

**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет інженерно-технологічний**

**Кафедра механічної та електричної інженерії**

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

*бакалавр*

на тему: «Пристрій для теплової обробки молочних продуктів за умов  
фермерського господарства»

КРБ.133ГМбд\_41.05.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти  
за освітньо-професійною програмою  
*«Машини та обладнання  
сільськогосподарського виробництва»*  
спеціальності 133 «Галузеве  
*машинобудування»*  
ступеня вищої освіти *бакалавр*  
групи 133ГМбд\_41  
ГРЯЗІН Юрій

Керівник: КАНІВЕЦЬ Олександр

**Полтава – 2026 року**

**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет інженерно-технологічний**  
**Кафедра механічної та електричної інженерії**

Освітньо-професійна програма *«Машини та обладнання  
сільськогосподарського виробництва»*

Спеціальність *133 «Галузеве машинобудування»*  
Ступінь вищої освіти *бакалавр*

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**Завідувач кафедри**  
**механічної та електричної**  
**інженерії,**  
канд. техн. наук, доцент,  
\_\_\_\_\_ Станіслав ПОПОВ  
03 грудня 2025 р.

**З А В Д А Н Н Я**

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

***Юрій ГРЯЗІН***

1 Тема роботи: *«Пристрій для теплової обробки молочних продуктів за умов фермерського господарства»*

керівник роботи ***канд. техн. наук, доцент КАНІВЕЦЬ Олександр,***  
затверджено засіданням кафедри, протокол №9 від 03 грудня 2025 р.

2 Строк подання здобувачем вищої освіти роботи – до 31 травня 2026 р.

3 Вихідні дані до роботи – *аналіз літературних джерел Національної бібліотеки України імені Володимира Вернадського; аналіз літературних джерел Полтавської обласної універсальної наукової бібліотеки імені Івана Котляревського; сучасний досвід підприємств машинобудування та АПК за тематичним спрямуванням.*

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Розділ 1. *Загальний*

Розділ 2. *Технологічний*

Розділ 3. *Конструкторський*

Розділ 4. *Економіка, охорона праці та навколишнього середовища*

5 Перелік графічного матеріалу: *кресленик загального виду пристрою; складальний кресленик вузла пристрою, що виносить на розгляд; робочі кресленики деталей пристрою.*

6 Консультанти розділів *кваліфікаційної роботи*

Розділ	Власне ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання отримав
Економіка, охорона праці та навколишнього середовища	Інна МИКОЛЕНКО, професор кафедри економіки та публічного управління		
	Володимир ДУДНИК, доцент кафедри механічної та електричної інженерії		
	Павло ПИСАРЕНКО, завідувач кафедри екології, збалансованого природокористування та захисту довкілля		

7 Дата видачі завдання 03 грудня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з.п.	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вибір, затвердження теми роботи	До 03.12.2025 р.	
2	Складання, затвердження розгорнутого плану, завдання на кваліфікаційну роботу	15.12-28.12.2025 р.	
3	Опрацювання літературних джерел		
4	Збір, вивчення, обробка інформації, необхідної для виконання роботи		
5	Виконання розділів роботи, графічної частини	04.05-31.05.2026 р.	
6	Оформлення тексту роботи		
7	Попередній захист роботи на кафедрі	До 31.05.2026 р.	
8	Нормалізаційний контроль		
9	Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень і пропозицій		
10	Захист кваліфікаційної роботи	3 01.06.2026 р.	

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_  
(підпис)

Юрій ГРЯЗІН

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Олександр КАНІВЕЦЬ

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 4 розділи, 8 рисунків, 14 таблиць, 20 використаних джерел, 2 додатки, 45 сторінок.

**Об'єкт розробки** – технологічний процес теплової обробки молочних продуктів у фермерських господарствах.

**Предмет розробки** – конструкція пристрою для теплової обробки та гомогенізації молочних продуктів.

**Постановка актуальної технічної задачі** – дослідити шляхи підвищення ефективності теплової обробки молочних продуктів шляхом розробки енергоефективного пристрою, який забезпечить одночасне виконання теплової обробки та гомогенізації молочної сировини, що сприяє зменшенню енерговитрат і підвищенню якості готової продукції, а також розробити комплект конструкторської документації.

**Мета кваліфікаційної роботи бакалавра** – розробка конструкції пристрою для теплової обробки молочних продуктів в умовах фермерських господарств.

**Практичне значення кваліфікаційної роботи бакалавра.** Розробка документації на пропонований пристрій для вироблення в фермерських господарствах та невеликих молокопереробних підприємствах.

У загальному розділі проведено аналіз значення і способів теплової обробки та гомогенізації молочних продуктів, аналіз існуючих конструкцій пастеризаційно-охолоджувальних установок, обґрунтовано необхідність розробки удосконаленого пристрою.

У технологічному розділі виконано аналіз технологічності деталі, розроблено технологічний процес виготовлення вала пристрою, обґрунтовано вибір методів обробки поверхонь, схеми базування, маршрут виготовлення деталі та визначено допуски на механічну обробку.

У конструкторському розділі запропоновано конструкцію пристрою для теплової обробки молочних продуктів, виконано необхідні конструктивні розрахунки, підібрано основні елементи конструкції та розроблено комплект конструкторської документації.

У розділі економіки, охорони праці та навколишнього середовища визначено економічну ефективність запропонованої конструкції, розроблено

					КРБ.133ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

заходи щодо безпечної експлуатації обладнання та охорони навколишнього середовища.

**Практичні результати роботи** – розроблено комплект конструкторської документації на пристрій для теплової обробки молочних продуктів, який поєднує процеси пастеризації та гомогенізації в одному апараті.

**Рекомендації щодо використання результатів роботи** – розроблений пристрій може бути використаний у фермерських господарствах, невеликих переробних підприємствах.

**Сфера застосування результатів роботи** – можуть бути використані в молокопереробній галузі.

Графічна частина роботи становить 4 аркуші формату А1.

Результат перевірки тексту пояснювальної записки на плагіат за допомогою сервісу StrikePlagiarism: унікальність 97,41%.

#### АНотація

Кваліфікаційна робота бакалавра присвячена розробці пристрою для теплової обробки молочних продуктів. Характерною особливістю розробленої конструкції є поєднання процесів теплової обробки та гомогенізації в одному апараті, що дозволяє зменшити енерговитрати, скоротити тривалість технологічного процесу, підвищити якість готової продукції та спростити конструкцію виробничої лінії.

**ПРИСТРІЙ, ТЕПЛОВА ОБРОБКА, ПАСТЕРИЗАЦІЯ, ГОМОГЕНІЗАЦІЯ, ВАЛ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, МОЛОЧНА ПРОДУКЦІЯ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ, БЕЗПЕКА**

#### ANNOTATION

This bachelor's thesis is devoted to the development of a device for the heat treatment of dairy products. A distinctive feature of the developed design is the combination of heat treatment and homogenization processes in a single unit, which reduces energy consumption, shortens the duration of the production process, improves the quality of the finished product, and simplifies the design of the production line.

**EQUIPMENT, HEAT TREATMENT, PASTEURIZATION, HOMOGENIZATION, ROLL, TECHNOLOGICAL PROCESS, DAIRY PRODUCTS, ENERGY EFFICIENCY, ECONOMIC IMPACT, SAFETY.**

					КРБ.133ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк. 5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## ЗМІСТ

ВСТУП . . . . .	7
1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ . . . . .	9
1.1 Значення теплової обробки та гомогенізації молочних продуктів . . . . .	9
1.2 Аналіз існуючих конструкцій пастеризаторів . . . . .	10
1.3 Аналіз існуючих конструкцій гомогенізаторів . . . . .	13
1.4 Аналіз пастеризаційно-охолоджувальних установок . . . . .	15
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ . . . . .	19
2.1 Аналіз технологічності деталі . . . . .	19
2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення деталі . . . . .	21
2.3 Обробка поверхонь деталі . . . . .	22
2.4 Розробка схем базування деталі . . . . .	25
2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі . . . . .	26
2.6 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів . . . . .	29
3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ . . . . .	32
3.1 Будова та принцип роботи пристрою . . . . .	32
3.2 Конструктивні та технологічні розрахунки . . . . .	35
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА . . . . .	39
4.1 Техніко-економічне обґрунтування розробки . . . . .	39
4.2 Охорона праці . . . . .	42
4.3 Охорона навколишнього середовища . . . . .	44
ВИСНОВКИ . . . . .	46
СПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ . . . . .	47
ДОДАТКИ . . . . .	49

КРБ.132ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ				
<b>Змн</b>	<b>Арк</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>
Розробив		Грязін Ю.В.		
Перевінив		Канівець О.В.		
Н. Контр.		Канівець О.В.		
Керівник		Канівець О.В.		
Зав.кафедр		Попов С.В.		

