інші несправності усунути. Злити мастило з редуктора і залити гасом. Після короткочасного прокручування з гасом злити його з редуктора, дати стекти і потім залити нове мастило. Провести збирання апарату.

У гільзу під термометром на вихідному патрубку продуктової лінії і футорці на вході охолоджувача в апарат залити індустріальне масло (наприклад, марки I20)

### **Порядок роботи**

При пуску апарату необхідно:

Пропустити протягом 15 – 20 хвилин гарячу воду з температурою 60 – 70 оС через насос та маслоутворювач. Включити електродвигун приводу ротора, перевірити нормальну роботу апарату, відсутність сторонніх шумів та легкість обертання ротора.

Вимкнути електродвигун приводу ротора.

Відкрити кран на кришці циліндра та кран спускний для виходу олії, злити воду з циліндра маслоутворювача та трубопроводів.

Закрити кран зливу води та кран спусковий.

Відкрити повітряні крани на кришці циліндра.

Відкрити кран подачі високожирних вершків із нормалізаційної ванни до насоса, крани інших ванн повинні бути закриті.

Включити насос для подачі високожирних вершків на маслоутворювач. При появі вершків з відкритого повітряного крана циліндра необхідно кран закрити і відкрити кран для виходу олії на перелив в нормалізаційну ванну або облік (залежно від схеми складання). Під час набору режиму тиск у нагнітальній лінії холодоносія повинен бути 0,2 – 0,3 МПа (2 – 3 кгс/см<sup>2</sup>), а після режиму, що встановився, знижений приблизно до 0,15 – 0,2 МПа (1,5 – 2 кг /см<sup>2</sup>) залежно від виду вироблюваного масла, продуктивності та температури холодоносія.

У початковий момент роботи маслоутворювача недостатньо охолоджена олія повертається назад у ванну, при цьому має бути відкрита пара в сорочку нормалізаційної ванни.

При встановленому режимі роботи маслоутворювача, коли досягнута потрібна для даного виду масла продуктивність, хороша якість і

термостійкість (уточнюється фахівцями – майстрами та технологами з урахуванням місцевих умов) повинні підтримуватися оптимальні параметри по тиску і температурі продукту та холодоносія, а навантаження на приводі за показаннями амперметра не повинна перевищувати більше 6 А.

### **Технічне обслуговування**

Для забезпечення надійності роботи слід виконувати вимоги керівництва. Довговічна та безвідмовна робота маслоутворювача залежить від правильного догляду за ним.

Перед початком роботи необхідно:

- один раз на тиждень відкривати кришку циліндра та витягувати ротор, оглядати ножі, їх кріплення, обробні диски, підп'ятник хвостовика барабана, втулку та упор у кришці, зауваження недоліки при необхідності усувати, замінювати деталі;

- дізнатися про зміну неполадок у роботі маслоутворювача, усувати їх. Перевірити, чи затягнута кришка циліндра, закриті крани для спуску води та продукту, наявність мастила в редукторі приводу (рівень має бути до половини контрольного скла). Точки мастила вказані у паспорті;

- стежити за набиванням сальника приводного валу барабана, при протіканні - підтягнути гайку сальника, доповнити або замінити набивання сальника.

## 10. Автоматичний контроль та управління об'єктом проектування

### Завдання автоматизації лінії виробництва вершкового масла

При автоматизації трудомістких процесів підвищується продуктивність та покращуються умови праці. Тому, в даному розділі проекту розробляємо автоматизацію процесу приготування вершкового масла шляхом перетворення високожирних вершків, котра наведена на листі фармату А1.

При вивченні наявної лінії автоматизації приходимо до висновку, що рівень автоматизації процесу відповідає сучасним вимогам технологічних операцій.

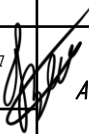
Відповідно до завдань автоматизації та вимог технології підбираємо контрольно-вимірювальні прилади та засоби автоматизації.

Схема автоматичного керування передбачає автоматизацію наступних технологічних процесів:

- автоматичний контроль нормалізації суміші;
- охолодження та витримка при певній температурі нормалізованої суміші;
- контроль температури у процесі утворення вершкового масла;
- контроль, регулювання та автоматизація процесу фасування масла в картонні коробки;
- автоматизація процесу миття лінії.

### Опис пристрою та роботи розробленої схеми автоматизації

Розроблена схема автоматизації містить у собі дві функції регулювання: регулювання технологічних процесів під час роботи та миття обладнання та автоматики безпеки для попередження та уникнення аварій.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Лементар С.Ю.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Польовий В.Р. 	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Автоматичний контроль та управління об'єктом проектування</b>	<b>2004.77.КР.04.010.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/3</b>

За регулювання технологічних параметрів та процесів у часі роботи відповідають програматори: KS1 – веде процес роботи обладнання, KS2 – здійснює зміну наповнених коробів та дозування масла в них та KS3 – відповідає за процес автоматичного миття.

Лінія функціонує повністю автоматично та включається з пульта керування натисканням однієї кнопки HS.