Лім.	Арк.	Аркунів
6	45	ПДАУ, каф. МЕІ

Пристрій для теплової обробки молочних продуктів за умов фермерського господарства

## ВСТУП

Молочне скотарство є однією з провідних галузей агропромислового комплексу України, яка забезпечує населення важливими продуктами харчування та є джерелом сировини для харчової промисловості. У сучасних умовах розвитку фермерських господарств особливого значення набуває підвищення якості та безпечності молочної продукції, що безпосередньо залежить від дотримання технологічних процесів її переробки [10,17] .

Одним із найважливіших етапів обробки молока є теплова обробка, основною метою якої є знищення патогенних мікроорганізмів, підвищення терміну зберігання продукції та забезпечення її санітарно-гігієнічної безпечності. Найбільш поширеним способом теплової обробки молока є пастеризація, яка дозволяє зберегти поживні властивості продукту та забезпечити його високу якість [14,16].

На сьогодні у більшості невеликих фермерських господарств використовується застарілі або малоєфективні установки для теплової обробки молока, які характеризуються значними енерговтратами, низькою продуктивністю та недостатньою автоматизацією процесу. Використання промислового обладнання для малих господарств часто є економічно недоцільним через його високу вартість та складність технічного обслуговування.

У зв'язку з цим виникає необхідність розробки компактних, енергоефективних і простих у використанні пристроїв для теплової обробки молочних продуктів, адаптованих до умов фермерських господарств. Такі пристрої повинні забезпечувати рівномірне нагрівання продукту, стабільне підтримання температурного режиму, мінімальні втрати поживних речовин та відповідність санітарним вимогам.

					КРБ.133ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

**Метою роботи** є розробка конструкції пристрою для теплової обробки молочних продуктів в умовах фермерських господарств.

**Об'єкт розробки** – технологічний процес теплової обробки молочних продуктів у фермерських господарствах.

**Предмет розробки** – конструкція пристрою для теплової обробки молочних продуктів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

- провести аналіз існуючого обладнання для теплової обробки молочних продуктів та обґрунтувати розробку пристрою;
- розробити технологічний процес виготовлення деталі конструкторської розробки;
- розробити конструкцію пристрою для теплової обробки молочних продуктів;
- оцінити економічну ефективність запропонованої розробки;
- розглянути питання економії праці та безпеки експлуатації обладнання.

**Практичне значення роботи** полягає у розробці доступного та ефективного пристрою, використання якого дозволить покращити якість молочної продукції, знизити витрати енергії та підвищити ефективність роботи фермерських господарств.

У кваліфікаційній роботі використано методи аналізу конструкцій машин, інженерних розрахунків, порівняння технічних рішень.

					КРБ.133ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		8

## РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

### 1.1 Значення теплової обробки та гомогенізації молочних продуктів

Молочна промисловість є однією з найважливіших галузей харчової індустрії України. Вона забезпечує населення цінними продуктами харчування, які містять білки, жири, вітаміни, мінеральні речовини та інші біологічно активні компоненти. Якість молочних продуктів значною мірою залежить від рівня технологічної обробки сировини та досконалості обладнання, яке використовується на підприємствах.

Одними з найважливіших процесів у виробництві молочних продуктів є теплова обробка та гомогенізація. Теплова обробка застосовується для знищення патогенних мікроорганізмів, підвищення безпеки продукції та збільшення терміну її зберігання. Гомогенізація забезпечує подрібнення жирових кульок молока до дрібнодисперсного стану, що покращує консистенцію та запобігає відстоюванню жиру [4,12,16].

Під час теплової обробки молоко нагрівають до певної температури з витримкою упродовж визначеного часу. Залежно від режиму обробки розрізняють пастеризацію, стерилізацію та ультрапастеризацію. Найбільш поширеною є пастеризація, яка дозволяє зберегти харчову цінність молока та забезпечити його санітарну безпеку.

Гомогенізація є механічним процесом, який здійснюється під високим тиском. У результаті проходження молока через вузький зазор гомогенізувальної голівки жирові кульки руйнуються та рівномірно розподіляються по всьому об'єму продукту. Це сприяє покращенню смакових властивостей молока, підвищенню його засвоюваності та стабільності під час зберігання [4,18].

					КРБ.133ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Сучасні молокопереробні підприємства використовують складні технологічні лінії, які включають пастеризаційні установки, сепаратори, гомогенізатори, охолоджувачі та допоміжне обладнання. Однак велика кількість окремих апаратів ускладнює конструкцію технологічної лінії, збільшує енерговитрати та потребує значних витрат на технічне обслуговування [12,17].

У зв'язку з цим актуальним напрямом розвитку молочно-го обладнання є створення комбінованих установок, які поєднують декілька технологічних процесів в одному апараті. Це дозволяє зменшити металоємність конструкції, скоротити тривалість технологічного циклу та підвищити енергоефективність виробництва.

## 1.2 Аналіз існуючих конструкцій пастеризаторів

Пастеризатори застосовують для теплової обробки молока з метою знищення патогенних мікроорганізмів і подовження строку зберігання продукції. У молочної промисловості використовують тривалу пастеризацію за температури близько 63 °С протягом 30 хв, короткочасну – 72 °С протягом 20–30 с, а також високотемпературну обробку 85–90 °С з мінімальною витримкою [14].

*Ємнісний пастеризатор періодичної дії* є найпростішою конструкцією. Він складається з теплоізольованої ванни або резервуара з подвійною сорочкою, мішалки, кришки, патрубків для подачі та зливу молока, термометра і системи подачі гарячої води або пари. Молоко нагрівається у резервуарі до заданої температури, витримується певний час, після чого охолоджується. У таких апаратах нагрівання здійснюється через стінку резервуара або за допомогою змішувача (рис.1.1) [12,17].

					КРБ.133ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк. 10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Рисунок 1.1 – Схема смісного пастеризатора періодичної дії

Перевагами такої конструкції є простота конструкції, невисока вартість, легкість обслуговування та можливість використання у великих фермерських господарствах. Недоліками є періодичність роботи, значна тривалість процесу, підвищені витрати енергії та складність забезпечення рівномірного нагрівання всього об'єму молока.

*Пластинчасті пастеризатори* належать до апаратів безперервної дії. Основним робочим органом є пакет тонких рифлених пластин із нержавіючої сталі, між якими рухаються молоко і теплоносій. Теплообмін відбувається через пластину без змішування середовищ (рис. 1.2) [12,17].

Рисунок 1.2 – Схема пластинчастого пастеризатора

					КРБ.133ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк. 11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Перевагами пластинчастих пастеризаторів є висока продуктивність, компактність, економія теплової енергії за рахунок регенерації теплоти, швидке нагрівання та охолодження продукту. Недоліками є складніша конструкція, потреба у якісному митті пластин, чутливість до забруднення каналів і вища вартість порівняно з емнісними апаратами.

*Трубчастий пастеризатор* також працює безперервно. Молоко рухається по трубах, які омиваються гарячою водою або паром. Конструкція може мати циліндричні, спіральні або багатотрубні теплообмінники (рис.1.3).

Рисунок 1.3 – Схема трубчастого пастеризатора

Перевагою трубчастих пастеризаторів є можливість роботи з більш в'язкими або забрудненими продуктами, менша схильність до забивання порівняно з пластинчастими апаратами, надійність і міцність конструкції. Недоліки — більші габарити, нижчий коефіцієнт теплопередачі та більші енергетичні витрати.

*Пароконтактний пастеризатор* – нагрівання молока здійснюється шляхом безпосереднього контакту з паром. Такий спосіб забезпечує дуже швидке підвищення температури продукту (рис 1.4).

					КРБ.133ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк. 12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Рисунок 1. 4 – Схема пароконтактного пастеризатора

Перевагами є висока швидкість нагрівання і компактність. Недоліками є необхідність використання пари високої якості, можливе розбавлення продукту конденсатом і складніший контроль режиму обробки [12,17].

Аналіз існуючих конструкцій показує, що для невеликих фермерських господарств доцільно застосовувати емнісні пастеризатори, оскільки вони прості, дешевші та зручні в обслуговуванні. Для підприємств із середніми та великими обсягами переробки молока найбільш ефективними є пластинчасті пастеризаційно-охолоджувальні установки, які забезпечують безперервну роботу високу продуктивність і економію енергії. Трубочасті пастеризатори доцільно використовувати для продуктів підвищеної в'язкості або за умов, коли потрібна підвищена надійність і менша чутливість до забруднення теплообмінних каналів.

### 1.3 Аналіз існуючих конструкцій гомогенізаторів

Гомогенізація молока є важливим технологічним процесом, який забезпечує підвищення однорідності продукту та покращення його фізико-хімічних властивостей. Для здійснення цього процесу використовують різні конструкції гомогенізаторів (рис. А.1) [4,18].

					КРБ.133ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Найбільш поширеними є клапанні гомогенізатори високого тиску. Вони працюють за принципом продавлювання продукту через вузький зазор між клапаном і сідлом під високим тиском.

До складу конструкції входять плунжерний насос, гомогенізувальна головка, клапан, сідло клапана, система регулювання тиску.

Під час проходження молока через вузький канал виникають турбулентні потоки, кавітація та ударні навантаження, які забезпечують подрібнення жирових кульок.

Перевагами клапанних гомогенізаторів є висока ефективність, стабільна якість гомогенізації, можливість роботи з великими обсягами продукції.

Основними недоліками є значне енергоспоживання, високі навантаження на робочі органи, швидке зношування клапанів і плунжерів, складність ремонту.

Для підвищення якості обробки використовують двоступеневі гомогенізатори. У таких конструкціях перший ступінь забезпечує основне подрібнення жиру, а другий – стабілізацію емульсії.

Двоступеневі гомогенізатори дозволяють отримати більш однорідний продукт, проте мають складнішу конструкцію та більшу вартість.

Роторно-статорні гомогенізатори працюють за рахунок механічного перемішування продукту між ротором і статором. Вони мають простішу конструкцію та менші енерговитрати, але поступаються клапанним моделям за ефективністю.

Перспективними є ультразвукові гомогенізатори, у яких подрібнення жирових кульок відбувається під дією ультразвукових хвиль. Такі установки забезпечують високу дисперсність продукту та менше енергоспоживання, однак поки що мають обмежене промислове застосування.

Аналіз існуючих конструкцій показує, що більшість гомогенізаторів використовуються як окремі апарати у складі технологічної лінії. Це

					КРБ.133ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

призводить до збільшення габаритів обладнання, додаткових теплових втрат, підвищення енерговитрат, ускладнення конструкції виробничої лінії.

Крім того, робочі органи гомогенізаторів працюють у складних умовах високого тиску та інтенсивного гідродинамічного впливу, що спричиняє їх швидке зношування.

#### 1.4 Аналіз пастеризаційно-охолоджувальних установок

Сучасні пастеризаційно-охолоджувальні установки являють собою складні технологічні комплекси, до складу яких входять теплообмінники, сепаратори, гомогенізатори, витримувачі та охолоджувачі.

У традиційних схемах теплової обробки та гомогенізації виконуються в різних апаратах. Спочатку молоко проходить через секцію нагрівання пастеризаційної установки, після чого подається до окремого гомогенізатора, а потім охолоджується [13,17].

Рисунок 1.5 – Традиційна схема теплової обробки та гомогенізації молока

Основними недоліками такої схеми є значна кількість обладнання, енерговитрати, теплові втрати під час транспортування продукту, складність санітарної обробки.

					КРБ.133ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк. 15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Крім того, використання окремих апаратів збільшує витрати на технічне обслуговування та ремонт обладнання.

На сучасних підприємствах широко використовують автоматизовані пастеризаційно-охолоджувальні установки, оснащені системами автоматичного контролю температури, тиску та витрати продукту. Такі системи дозволяють забезпечити стабільну якість продукції та мінімізувати вплив людського фактору.

Разом із тим навіть сучасні автоматизовані установки мають складну конструкцію та потребують значних капіталовкладень.

У зв'язку з цим перспективним напрямом є створення комбінованих апаратів, у яких теплова обробка та гомогенізація поєднані в одному пристрої.

Поєднання процесів теплової обробки та гомогенізації в одному апараті дозволяє:

- скоротити тривалість технологічного циклу;
- зменшити теплові втрати;
- знизити енергоспоживання;
- спростити конструкцію виробничої лінії;
- зменшити витрати на технічне обслуговування.

Розроблений пристрій забезпечує теплову обробку продукту без використання додаткових теплоносіїв та одночасно здійснює гомогенізацію молочної сировини. Це дозволяє отримати продукт високої якості при менших енерговитратах.

На відміну від традиційних пастеризаційно-охолоджувальних установок, у яких теплова обробка та гомогенізація виконуються в різних апаратах, запропонована конструкція поєднує ці процеси в одному пристрої. На рисунку 1.6 представлена удосконалена технологічна схема теплової обробки молока.

					КРБ.133ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк. 16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Рисунок 1.6 – Удосконалена схема теплової обробки молока

Таким чином, удосконалення конструкції гомогенізатора є перспективним напрямом розвитку молокопереробного обладнання та дозволяє підвищити ефективність виробництва молочних продуктів.

### **1.5 Обґрунтування розробки пристрою для теплової обробки молочних продуктів**

У сучасних умовах розвитку молочної промисловості важливого значення набуває підвищення ефективності технологічних процесів, зменшення енерговитрат та покращення якості готової продукції. Одним з основних операцій під час переробки молока є теплова обробка та гомогенізація, які забезпечують санітарну безпеку продукту, його однорідність та стабільність під час зберігання.

У більшості існуючих технологічних ліній процеси пастеризації та гомогенізації виконуються в окремих апаратах. Спочатку молоко проходить теплову обробку у пастеризаційній установці, після чого подається до гомогенізатора високого тиску. Така схема має ряд недоліків: значні енерговитрати, складність конструкції технологічної лінії, велика кількість допоміжного обладнання, збільшення теплових втрат, підвищені витрати на технічне обслуговування, значні габарити установки.

					КРБ.133ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Крім того, використання окремих теплообмінників потребує застосування додаткових теплоносіїв, що ускладнює конструкцію установки та підвищує витрати енергії.

Аналіз існуючих конструкцій гомогенізаторів показує, що найбільш поширеними є клапанні гомогенізатори високого тиску. Вони забезпечують якісне подрібнення жирових кульок, однак характеризуються значними навантаженнями на робочі органи, високим енергоспоживанням та складністю експлуатації.

У зв'язку з цим актуальним напрямом є створення комбінованих пристроїв, які поєднують процеси теплової обробки та гомогенізації в одному апараті. Це дозволяє спростити технологічну схему, зменшити кількість обладнання та скоротити тривалість технологічного процесу.

Розроблений пристрій забезпечує теплову обробку молочного продукту без використання додаткових теплоносіїв та одночасно здійснює гомогенізацію сировини. Нагрівання продукту відбувається безпосередньо у робочій зоні апарата за рахунок механічного впливу та внутрішнього теплоутворення, що дозволяє зменшити втрати теплової енергії.

Одночасна дія теплової обробки та гомогенізації сприяє покращенню структури продукту, рівномірному розподілу жирової фази, підвищенню якості молочної продукції, скороченню тривалості технологічного циклу, зменшенню енерговитрат, підвищенню ефективності роботи обладнання.

Перевагою розробленого пристрою є також компактність конструкції та можливість зменшення металоемності порівняно з традиційними технологічними лініями.