Для виконання першого завдання набору високожирних вершків і пахти в напірні баки, програматор включає електромагнітні клапани 38 і 39. При цьому набір контролюється датчиком верхніх рівнів LE3 і LE15. При досягненні верхніх рівнів ці датчики через свої рівнеміри LAS5 і LAS17 виключають електромагнітні клапани 38 і 39.

Так як у ванну нормалізації необхідно набирати ВЖС і пахту в певному співвідношенні, то попередньо на лічильники кількості FIRS6 і FIRS13 задається необхідна кількість ВЖС і пахти. Після надходження сигналів верхніх рівнів LE3 та LE15 програматор KS3 через пускачі NS12 та NS18 відкриває відповідні електромагнітні клапани та одночасно включає електродвигун мішалки M14. Таким чином, процес нормалізацій відбувається за обсягом. А для контролю регулювання температури вмонтовано датчик TE21, який через міст – регулятор TIS21 відкриває або закриває клапани 10, 11 подачі гарячої чи холодної води у сорочку нормалізації ванни. Після нормалізацій і за температурою і за часом нормалізацій програматор KS1 відкриває клапан 23 одночасно включає насос з електродвигуном M25. Цей насос одночасно є дозатором подачі нормалізованих вершків в маслоутворювач. Електродвигун маслоутворювача M26 також включається одночасно з клапаном 23, електродвигуном M25. Процес маслоутворення треба контролювати за температурою, тому на виході з маслоутворювача встановлено датчик температури TE30, який через регулятор TC30 управляє та регулює подачі холодної або гарячої води в сорочку маслоутворювача. Лічильник FES35 з електроконтактним датчиком

робить звіт кількості брикетів, що показуються на лічильниках FIRS35. тому на виході з маслоутворювача встановлено датчик температури TE30, який через регулятор TC30 керує та регулює подачі холодної або гарячої води в сорочку маслоутворювача. Лічильник FES35 з електроконтактним датчиком робить звіт кількості брикетів, що показуються на лічильниках FIRS35. тому на виході з маслоутворювача встановлено датчик температури TE30, який через регулятор TC30 керує та регулює подачі холодної або гарячої води в сорочку маслоутворювача. Лічильник FES35 з електроконтактним датчиком робить звіт кількості брикетів, що показуються на лічильниках FIRS35.

## 11. Охорона праці

### Загальні вимоги щодо охорони праці

До виробництва масла допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли відповідну виробничу підготовку, мають групу допуску з електробезпеки та професійні навички для роботи. Перед допуском до самостійної роботи працівник має пройти: - обов'язкові попередні (при вступі на роботу) та періодичні (протягом трудової діяльності) медичні огляди (обстеження); – навчання безпечним способам та прийомам виконання робіт, стажування на робочому місці; – вступний та первинний на робочому місці інструктажі з охорони праці, навчання та перевірку знань вимог охорони праці.

Працівники, вперше прийняті на роботу як працівники, після інструктажу з охорони праці на робочому місці повинні пройти стажування протягом 2–14 змін під керівництвом осіб, які мають досвід роботи та призначені наказом (розпорядженням) роботодавця.

Допуск фіксується датою та підписом інструктуючого та інструктованого в журналі реєстрації інструктажу на робочому місці.

Працівник повинен виконувати тільки ту роботу, якою пройшов інструктаж і яку видано завдання, не перепоручати свою роботу іншим працівникам.

При перекладі іншу роботу необхідно вимагати від безпосереднього керівника відповідного навчання безпечним прийомам виконання.

У процесі роботи працівник повинен дотримуватися чинних правил трудового розпорядку. Курити, приймати їжу слід у спеціально відведених для цього місцях.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С.Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> <i>Польовий В.Р.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Охорона праці</b>	<b>2004.77.КР.04.011.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Якимчук М.В.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/6</b>

Забороняється перебування на робочому місці сторонніх працівників, розпивання спиртних напоїв, робота у хворобливому стані, а також у стані алкогольного, наркотичного чи токсикологічного сп'яніння.

У процесі роботи на працівники можуть впливати такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори: - рухомі частини виробничого обладнання; - Підвищена вологість повітря робочої зони; - Знижена температура поверхонь обладнання; – підвищений рівень шуму під час роботи на сепараторі; - Недостатня освітленість робочої зони; - Падіння на слизькій підлозі; - фізичні навантаження; - Небезпека ураження електричним струмом.

Для захисту від небезпечних та шкідливих виробничих факторів працівнику мають бути видані безкоштовно санітарний одяг, засоби індивідуального захисту, передбачені нормами, затвердженими в установленому порядку.

У процесі роботи працівник повинен дотримуватися правил пожежної безпеки, не захарашувати проходи і виходи сировиною, тарою.

У разі несправності обладнання, інструменту, аварії або травмування працівників повинен повідомити керівника робіт.

Забороняється самостійне усунення несправностей електрообладнання. Для виконання цих робіт слід викликати спеціаліста.

Стежити за чистотою робочого місця, обладнання, не допускати утворення слизьких місць. Забруднені місця вимити теплою водою із застосуванням миючих засобів та витерти насухо.