*Висновки.* На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що удосконалення конструкції пристрою для теплової обробки молочних продуктів є актуальним і доцільним. Запропонована конструкція дозволяє підвищити ефективність технологічного процесу, покращити якість готової продукції та знизити експлуатаційні витрати.

					КРБ.133ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

### 2.1 Аналіз технологічності деталі

Вал (рис.2.1) є одним з базових деталей пристрою для теплової обробки молочних продуктів за умов фермерського господарства. Він передає крутний момент від привода до робочих органів установки і повинен забезпечувати надійну роботу в умовах підвищеної вологості та температурних коливань.

Рисунок 2.1 – Схема вала пристрою для теплової обробки молочних продуктів

Деталь являє собою ступінчастий вал із загальною довжиною 622 мм. Серед основних конструктивних елементів виділяють такі ступені: шийку діаметром  $\varnothing 20h5$  завдовжки 20 мм для посадки ущільнення, проміжний ступінь  $\varnothing 25$  мм, основну несучу шийку  $\varnothing 40k6$  завдовжки 274 мм, опорну шийку  $\varnothing 38$  мм та хвостовик  $\varnothing 35$  мм. Наявність шпонкового пазу  $6 \times 9$  глибиною 28,5 мм свідчить про передавання крутного моменту через шпонкове з'єднання.

Вал виготовляється зі сталі, що підтверджується умовними позначеннями на кресленику. Для основних посадочних поверхонь призначено квалітети точності h5 і k6, що відповідає вимогам до з'єднань підшипників кочення і ущільнень. Шорсткість поверхонь Ra 2,5 мкм втримується на посадочних шийках, що є характерним для деталей, які працюють у сухих з'єднаннях [3].

Аналіз конструктивних особливостей дозволяє стверджувати, що деталь у цілому є технологічною. Форма валу дає змогу обробляти його в центрах на

					КРБ.133ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк. 19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

всіх основних операціях, що забезпечує єдність баз і мінімізує похибки базування. Конфігурація ступенів дозволяє використовувати прохідні і підрізні різці без спеціальних технологічних прийомів.

Водночас слід звернути увагу на деякі особливості, що ускладнюють виготовлення. Допуск радіального биття 0,08 мм відносно осі А вимагає ретельного контролю биття на фінішних операціях. Шпонковий паз потребує окремої фрезерної операції. Фаски  $1.5 \times 45^\circ$  і  $5 \times 45^\circ$  виконуються зарізуванням різця під кутом або спеціальними фасочними різцями [3].

Таблиця 2.1 – Основні геометричні характеристики валу

Ступінь	Діаметр, мм	Довжина, мм	Квалітет точності	Ra, мкм
1	Ø20	20	h5	2,5
2	Ø25	26	h12	6,3
3	Ø40	274	k6	2,5
4	Ø38	36	h9	3,2
5	Ø35	68	h9	3,2

Таблиця 2.2 – Оцінка технологічності конструкції деталі

Показник технологічності	Значення / характеристика	Висновок
Можливість обробки в центрах	Наявні центрові отвори	Технологічно
Кількість типорозмірів різального інструменту	5–6 найменувань	Прийнятно
Наявність шпонкового пазу	1 паз $6 \times 9 \times 28,5$ мм	Потребує фрезерної операції
Допуск радіального биття	0,08 мм	Вимагає контролю
Уніфікованість елементів	Стандартні фаски і галтелі	Технологічно

## 2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення деталі

Типовий технологічний процес виготовлення ступінчастих валів подібного типу, що застосовується в умовах дрібносерійного та середньосерійного виробництва, будується на основі концентрованих операцій із застосуванням токарних верстатів з ЧПК або універсальних токарних верстатів. Викідною заготовкою зазвичай слугує гарячекатаний прокат або штампована поковка залежно від серійності та вимог до механічних властивостей [3].

У базовому технологічному процесі перша операція зводиться до підрізання торців і свердління центрових отворів. Ця операція є основоположною, оскільки центрові отвори стають технологічними базами для всіх наступних токарних і шліфувальних операцій. Правильне виконання центрування безпосередньо впливає на точність виготовлення деталі в цілому.

Чорнове і чистове точіння виконується послідовно: спочатку обробляють одну половину валу в патроні з упором у центр, потім деталь переставляють і обробляють другу половину. При цьому витримуються проміжні допуски на діаметральні розміри з урахуванням припусків на подальшу обробку. Після токарних операцій виконується фрезерування шпонок пазу на горизонтально-фрезерному або вертикально-фрезерному верстаті.

Термічна обробка, якщо вона передбачена, проводиться після чорнового точіння. Для валів із середньовуглецевої сталі застосовується нормалізація або покращення для досягнення потрібних механічних характеристик. Після термообробки деталь повторно переіміряється на биття і за потреби правиться.

Фінішна обробка посадочних шийок виконується шліфуванням на круглошліфувальному верстаті. Шліфування дозволяє отримати необхідну шорсткість Ra 2,5 мкм і витримати квалітети І5 та І6 на посадочних поверхнях. Завершується процес контролем розмірів і биття згідно з вимогами креслення.

					КРБ.133ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 2.3 – Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення валу

№ оп.	Назва операції	Обладнання	Примітки
005	Заготівельна	Ножівкова пилка	Різка прокату
010	Токарна (центрування)	Токарно-гвинторізний верстат 16K20	Підрізання торців, свердління центр. отворів
015	Токарна (чорнова)	Токарно-гвинторізний верстат 16K20	Точіння ступенів з припуском 2–3 мм
020	Токарна (чистова)	Токарно-гвинторізний верстат 16K20	Точіння з припуском 0,3–0,5 мм
025	Фрезерна	Вертикально-фрезерний верстат	Фрезерування шпонкового пазу
030	Шліфувальна	Круглошліфувальний верстат 3M151	Шліфування посадочних шийок
035	Контрольна	Контрольний стіл	Перевірка розмірів і биття

Таблиця 2.4 – Аналіз переваг і недоліків базового технологічного процесу

Переваги	Недоліки та можливі вдосконалення
Універсальне обладнання, доступне на більшості підприємств	Велика кількість переустановлень деталей збільшує похибку
Можливість виготовлення в умовах одиничного виробництва	Відносно низька продуктивність при ручному управлінні
Доступність різального інструменту та оснащення	Доцільне застосування верстата з ЧПК для скорочення часу

### 2.3 Обробка поверхонь деталі

Кожна поверхня валу має свої вимоги до точності і шорсткості, які визначають вибір методів обробки та послідовності виконання переходів. Призначення методів обробки здійснюється з урахуванням стандартних таблиць економічної точності різних видів обробки.

					КРБ.133ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк. 22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Посадочна шийка  $\varnothing 20h5$  є найточнішою поверхнею деталі. Квалітет h5 відповідає полю допуску 0,009 мм для даного діаметра, що потребує обов'язкового шліфування після токарної обробки. Маршрут обробки цієї поверхні включає: чорнове точіння (квалітет h12), чистове точіння (квалітет h8–h9) і кругле шліфування (квалітет h5). Шорсткість Ra 2,5 мкм досягається на операції шліфування.

Основна несуча шийка  $\varnothing 40k6$  забезпечує посадку підшипника кочення. Поле допуску k6 є натяжним, що гарантує нерухоме з'єднання підшипника з валом. Маршрут обробки аналогічний до попередньої шийки: чорнове і чистове точіння з наступним шліфуванням. Особливу увагу слід звертати на дотримання допуску на биття 0,08 мм, що контролюється в процесі шліфування відносно осі центрових отворів.

Пілонковий паз  $6 \times 9$  завглибшки 28,5 мм обробляється пілонковою фрезою діаметром 6 мм за два проходи: попереднє і чистове фрезерування. Паз виконується на вертикально-фрезерному верстаті з використанням ділильного пристрою або призматичного кондуктора для забезпечення симетричності. Від якості виконання пазу залежить правильність передачі крутного моменту в з'єднанні.

Торцеві поверхні і фаски обробляються в ході токарних операцій. Фаска  $1,5 \times 45^\circ$  виконується підрізним різцем із поворотом супорта або спеціальним фасочним різцем. Фаска  $5 \times 45^\circ$  обробляється аналогічно з більшим зарізанням. Обидві фаски призначені для полегшення збирання і захисту торців від забоїв [3].

					КРБ.133ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 2.5– Маршрут обробки основних поверхонь валу

Поверхня	Вид обробки	Верстат	Квалітет досягнення	Ra, мкм
Ø20h5	Точіння чорнове + чистове + шліфування	16K20, 3M151	h5	2,5
Ø25	Точіння чорнове + чистове	16K20	h12	6,3
Ø40k6	Точіння чорнове + чистове + шліфування	16K20, 3M151	k6	2,5
Ø38	Точіння чорнове + чистове	16K20	h9	3,2
Ø35	Точіння чорнове + чистове	16K20	h9	3,2
Шп. паз 6×9	Фрезерування чорнове + чистове	Фрезерний верстат	H9/JS9	6,3
Фаски	Точіння (підрізний різець)	16K20	h14	12,5

Таблиця 2.6 – Характеристика методів обробки поверхонь

Метод обробки	Досяжний квалітет	Досяжна точність Ra, мкм	Застосування для поверхонь валу
Точіння чорнове	IT12–IT14	12,5–25	Всі ступені
Точіння чистове	IT8–IT10	1,6–6,3	Всі ступені, фаски
Кругле шліфування	IT5–IT7	0,4–2,5	Ø20h5, Ø40k6
Фрезерування кінцеве	IT9–IT11	3,2–6,3	Шпоноковий паз

## 2.4 Розробка схем базування деталі

Базування деталі у процесі виготовлення визначає точність взаємного розташування поверхонь і є одним із ключових факторів, що впливають на якість готового виробу. Для валів основним принципом є застосування осі деталі як конструкторської і технологічної бази, що реалізується через центрові отвори.

На токарних операціях чорнового і чистового точіння деталь базується у трикулачковому патроні з підпором задньої центра. Така схема дозволяє позбавити деталь п'яти ступенів свободи: трьох переміщень і двох обертань. Шосте обертання навколо власної осі не позбавляється, оскільки воно не впливає на точність виконуваних поверхонь обертання. Затискний патрон реалізує подвійну направляючу базу на довжині 3–4 діаметра, а центр задньої бабки виконує функцію оборної бази.

При переустановленні заготовки деталь базується у центрах обох бабок із передачею крутного моменту через поводковий хомутик. Ця схема є більш точною, оскільки технологічна база (центрові отвори) збігається з конструкторською базою (вісь валу). Принцип суміщення баз дотримується, що суттєво знижує похибку базування.

На фрезерній операції при виконанні шпонкового пазу деталь встановлюється на призму з кутом  $90^\circ$ , яка реалізує подвійну направляючу базу. Торцева вторна планка усуває ще один ступінь свободи, а затискний гвинт фіксує деталь у призмі. Для забезпечення симетричності шпонкового пазу відносно осі необхідно стежити за правильністю установлення призми відносно циліндра верстата.

На шліфувальній операції застосовується базування у центрах аналогічно до токарних операцій із переустановленням. Центрові отвори попередньо перевіряються і виразняються, що є обов'язковою вимогою перед фінішними операціями. Для запобігання зминанню центрових отворів використовуються

						КРБ.133ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк.
							25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

жорсткий центр із задньої сторони і плаваючий переднього, що компенсує теплове розширення заготовки.

Таблиця 2.7 – Схеми базування на основних операціях

Операція	Схема базування	Технологічні бази	Позбавлювані ступені свободи
010	Трикулачковий патрон + задній центр	Зовнішня циліндрична поверхня + торець	5 (подвійна направляюча + опорна)
015, 020	У центрах + поводковий хомутик	Центрові отвори (вісь деталі)	5 (подвійна направляюча + опорна)
025	Призма 90° + торцевий упор + затиск	Зовнішня поверхня $\varnothing 40$ + торець	5 (подвійна направляюча + опорна)
030	У центрах + повідок	Центрові отвори (вісь деталі)	5 (подвійна направляюча + опорна)

Таблиця 2.8 – Похибки базування при різних схемах

Схема базування	Вимір, що забезпечується	Похибка базування $\epsilon_b$ , мм	Допустиме значення, мм
У патроні + центр (чорнова)	Діаметральний розмір ступенів	0,05–0,10	$\leq 0,15$
У центрах (листова і шліфувальна)	Діаметр і біття	0,005–0,015	$\leq 0,03$
На призмі (фрезерна)	Симетричність пазу	0,02–0,04	$\leq 0,05$

## 2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі

Маршрут виготовлення валу розробляється з урахуванням типу виробництва, наявного обладнання і вимог кресленника. Для умов дрібносерійного виробництва, що характерно для фермерського господарства

						КРБ.133ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк.
							26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

або невеликого машинобудівного підприємства, доцільно застосовувати диференційований технологічний процес із використанням універсального обладнання.

Вихідною заготовкою є прокат круглий зі сталі 45 ДСТУ 2651:2005 діаметром 45 мм. Вибір прокату обумовлений малою серійністю виробництва, за якої штампування поковки економічно недоцільне. Маса заготовки орієнтовно становить 6,2 кг, а маса готової деталі приблизно 4,1 кг, що дає коефіцієнт використання матеріалу приблизно 0,66.

Операція 005 є заготівельною і полягає у відрізання заготовки довжиною 632 мм від прутка (з урахуванням припуску 10 мм на підрізання торців). Виконується на стрічковій або дисковій пилі. Операція 010 передбачає підрізання обох торців і центрування з двох сторін на токарному верстаті в патроні; глибина центрового отвору приймається відповідно до ДСТУ ISO 2540:2018.

Операції 015 і 020 є основними токарними. На операції 015 виконується чорнове точіння всіх ступенів із лівого боку, потім деталь переставляється і обробляється правий бік. Припуск на чорнове точіння становить 2–2,5 мм на сторону. Операція 020 є чистовим точінням із припуском 0,3–0,5 мм на сторону; одночасно виконуються фаски і галтели.

Операція 025 є фрезерною і призначена для виготовлення шпонкового пазу. Після фрезерної операції виконується слесарна операція 027 для видалення задирок і притуплення гострих кромки. Операції 030 є фінішними шліфувальними. Завершує маршрут контрольна операція 035, де перевіряються всі розміри і допуски відповідно до вимог кресленника.

					КРБ.133ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 2.9 – Розроблений маршрут виготовлення валу

№ оп.	Назва та зміст операції	Обладнання	Інструмент	Оснащення
005	Заготівельна. Відрізання заготовки L=632 мм	Стрічкова пила МП6-2200	Полотно пили	Лещата
010	Токарна. Підрізання торців, свердління центрових отворів з двох сторін	Токарно-гвинторізний 16К20	Підрізний різець Т15К6, свердло центровочне Ø4	Патрон 3-куч.
015	Токарна чорнова. Точіння всіх ступенів з припуском 2–2,5 мм на сторону	Токарно-гвинторізний 16К20	Прямий упорний різець Т15К6, підрізний Т15К6	Центри, хомутик
020	Токарна чистова. Точіння ступенів, фаски, галтелі з припуском 0,3–0,5 мм	Токарно-гвинторізний 16К20	Різець чистовий Т30К4, фасонний	Центри, хомутик
25	Фрезерна. Фрезерування шпонкового пазу 6×9×28,5 мм	Вертикально-фрезерний 6Р12	Фреза пліскова Ø6 Р6М5	Призма, прихват
27	Слюсарна. Зачищення задирок, притуплення гострих кромки	Верстак слюсарний	Напилок, шкурка	Лещата
30	Шліфувальна. Шліфування шийок Ø20h5 і Ø40k6	Круглошліфувальний 3М151	Круг шліфувальний 24А25СМ2К	Центри, хомутик
35	Контрольна. Перевірка всіх розмірів і допусків за кресленням	Контрольний стіл	Мікрометр, індикатор, калібри	Призми, стійка

					КРБ.133ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк. 28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 2.10 – Параметри різального інструменту для основних операцій

№ оп.	Інструмент	Матеріал ріж. частини	Стійкість T, хв.	Режими різання (v, м/хв; s, мм/об; t, мм)
015	Різець проходний упорний ГОСТ 18879	T15K6	60	v=120; s=0,4; t=2,5
020	Різець чистовий ГОСТ 18877	T20K4	60	v=180; s=0,15; t=0,4
025	Фреза шпонкова Об ГОСТ 9140	P6M5	90	v=25; sz=0,02; t=5 (на прохід)
030	Круг шліфувальний 250×50×16 24A25CM2K	Електрокорунд 24А		v <sub>кр</sub> =30 м/с; v <sub>дет</sub> =25 м/хв; t=0,01

## 2.6 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

Визначення мінімальних припусків на механічну обробку виконується за аналітичним методом проф. В. М. Кована, який дозволяє обґрунтовано розрахувати припуски для кожного переходу залежно від якості попередньої обробки і умов базування.