Дотримуватись правил особистої гігієни. Протягом зміни при необхідності, а також після відвідування туалету мити руки теплою водою з милом.

Працівник, який порушив вимоги цієї інструкції, відповідає у порядку, встановленому законодавством.

## **Вимоги охорони праці перед початком роботи**

Оглянути засоби індивідуального захисту, переконатися у їх справності.

Одягти одяг, взуття, головний убір та інші засоби індивідуального захисту так, щоб не було вільно звисаючих підлог, зав'язок, кінців. Волосся заправити під головний убір.

Увімкнути освітлення. Переконайтеся, що робоче місце добре освітлене. Оглянути робоче місце. Підлога повинна бути чистою, неслизькою, без вибоїн та нерівностей.

Перевірити наявність та справність захисних огорож та пристроїв, заземлювальних пристроїв. Переконайтеся у надійності їх кріплення та працездатності.

Включити вентиляцію, переконатись у її нормальній роботі.

Повісити на пусковий пристрій обладнання плакат із написом: «Не включати. Працюють люди». При знятій напрузі перевірити: санітарний стан обладнання; – наявність та справність огорож приводів насоса та сепаратора; – цілісність та надійність кріплення захисного заземлення; – наявність та справність контрольно-вимірювальних приладів.

Манометри повинні мати червону межу за поділом, що відповідає робочому тиску в посудині.

Манометри не допускаються до застосування у випадку, якщо: - відсутня пломба або тавро; - Прострочений термін перевірки; - стрілка приладу при його вимиканні не повертається на нульову позначку шкали; – розбите скло або інші пошкодження.

Перевірити наявність води, мила, рушника та дезрозчину у спеціально відведених місцях. Насос молочний

Перевірити: - Легкість обертання вала насоса; - Відсутність на насосі і на поверхні електродвигуна будь-яких сторонніх предметів.

Перевірити роботу насоса на холостому ході. Переконайтеся у відсутності сторонніх шумів, стуків, іскріння, заклинювання частин, що рухаються. Пастеризатор трубчастий

Перевірити: – наявність та стан гумових ущільнювачів кришок; - Наявність пломби на манометрі і червоної риси на його циферблаті, що вказує гранично допустимий тиск; – чи немає сторонніх предметів на пастеризаторі.

Підготувати пастеризатор до роботи (щільно закрити кришку, приєднати молочні, водяні та парові трубопроводи, вимити та простерилізувати апарат та молокопроводи). Сепаратор

Оглянути усі складові сепаратора. Сепаратор не повинен мати тріщин у кришці, підставі, тарілотримачі та зтяжному кільці. Поверхня посадочних місць повинна бути чистою, і на ній не повинно бути вм'ятин і вибоїн.

Огляд сепаратора та складання барабана проводити при знеструмлених пускових пристроях електродвигуна.

У разі осадки пакета тарілок додати тарілки з комплекту запасних тарілок до сепаратора за умови доведення контрольної ризику на зтяжному кільці до контрольної ризику на кришці барабана.

З метою безпеки не можна працювати: - на сепараторі з приводним механізмом, укомплектованим зношеними шарикопідшипниками або шарикопідшипниками ремонтної групи; - з барабаном, не закріпленим на веретені; – при поломці чи втраті пружності хоча б однієї пружини опор вертикального валу; – у разі порушення герметизації барабана; – за наявності у мастилi забруднень, води або продукту; - При підвищеній вібрації сепаратора.

Перевірити: – наявність та справність лічильників оборотів (тахометра, пульсатора). На корпусі тахометра повинна бути нанесена фарба, що не змивається, риса, що вказує гранично допустиму робочу швидкість обертання; - Наявність масла в картері; - чи відведені гальма та стопорні

гвинти барабана в неробоче положення; - правильність складання барабана, механізму приводу, кріплення приймально-відвідного пристрою.

Перевірити справність сепаратора на холостому ході, переконатися у відсутності вібрації барабана та зачепленні барабана за нерухомі деталі сепаратора. Резервуари для вершків

Перевірити: – чи немає у резервуарі сторонніх предметів; - Справність кінцевих вимикачів; – наявність та справність майданчика-підніжки для обслуговування резервуару. Перевірку проводити при вимкненому електродвигуні. Ванна для високожирних вершків

Перевірити: – чи немає у ній сторонніх предметів.

### **Масловиробник**

Пустити вершки в збивач, регулювати їх надходження і стежити за промиванням масляних зерен.

Слідкувати: - за роботою вакуум-насоса та вакуум-камери агрегату; – за кількістю оборотів мішалки збивача (має бути не більше 2500 об/хв).

Під час роботи машини не можна відкривати циліндр для збивання вершків, знімати насадку та торкатися руками шнека обробника (текстуратора).

### **Маслоутворювач**

Зібрати апарат.

Перевірити: – наявність запобіжного клапана та манометра на трубопроводі між насосом та апаратом; – наявність та справність огорожних пристроїв; – наявність захисного заземлення електродвигунів та пускачів.

Перевірку проводити при вимкнених електродвигунах.

Короткочасним вимкненням перевірити нормальну роботу апарату (відсутність сторонніх шумів та легкість обертання барабана).