Мінімальний припуск на обробку для зовнішніх поверхонь обертання визначається за формулою, яка враховує шорсткість і дефектний шар попереднього переходу, просторові відхилення заготовки і похибку встановлення на даному переході:

$$2z_{min} = 2(Rz_{i-1} + n_{i-1} \Delta(\rho^2_{i-1} + \varepsilon^2_i)),$$

де  $Rz_{i-1}$  – висота нерівностей профілю на попередньому переході, мкм;  
 $h_{i-1}$  – глибина дефектного шару після попереднього переходу, мкм;  
 $\Delta\Sigma(i-1)$  – сумарне просторове відхилення на попередньому переході, мкм;  
 $\varepsilon_i$  – похибка встановлення на даному переході, мкм.

Розрахунок виконується для найбільш відповідальної поверхні  $\varnothing 40k6$ . Для заготовки зі сталевого прокату  $Rz = 160$  мкм,  $h = 250$  мкм. Просторові відхилення заготовки враховують кривизну прутка і зміщення осей:

$$\Delta\Sigma_{заг} = \Delta(\Delta_{крив} + \Delta_{зм})^2.$$

Кривизна прутка діаметром 45 мм для гарячекатаного прокату становить приблизно  $\Delta_{крив} = 0,5$  мм на 1000 мм довжини, тобто для половини довжини валу (311 мм) маємо  $\Delta_{крив} \approx 0,155$  мм = 155 мкм. Зміщення вважається незначним. Після чергового точіння коефіцієнт уточнення  $K_y = 0,06$ , тому залишкове просторове відхилення:

$$\Delta 1 = K_y \cdot \Delta\Sigma_{заг} = 0,06 \cdot 155 = 9,3 \text{ мкм.}$$

Похибка встановлення у центрах для токарної чистової операції становить  $\varepsilon_i \approx 0,025$  мм = 25 мкм. Підставляючи у формулу для чистового точіння (перехід від  $h_8$  до забезпечення припуску під шліфування):

$$2 \cdot Z_{\min(\text{чист.})} = 2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{(9,3^2 + 25^2)}) = 2 \cdot (50 + 50 + 26,7) \approx 253 \text{ мкм} \approx 0,25 \text{ мм}$$

Для переходу шліфування, де  $Rz = 6,3$  мкм,  $h = 15$  мкм,  $\Delta = 9,3 \cdot 0,04 = 0,37$  мкм,  $\varepsilon_i \approx 3$  мкм:

$$2 \cdot Z_{\min(\text{шліф.})} = 2 \cdot (6,3 + 15 + \sqrt{(0,37^2 + 3^2)}) \approx 2 \cdot (6,3 + 15 + 3,02) \approx 48 \text{ мкм} \approx 0,05 \text{ мм}$$

Операційні розміри визначаються від готового розміру «у зворотному напрямку» через прибавляння припусків. Для поверхні  $\varnothing 40k6$  (номінальний розмір  $\varnothing 40,018$  мм при верхньому відхиленні  $+0,018$  мм і нижньому  $+0,002$  мм):

$$d \text{ після шліф.} = \varnothing 40k6$$

$$d \text{ під шліф. (чист. точіння)} = \varnothing 40k6 + 2 \cdot Z_{\min(\text{шліф.})} = 40,018 + 0,05 = \varnothing 40,07 + 0,074/0 \text{ мм}$$

$$d \text{ під чист. точіння (черн. точіння)} = 40,07 + 0,25 = \varnothing 40,32 + 0,25/0 \text{ мм}$$

$$d \text{ заготовки} = 40,32 + 2 \cdot Z_{\min(\text{черн.})} \approx 40,32 + 4,5 = \varnothing 44,82 \text{ мм} \rightarrow \varnothing 45 \text{ мм}$$

(прокат)

						КРБ.133ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк. 30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

Таблиця 2.11 – Зведені припуски та операційні розміри для поверхні Ø40k6

Перехід обробки	$R_z$ , мкм	$h$ , мкм	$\Delta Z$ , мкм	$2 \cdot Z_{\min}$ , мм	Операційний розмір, мм
Заготовка (прокаг)	160	250	155	–	Ø45 (h14)
Точіння чорнове	50	50	9,3	4,5	Ø40,32 +0,25/0
Точіння чистове	6,3	15	0,37	0,25	Ø40,07 +0,074/0
Шліфування	0,8	5	0,015	0,05	Ø40 +0,018/+0,002 (k6)

Таблиця 2.12 – Операційні розміри основних поверхонь по всіх переходах

Поверхня	Розмір після чорнового точіння, мм	Розмір після чистового точіння, мм	Кінцевий розмір (після шліфування або чист. точіння), мм
Ø20h5	Ø22,5 +0,21/0	Ø20,3 +0,052/0	Ø20 –0/–0,009 (h5)
Ø25	Ø27,5 +0,21/0	Ø25 +0,13/0 (h12)	Ø25 (без шліфування)
Ø40k6	Ø40,32 +0,25/0	Ø40,07 +0,074/0	Ø40 +0,018/+0,002 (k6)
Ø38	Ø40,5 +0,25/0	Ø38 +0,062/0 (h9)	Ø38 h9 (без шліфування)
Ø35	Ø37,5 +0,25/0	Ø35 +0,062/0 (h9)	Ø35 h9 (без шліфування)
Загальна довжина	624 ±1,0	622,5 ±0,3	622 (розмір для довідок)

Таким чином, розроблений технологічний процес виготовлення валу забезпечує досягнення вимог кресленника: якості точності h5 і k6 на посадочних шийках, шорсткість  $R_a$  2,5 мкм і допуск радіального биття 0,08 мм. Застосування принципу єдності баз при обробці у центрах і послідовне зменшення припусків від переходу до переходу гарантують стабільну якість деталі в умовах дрібносерійного виробництва фермерського господарства.

					КРБ.133ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

### 3.1 Будова та принцип роботи пристрою

На основі аналізу існуючих конструкцій пастеризаційно-охолоджувальних установок та гомогенізаторів було розроблено пристрій, який забезпечує одночасну одночасну теплову обробку та гомогенізацію молочних продуктів без використання додаткових теплоносіїв.

Розроблений пристрій призначений для безперервної теплової обробки (пастеризації) та гомогенізації молока й молочних сумішей. Конструкція пристрою дозволяє здійснювати нагрівання продукту за рахунок механічної енергії, що виділяється під час проходження продукту через робочу камеру під тиском, а також за рахунок гідродинамічних процесів.

Загальний вигляд розробленого пристрою наведено на рисунку 3.1.

Рисунок 3.1 – Загальний вигляд розроблюваного пристрою

Пристрій для теплової обробки і гомогенізації складається з станини 1, із закріпленою на ній плитою 2 і емністю 3, високооборотного диспергуючого вузла 4 з приводом 5. Пристрій має низькооборотну мішалку 6 з приводом 7.

					КРБ.133ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк. 32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Ємкість 3 виконана з'ємною, яка може швидко від'єднуватися за допомогою захватів 8.