### **Транспортер**

Оглянути транспортер і переконатися у відсутності сторонніх предметів між частинами, що обертаються, і на транспортері.

Перевірити: – наявність та справність огорожі частин, що рухаються; – наявність та справність заземлення; - Справність пускових пристроїв.

Пустити транспортер на короткий час без вантажу, по черзі натискаючи кнопки "пуск" та "стоп", переконатися у нормальній роботі його механізмів.

### **Холодильна камера**

Оглянути камеру, перевірити, чи немає запаху аміаку, чи немає на аміачних трубах сторонніх предметів.

Перевірити снігову шубу на батареях – шар снігової шуби має бути не більше ніж 2 мм.

Перед холостим пуском обладнання подати сигнал (світловий, звуковий). Переконатися у відсутності сторонніх шумів, іскріння та нормальної роботи обладнання.

Про всі виявлені недоліки та несправності повідомити керівника робіт і не приступати до роботи до їх повного усунення. Приступати до роботи, переконавшись у повній справності обладнання, пристроїв та інструменту.

## 12. Охорона довкілля

Молочне виробництво є пріоритетною галуззю харчової промисловості. В Україні поширені підприємства з переробки молока, що пояснюється специфікою сировинної бази цього виробництва. Технологія виробництва продуктів харчування передбачає утворення певної кількості відходів кожному підприємстві, різних за кількістю, показниками забруднення, фізичного стану тощо. Вирішення проблеми екологізації молочної промисловості дозволить значно покращити екологічний стан району, тому що в більшості випадків стічні води молокозаводів без попереднього очищення скидаються в каналізацію або водосховище, а забруднюючі речовини не вловлюються, а викидаються безпосередньо в атмосферне повітря.

Загалом джерела забруднення атмосферного повітря на молочних підприємствах ті ж, що й на інших харчових підприємствах: тепlopостачання, автотранспорт, технологічні викиди (організовані та неорганізовані).

Кількість та різноманітність відходів на молокозаводах залежить від профілю підприємства, номенклатури виробленої ним продукції. Більшість заводів виробляють цільномолочну продукцію. На різних заводах виробляють казеїн, сухе молоко, сир, і утворюються продукти, що забруднюють атмосферу та стічні води. Так, при виробництві казеїну джерелом забруднення атмосферного повітря є казеїнові млини, казеїнові сушарки. Під їхньою дією в атмосферу може потрапити до 500 мг/м.куб. казеїнового пилу. Значна кількість молочного пилу потрапляє в атмосферу із сушарок під час виробництва сухого молока.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Лементар С.Ю.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Польовий В.Р.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Охорона довкілля</b>	<b>2004.77.КР.04.012.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> 1/4

Для усунення забруднення повітря у сушильних цехах використовують фільтри – циклони, мокрі фільтри, рукавні фільтри. Від швидкості потоку залежить ступінь очищення повітря від пилу, оскільки він може бути нерівномірним. Це не гарантує очищення, тому разом із циклонами часто використовують рукавні фільтри.

Ефективність фільтрів визначається втратами продукту, наприклад при фільтрації через циклон сухої сироватки втрати продукції становлять 1,5%, тобто. стільки продукту як пилу потрапляє в атмосферу. Якщо поруч (після) циклону використовується рукавний фільтр (і забруднення повітря), він знижується до 0,8%. У повітрі, що виходить із осушувачів (перед очисними спорудами - фільтрами), кількість пилу досягає 3000-5000 мг/м.куб..

Джерелом забруднення атмосферного повітря на сироварнях є цех з виробництва парафіну, його концентрація у повітрі до 5 мг/м.куб.. Це пара парафіну.

Основною екологічною проблемою молочної промисловості є стічні води. Їхня кількість відносно невелика, в середньому кілька сотень м.куб. на добу. Через різну потужність заводів кількість стічних вод молочних заводів може змінюватись і досягає 2000 м.куб. на добу.

Стічні води утворюються в основному від миття обладнання, у тому числі миття залізничних та автомобільних цистерн, приміщень. Дуже важливо мати уявлення про показники забруднення молочних продуктів та напівфабрикатів, оскільки вони часто потрапляють у стічні води та суттєво змінюють їх забруднення.

Стічні води сироварених заводів суттєво відрізняються за ступенем забруднення від стічних вод міських молокозаводів. Те, що ці стічні води скидаються у каналізацію, є грубим порушенням норм, оскільки забруднення цих вод набагато перевищує норми, що допускають скидання стічних вод каналізацію. На всіх молокозаводах, незалежно від їхнього місцезнаходження, необхідно будувати очисні споруди. За межами міст

молокозаводи збирають стічні води у відстійники, що не вирішує екологічних проблем. Якщо забруднення стічних вод міських молокозаводів невелике - до 1000 мг/дм.куб. ГСК, можна використовувати традиційне аеробне очищення. У випадку з сироварнями немає іншого виходу, крім застосування комплексного анаеробно-аеробного очищення з використанням метанового бродіння.