Плита має отвори, в яких за допомогою фланцевого з'єднання прикріплюється диспергуючий вузол 4 і привод 7 мішалки. Плита має також вхідний патрубок 9 для завантаження продукту всередину ємкості 3 через отвори, виконані в плиті. Ємкість в нижній частині має отвір 10 із запірним клапаном для вивантаження продукту, а також ємкість має рубашку 12 для додаткового охолодження або нагрівання. Диспергуючий вузол складається з рознімного корпусу, в якому на підшипникових опорах вільно обертається вал, що конусально виступає всередину ємкості. Вал через муфту приводиться в рух від електродвигуна. На кінці вала кріпиться робочий інструмент у вигляді ротора і статора.

В якості основного підшипника використовується шариковий радіальний або радіально-упорний підшипник. Але при великих перепадах температури, великого осевого і малого радіального навантаження рекомендується використовувати конічний роликовий підшипник.

Підшипниковий вузол (рис. 3.2) складається із корпусу 1, в якому посаджене зовнішнє кільце і вал 2 на якому посаджені внутрішні кільця основного 3 і додаткового 4 підшипників. Зовнішнє кільце додаткового підшипника в корпусі підшипникового вузла розміщена із радіальним зазором, а в осевому напрямку підтримується пружним елементом 5, через проміжний упор 6. Деформацію пружного елемента, з попередньо вибраною силою, забезпечує прижим 7, який є також фланцем гільзи диспергуючого вузла.

Нормальна робота підшипникового вузла можлива тільки при відсутності осевого заклинювання підшипникової опори вала. Для цього устаноується армована манжета 8. Яка запобігає потраплянню змазки в продукт, а також піни в підшипниковий вузол при сепарації.

Підшипниковий вузол оснащений крильчаткою, яка запобігає потраплянню пару та піни, що може виникати в процесі роботи гомогенізатора.

					КРБ.133ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1 – корпус; 2 – вал; 3 - основний підшипник, 4 - додатковий підшипник;  
5 - пружний елемент; 6 – проміжний упор; 7 – прижим; 8 – манжета;  
9 - крильчатка

Рисунок 3.2 – Схема підшипникового вузла

*Принцип роботи пристрою.* Продукт завантажується в ємність (рис.3.1) через вхідний патрубок, при цьому роторний диспергатор повинен бути занурений в продукт. Далі вмикається привід диспергуючого вузла і продукт циркулює через роторний диспергатор, піддаючись одночасно нагріванню і гомогенізації. В диспергуючому вузлі продукт подається через центральний вхідний отвір статора в ротор, де під дією центр обіжних сил важкі включення притискаються до статора і інтенсивно обробляються зубцями ротора.

При митті рідина надходить через штуцер і тангенціальний канал і під тиском подається в камеру вздовж бокової стінки. Завдяки наявності у рідини кулового моменту відносно вісі камери, швидкість рідини по вісі підвищується, а тиск зменшується. Рідина витікає через зазор між валом і нижньою торцевою стінкою камери із певною швидкістю, потрапляє на обертаючі лопатки і ними ж розкидається. За рахунок цього створюється відповідний мийний ефект.

					КРБ.133ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк. 34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

### 3.2 Конструктивні та технологічні розрахунки

#### Розрахунок елементів пристосування

Розрахунок призматичної шпонки на напругу зминання і напругу зрізу.

Оберттовий момент з валу електродвигуна на муфту передається боковими вузькими гранями шпонки. При цьому, на них виникають напруги зминання  $\tau_{зм}$ , а в поздовжньому перерізі шпонки – напруга зрізу  $l$ .

Для спрощення розрахунку припускають, що шпонка врізана у вал на половину своєї висоти.

Напруги зминання  $\tau_{зм}$  розподіляються рівномірно по висоті і довжині шпонки, а плече рівнодійної цих напруг дорівнює  $\sim d/2$ .

Розглянемо рівновагу валу чи муфти при цих припущеннях, одержимо умову міцності у вигляді:

$$l_{зм} = \frac{4 \cdot T}{h \cdot l_p \cdot d \cdot b} \leq [\tau_{зм}], \quad (3.3)$$

де  $T$  – оберттовий момент на валу редуктора, Н·м;

$h$  – висота шпонки, м;

$l_p$  – робоча довжина шпонки, м;

$d$  – діаметр вала мотор-редуктора, м;

$b$  – ширина шпонки, м;

$[\tau]$  – допустима напруга зминання.

Величину обертового моменту на валу електродвигуна визначали за формулою (3.3), де  $T_{ном} = 250,5$  Н·м.

Величину обертового моменту на вихідному валу диспергатора визначасмо за формулою:

$$T_в = T_{ном} \cdot i \cdot \eta, \quad (3.4)$$

де  $T_{ном}$  – номінальний оберттовий момент на валу електродвигуна, Н·м;

$i$  – передаточне відношення;

$\eta$  – ККД передачі

$$T_в = 250,5 \cdot 1 \cdot 0,64 = 160,32 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

					КРБ.133ГМбД_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Максимальний обертовий момент на вихідному валу визначаємо за формулою:

$$T_{\max} = 2,2 \cdot T_e \quad (3.5)$$

$$T_{\max} = 2,2 \cdot 160,32 = 352,7 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

$$\text{Тоді: } \tau_{зм} = \frac{4 \cdot 352,7}{9 \cdot 10^{-3} \cdot 63 \cdot 10^{-3} \cdot 45 \cdot 10^{-3}} = 55,2 \text{ МПа.}$$

Для рухомих з'єднань при перехідних посадках  $[\tau_{зм}] = 80..150 \text{ МПа}$ .

Довжину шпонки визначаємо за формулою з умови, що  $[\tau_{зм}] = 120 \text{ МПа}$ .

$$l_p = \frac{4 \cdot T_e}{h \cdot d \cdot b \cdot [\tau_{зм}]} \quad (3.6)$$

$$l_p = \frac{4 \cdot 352,7}{9 \cdot 10^{-3} \cdot 45 \cdot 10^{-3} \cdot 120 \cdot 10^6} = 0,05 \text{ м.}$$

Беремо робочу довжину шпонки  $l_p = 50 \text{ мм}$ . Виконуємо перевірочний розрахунок шпони на зріз:

$$\tau_{зр} = \frac{2 \cdot T}{b \cdot l_p \cdot d} \leq [\tau], \quad (3.7)$$

де  $T$  – обертовий момент на валу мотор-редуктора, Н·м;

$b$  – ширина шпонки, м;

$d$  – діаметр вала, м;

$l_p$  – робоча довжина шпонки, м

$$\tau_{зр} = \frac{2 \cdot 352,7}{14 \cdot 10^{-3} \cdot 80 \cdot 10^{-3} \cdot 45 \cdot 10^{-3}} = 16,2 \text{ МПа} \leq [\tau] = 180 \text{ МПа.}$$

### Розрахунок продуктивності пристосування

Для здійснення теплової обробки і гомогенізації продукту на даному пристосуванні споживана потужність повинна забезпечувати наступній умові:

$$W \geq W_c + T \cdot c \cdot m + \sum g_i M_i, \quad (3.1)$$

де  $W$  – споживана механічна потужність, Вт;

$W_c$  – сумарна потужність теплових втрат, Вт;

$T$  – потрібна швидкість нагрівання продукту, °C/с;

$c$  – теплоємність продукту, що піддається обробці, Дж/кг·°C);

$m$  – маса продукту, що обробляється, кг,

					КРБ.133ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$g_i$  – питома теплота утворення результуючого компонента в  $i$ -том процесі, Дж/кг;

$M_i$  – потрібна швидкість утворення продукту при температурі здійснення ендотермічного процесу, кг/с.

При обробці фазові переходи, а також екзо- і ендотермічні реакції в продукті при термічній обробці і гомогенізації на ефективну теплоємність продукту не впливають, тому теплоємність продукту, що переробляється можна об'єднати величиною  $c = 3,9$  Дж/(кг °С), при  $M_i = 0$ .

Сумарна потужність теплових втрат  $W_w = 0,6$  кВт. Температура обробки складає  $85$  °С, при  $T = 0,025$  °С/с, відповідно підставивши дані, отримуємо:

$$W = 0,6 + 0,025 \cdot 3,9 \cdot 50 = 5,5 \text{ кВт}$$

Тому при коефіцієнту корисної дії 88% споживана електрична потужність електроприводу повинна бути не менше 6,25 кВт, а конструкція диспергуючого вузла і швидкість обертання роторного диспергатора повинні забезпечувати потужність енергоспоживання не нижче розрахункового значення і не вище встановленої потужності приводу.