Щодо забруднення навколишнього середовища в молочній промисловості, особливу увагу слід приділити так званім «летючим викидам». Йдеться про виділення сироватки. Це основна рідина, яка лишається після більшості процесів переробки молока. Це не марна трата часу. Сироватку слід використовувати для виготовлення різних продуктів. Але часто його не утилізують, а скидають поряд із каналізацією.

Теоретично при проектуванні очисних споруд не враховується наявність сироватки у стічних водах. Відповідно до існуючих регламентів молочної технології, сироватку слід переробляти у корисні продукти або спрямовувати у натуральному вигляді на корм тваринам. Це дуже корисно, особливо для телят. У ньому міститься до 6% сухої речовини, 0,1% жиру, 1% білка, 1,5% цукру – лактози. Він містить усі незамінні амінокислоти, вітаміни та інші біологічно активні речовини. На підприємствах, що виробляють цільномолочну продукцію, із сироваткою проблем немає (мається на увазі виробництво пастеризованого, топленого молока). Також відсутня сироватка для виготовлення кисломолочних продуктів. Також відсутні відходи при виробництві олії у технологічному процесі. Олію у вигляді вершків відокремлюють від молока, вершкове масло (масло збите) отримують із вершків збиванням, після відділення олії залишається «пахта». Після відділення вершків (знежиреного молока) молоко повертається на молочну ферму для годування телят.

Проблеми із сироваткою є на підприємствах, які виробляють різні молочні продукти, тобто. на сироварнях та міських сироварнях. Деяка, але

майже велика кількість його потрапляє у стічні води. Сироватка – дуже небезпечний продукт із погляду екології. По-перше, важлива кількість сироватки, оскільки вона майже дорівнює кількості молока, що переробляється заводом. По-друге, ГСК досягає 70-80 тис. мг/дм.куб., тоді як загальна ГСК (без сироватки) становить близько 3 тис. мг/дм.куб.. Є дані про те, що 1 м.куб. сироватки, що скидається в стічні води, забруднює водосховище так само, як забруднює 100 м.куб. господарсько-побутових стічних вод. Втрати очищення сироватки, яку зливає в каналізацію молочний завод потужністю 50 м.куб. молока за зміну, дорівнюють втратам очищення стічних вод у місті, де проживає 80 000 осіб.

З молочної сироватки можна отримати багато харчових та кормових продуктів: молочний цукор у різних формах (сирий, рафінований), концентровану та суху сироватку, сирну масу, казеїн, різні замітники незбираного молока (ЗЦМ), різні напої, сироватку використовують у виробництво хліба. Із сироватки готують бактеріальну закваску для силосування кормів. Таким чином, при великій кількості способів використання сироватки екологічної проблеми в цьому плані не повинно бути, але насправді це не зовсім так.

Таким чином, основними джерелами забруднення навколишнього середовища в молочній промисловості є стічні води та газопилові потоки. Підприємства створюють складну екологічну ситуацію, викидаючи у повітря шкідливі речовини, і навіть вода, забруднена шкідливими речовинами, надходить поля і зрошення, а розчинені речовини накопичуються у ґрунті.

### 13. Маркетингове обґрунтування проекту

#### Сучасний стан ринку виробництва молока та молочних продуктів і перспективи його розвитку

Світовий ринок молока сьогодні визначається обсягом приблизно в 700 млн. т. З них коров'яче молоко становить понад 80%, решта - буйволяче, козяче, овече. За даними української Спілки молочних підприємств, у світі в середньому в рік виробляється 714 млн. т молока. Україна входить до десятки найбільш вагомих світових виробників молока та молочних продуктів: ЄС - 148 млн. т, Індія - 112,1 млн. т, США - 87 млн. т, Китай - 36,7 млн. т, Росія - 31,8 млн. т, Бразилія - 29,5 млн. т, Нова Зеландія - 15,48 млн. т, Україна - 11,0 млн. т, Австралія - 9,02 млн. т, Білорусія - 6,6 млн. т та Казахстан з обсягом 5,38 млн. т.

За підсумками «Аграрного інформаційного агентства», виробництво молока в Україні станом на 2017 рік склало 48,2 %, що на 26,2 % менше порівняно із минулими роками. Експерти аргументують це тим, що скорочується поголів'я у приватному секторі та іде ріст виробництва молока сільгоспприємствами. Виробництво молока в Україні за 2010-2017 рік представлено на рис. 13.1.



Рис 13.1. Динаміка виробництва молока за 2010 - 2017 р.

Відповідальна організація <b>НУХТ</b>	Технічне узгодження Лементар С.Ю.	Вид документа <b>Пояснювальна записка</b>	Статус документа			
Власник документа <b>НУХТ</b>	Розробник документа Польовий В.Р.	Назва, додаткова назва <b>Маркетингове обґрунтування проекту</b>	<b>2004.77.КР.04.013.ПЗ</b>			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова <b>UA</b>	Аркуш 1/5

Скорочення виробництва молока, зростання цін на молочну продукцію, зниження купівельної спроможності призвело до значного скорочення споживання молочних продуктів. Середньорічне споживання молока і молочних продуктів на душу населення України у перерахунку на молоко складало у 2010 році - 206,4 кг, у 2015 р. - 218,6 кг, у 2016 р. - 217,8 кг, в 2017 р. - 217,9 (рис. 13.2).

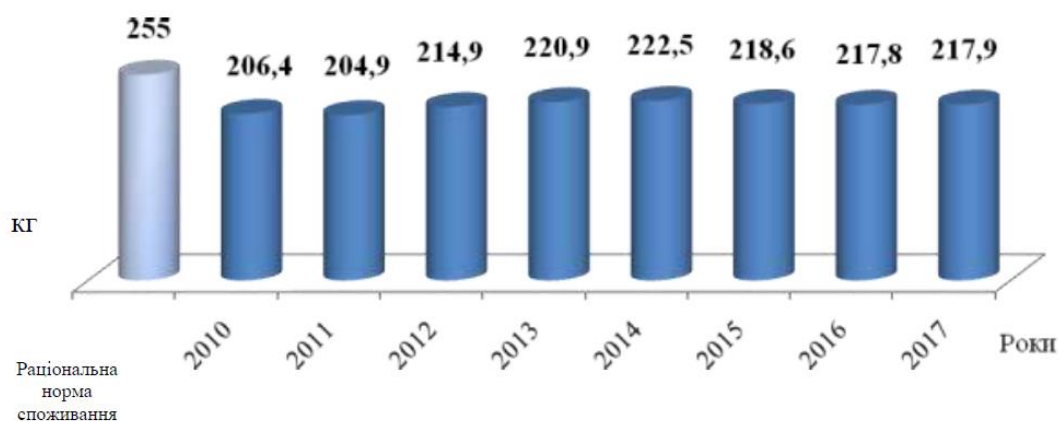


Рис. 13.2. Споживання молока та молочної продукції в Україні на душу населення у 2010-2017 рр.

Згідно із сучасними дієтичними рекомендаціями, для дорослої людини добова норма споживання молока становить 700 г на день або 255 кг на рік. В Україні спостерігається незначне відхилення від медичної норми в межах 599 г в день (на 218,6 кг менше в рік).

Аналіз обсягу виробництва молока та молочних продуктів за 2017 рік представлений на рис. 13.3.

Як видно з діаграми, за деякими товарними групами (молоко, кисломолочні напої, вершкове масло) спостерігається доволі стійка тенденція обсягів виробництва продукції в 2017 році.

Невдалим видався 2017 рік для виробників сичужних та кисломолочних сирів: майже по всіх цих номенклатурних позиціях спостерігалось зменшення обсягів випуску продукції: середній темп падіння обсягу виробництва по сирах кисломолочних становив в порівнянні з 2010 - 2013 р. приблизно 21 %. Така ситуація стала наслідком скорочення потенційних

ринків збуту української продукції.

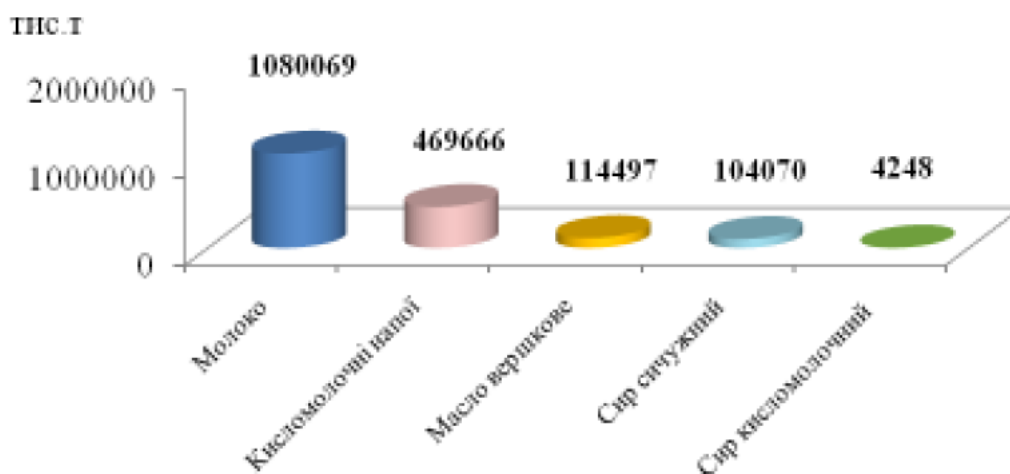


Рис. 13.3. Співвідношення виробництва різних видів молочної продукції в Україні (2017 рік)

На ринку харчових продуктів, у тому числі й молочному ринку, протягом тривалого часу домінують дві чіткі тенденції: споживач хоче купувати продукти не тільки корисні для здоров'я, але й смачні. Основна увага виробників концентрується на розробці продуктів, збагачених біологічно активними речовинами. Цю проблему можна вирішити тільки за рахунок використання коригуючих натуральних добавок рослинного походження.

Переробкою молока в Україні займається більше 300 підприємств, проте майже 80% ринку контролює 50 заводів, значна частина яких входить до складу великих холдингів.

Експерти вважають, що криза посилить вплив холдингів, оскільки дрібні та середні виробники будуть вимушені покинути ринок. В той же час, частки ринку провідних виробників не перевищують 6 - 9 %. В цілому фактично одинадцять компаній утримують 60,3 % ринку. Решту ринку розподіляють між собою дрібні компанії та одиничні молокопереробні заводи. Основні виробники вершкового масла в Україні представлені на рис. 13.4.

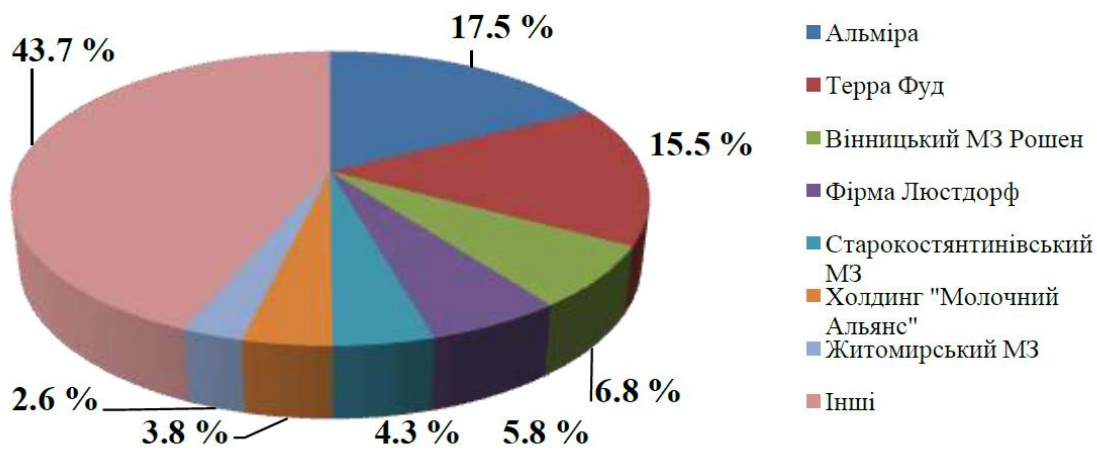


Рис. 13.4. Ринкові частки основних виробників на ринку вершкового масла в Україні (2017 рік)

Аналізуючи дані рисунку 13.4, можна зробити висновок, що в Україні існує велика кількість компаній - виробників вершкового масла. Практично у всіх регіонах є своє підприємство з виробництва цієї продукції. Динаміка виробництва вершкового масла в Україні за останні роки представлена на рис. 13.5.

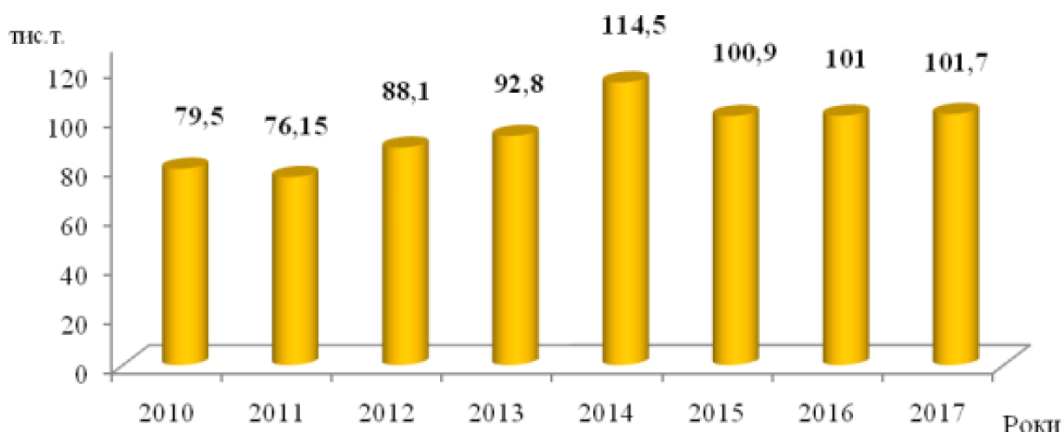


Рис. 13.5. Динаміка виробництва вершкового масла в Україні за останні роки

Найнижчих показників виробництва вершкового масла галузь досягла у 2011 році (76,15 тис. т), у зв'язку з фінансовою кризою, внаслідок чого відбулося зниження купівельної спроможності населення та зменшення попиту внутрішнього ринку на молоко та молочну продукцію (в т.ч. вершкове масло).

Починаючи з 2012 року маслоробна галузь України стала поступово відновлювати до кризові об'єми виробництва - з 79,5 тис. т у 2010 р. до 114,5 тис. т у 2014 р. Обсяг виробництва вершкового масла за 2017 р. в Україні склав 101,7 тис. тон.

Експорт вершкового масла, за даними Ukrainian Food Export Board (UFEB), за підсумками 2017 року українські виробники експортували вершкового масла на 24 % більше показника 2015 року. При цьому у кількісному вираженні експорт збільшився лише на 3% - до майже 11 тис. тон з 10,7 тис. т., що свідчить про зростання виробництва у зв'язку експортом вершкового масла.

З даних аналітичного департаменту Ради з питань експорту продовольства (UFEB) у 2017 році українське вершкове масло імпортували три країни: Казахстан (25%), Грузія (16%), Марокко (10%), Голандія (7%).

Як видно з літературних даних, сучасний стан ринку виробництва молока та молочних продуктів характеризується суттєвим зниженням об'ємів виробництва як сировини, так і різних видів продукції. Споживання молока та молочної продукції в Україні на душу населення у останні роки залишається на постійному рівні.

Перспективним напрямом є удосконалення і підвищення рівня конкурентоспроможності молочної продукції за рахунок розроблення інноваційних технологій та збагачення його складу біологічно активними добавками рослинного походження.


## Висновки

Магістерська робота на тему: «Удосконалення лінії виробництва вершкового масла з метою зниження енерговитрат» виконана згідно до поставлених цілей.

В процесі реалізації магістерської роботи проведений аналіз сучасного ринку ліній, обладнання та технологій виробництва вершкового масла. Це навело на ідею удосконалення конструкції масловиготовлювача методом розрахунку його основних параметрів, що дозволило обрати оптимальне компонування маслообробника та сорочки охолодження. Таким чином, це дозволить нам розмістити у більшому діаметрі циліндрі охолодження маслообробник, при цьому продукт буде розташовуватися в зазорі між ними. Така схема є найвигіднішою за експлуатаційними витратами при виробництві вершкового масла.

Методика розрахунку буде полягати в тому, що при збільшенні діаметра витіснювального барабана, зростатиме металоємність конструкції, а при зменшенні - зменшуватимуться зазори для продукту і для холодоносія і, як наслідок, збільшуватимуться витрати на електроенергію за рахунок зростання гідравлічних коефіцієнтів тертя.

Рішення поставленої задачі здійснили тим, що склавши математичну модель процесу, зробили багатоваріантне рішення за допомогою ЕОМ і побудували графіки залежності питомих експлуатаційних витрат від діаметра витіснювального барабана, товщини шару холодоагента, кратності агента та кроку витка стрічки.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Лементар С.Ю.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Польовий В.Р. 	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Висновки</b>	<b>2004.77.КР.04.000.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/1</b>

### Список використаної літератури

1. Сурков В.Д., Липатов Н.Н. Технологическое оборудование предприятий молочной промышленности – М: Легкая и пищевая промышленность, – 1983. – 256 с.
2. Соколов В.И. Основы расчета и конструирование деталей и узлов пищевого оборудования – М: Машиностроение, – 1970. – 422 с.
3. Гальперин Д.М. Оборудование молочных предприятий: монтаж, наладка, ремонт – М: Агропромиздат, 1990. – 351 с.
4. Н.И. Томбаев. Справочник по оборудованию предприятий молочной промышленности, 1972 – 544 с.
5. Технология молока и молочных продуктов. / Г.В. Твердохлеб, З.Х. Дилянян, Л.В. Чекулаева, Г.Г. Шиллер. – М: Агропромиздат, 1991. – 463 с.
6. Харламов С.В. Практикум по расчету и конструированию машин и аппаратов пищевых производств. – Л.: Агропромиздат. Ленинградское отделение, 1991. – 256 с.
7. Сурков В.Д. и др. Технологическое оборудование предприятий молочной промышленности. / Сурков В.Д., Липатов Н.Н., Золотин Ю.П. – 3-е изд., перераб. и доп. – М: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 432 с.
8. Медведєв І.Г. Економічне проектування впровадження нової техніки на підприємствах м'ясної і молочної промисловості. Навч. Посібник. – К.: ИСО, 1995. –152 с.
9. Липатов Н.Н. Руководство к лабораторным и практическим занятием по курсу оборудование предприятий молочной промышленности. – М: Пищевая промышленность. – 1978. – 288 с.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> <i>Лементар С.Ю.</i>	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> <i>Польовий В.Р.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Список використаної літератури</b>	<b>2004.77.КР.04.000.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Якимчук М.В.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>1/2</b>

10. Брусиловский Л.П. и др. Системы автоматизированного управления технологическими процессами предприятий молочной промышленности / Л.П. Брусиловский, А.Я. Вайнберг, Ф.С. Черняков. – М.: Агропромиздат, 1986. – 232 с.
11. Методические указания к выполнению строительной части дипломного проекта. Для студентов всех специальностей и форм обучения. Сост.: А.А. Домашевский. – К.: КТИИПП, 1984. – 128 с.
12. Ключев А.С.; Глюзов Б.В., Дубровский А.Х. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие. – М.: Энергия, 1980. – 512 с.
13. Баранов В.Я. Безновская Т.Х., и др. Справочник. Промышленные приборы и средства автоматизации. Л.: Машиностроение, – 1987. – 847 с.
14. Анципович И.С., Поленко А.Я. Охрана окружающей среды на предприятиях мясной и молочной промышленности – М: Агропромиздат, 1986. – 254 с.
15. Бутников И.Д. Техника безопасности в молочной промышленности – М: Пищевая промышленность, – 1965. – 200 с.
16. Шлинченко З.С. Насосы, компрессоры и вентиляторы – К: Техника. – 1976. – 365 с.