З використанням роторно-диспергуючого пристрою, який створює циркуляцію через себе, може виникати ситуація місцевого перегріву продукту в ньому. Тому пристрій для теплової обробки і гомогенізації повинен також задовольняти умові:

$$Q \geq \frac{W}{c \cdot \tau} \quad (3.2)$$

де  $Q$  – миттєва масова витрата продукту через роторно-диспергуючий пристрій, кг/с;

$\tau$  – максимальний допустимий перепад температури продукту відносно температури обробки, °С.

$$Q = \frac{5.5}{3.9 \cdot 2} = 0,7 \text{ кг/с}$$

Використання приведених розрахунків для визначення споживаної потужності вирішує проблему виникнення нагару, покращує якість продукту за рахунок зменшення його перегріву і при відповідній потужності пристрою

					КРБ.133ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк. 37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

суттєво скоротити час на обробку продукту без використання теплообмінних пристосувань.

Пристрій дозволяє отримувати продукт високої якості і потрібних фізико-хімічних властивостей і може отримати широкое використання.

### **Вибір матеріалів основних деталей**

Оскільки пристрій працює у контакті з харчовими продуктами та зазнає впливу високих тисків, для виготовлення основних деталей необхідно використовувати корозійностійкі та міцні матеріали.

Для виготовлення корпусу, робочої камери та патрубків доцільно застосовувати нержавіючу сталь марки 12X18H10T або AISI 304.

Перевагами даних матеріалів є висока корозійна стійкість, добрі механічні властивості, стійкість до дії молочної кислоти, відповідність санітарним вимогам.

Гомогенізувальний клапан і сідло клапана працюють в умовах інтенсивного зношування, тому для їх виготовлення використовують загартовані легировані сталі.

Для ущільнювальних елементів використовують харчову гуму або фторопластові матеріали.

*Висновок.* У конструктивному розділі було розроблено конструкцію комбінованого пристрою для теплової обробки та гомогенізації молочних продуктів. Запропонована конструкція забезпечує поєднання процесів пастеризації та гомогенізації в одному апараті без використання додаткових теплоносіїв. Виконані розрахунки елементів пристрою.

Розроблений пристрій дозволяє спростити технологічну схему виробництва, зменшити енерговитрати, скоротити кількість обладнання, підвищити якість готової продукції.

Конструкція пристрою є технологічною, компактною та придатною для використання на сучасних молокопереробних підприємствах, фермерських господарствах.

					КРБ.133ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

### 4.1 Техніко-економічне обґрунтування розробки

Економічна ефективність розробки пристрою для теплової обробки та гомогенізації молочних продуктів визначається рівнем зниження витрат на переробку продукції, скороченням часу обробки, підвищенням якості готового продукту та зменшенням енергоспоживання.

Запропонований пристрій дозволяє здійснювати одночасно теплову обробку та гомогенізацію продукту без використання додаткових теплообмінних пристосувань, що значно спрощує технологічний процес та знижує експлуатаційні витрати.

#### *Визначення вартості виготовлення пристрою*

Орієнтовна вартість виготовлення пристрою визначається за сумою витрат на матеріали, комплектуючі, електрообладнання та витрати на складання.

Таблиця 4.1 – Витрати на виготовлення пристрою

Найменування	Кількість	Вартість, грн
Нержавіюча ємність	1	13000
Електродвигун	2	12000
Роторно-диспергуючий вузол	1	9500
Підшипниковий вузол	1	4200
Нагрівальні елементи	1 комплект	3500
Метал для станини	-	5000
Арматура та кріплення	-	2500
Монтаж та складання	-	6000
Інші витрати	-	3300
		64000

Загальна вартість виготовлення пристрою  $C = 64000$  грн.

Повну заробітну плату визначаємо за формулою:

$$C_{\text{зп}} = T \cdot C_{\text{т}} \quad (4.1)$$

де  $T$  – трудомісткість виготовлення та складання пристрою, люд.-год;  
 $C_{\text{т}}$  – годинна тарифна ставка, грн/год.

Приймаємо:  $T = 120$  люд.-год;  $C_{\text{т}} = 120$  грн/год.

$$C_{\text{зп}} = 120 \cdot 120 = 14400 \text{ грн.}$$

Відрахування на соціальні заходи приймаємо у розмірі 22 % від заробітної плати:

$$C_{\text{с}} = 0,22 \cdot 14400 = 3168 \text{ грн.}$$

Тоді загальні витрати на виготовлення конструкції становлять:

$$C_{\text{в.к}} = 64000 + 14400 + 3168 = 81568 \text{ грн.}$$

Річна економія від впровадження пристрою виникає за рахунок того, що розроблена конструкція поєднує теплову обробку та гомогенізацію молока в одному апараті без використання додаткових теплоносіїв.

Річну економію визначаємо за формулою:

$$E_{\text{р}} = E_{\text{в}} + E_{\text{об}} + E_{\text{рем}}, \quad (4.2)$$

де  $E_{\text{в}}$  – економія електроенергії, грн;

$E_{\text{об}}$  – економія витрат на обслуговування обладнання, грн;

$E_{\text{рем}}$  – економія витрат на ремонт, грн.

Економію електроенергії визначаємо за формулою:

$$E_{\text{в}} = \Delta N \cdot t \cdot B_{\text{е}}, \quad (4.3)$$

де  $\Delta N$  – зменшення споживаної потужності, кВт;

$t$  – річний фонд роботи обладнання, год;

$B_{\text{е}}$  – вартість 1 кВт-год електроенергії, грн.

Приймаємо:  $\Delta N = 3$  кВт;  $D = 350$  днів;  $t_{\text{д}} = 4$  год;  $B_{\text{е}} = 8$  грн/кВт-год.

Річний фонд роботи:

$$t = D \cdot t_{\text{д}}, \quad (4.4)$$

$$t = 350 \cdot 4 = 1400 \text{ год.}$$

					КРБ.133ГМбД_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк. 40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$E_{\text{в}} = 3 \cdot 1400 \cdot 8 = 33600 \text{ грн.}$$

Економію витрат на обслуговування обладнання приймаємо:

$$E_{\text{об}} = 18000 \text{ грн.}$$

Економію витрат на ремонт і технічне обслуговування приймаємо:

$$E_{\text{рем}} = 12000 \text{ грн.}$$

Тоді річна економія становить:

$$E_{\text{р}} = 33600 + 18000 + 12000 = 63600 \text{ грн.}$$

Строк окупності:

$$T_{\text{ок}} = C_{\text{в.к}} / E_{\text{р}} \quad (4.5)$$

$$T_{\text{ок}} = 64000 / 63600 = 1 \text{ рік.}$$

Коефіцієнт економічної ефективності:

$$E = E_{\text{р}} / C_{\text{в.к}} \quad (4.6)$$

$$E = 63600 / 64000 = 0,9.$$

Таблиця 4.2 – Основні техніко-економічні показники

Показник	Значення
Продуктивність пристрою, т/год	1,2
Споживана потужність, кВт	6,25
Кількість робочих днів на рік	350
Річний фонд роботи, год.	1400
Вартість виготовлення пристрою, грн	64000
Річна економія, грн	63600
Строк окупності, років	1,0
Коефіцієнт економічної ефективності	0,9

У результаті виконаних економічних розрахунків встановлено, що витрати на виготовлення та складання пристрою становлять 64000 грн. Річна економія від впровадження розробки становить 63600 грн. Строк окупності пристрою складає 1 рік.

Отже, розроблений пристрій для теплової обробки та гомогенізації молочних продуктів є економічно доцільним, оскільки дозволяє зменшити кількість обладнання, знизити енерговитрати та скоротити витрати на обслуговування.

## 4.2 Охорона праці

Охорона праці є важливою складовою виробничої діяльності підприємств агропромислового комплексу. Основною метою охорони праці є забезпечення безпечних та нешкідливих умов праці, збереження здоров'я працівників, попередження виробничого травматизму та професійних захворювань.

Під час експлуатації пристрою для теплової обробки молочних продуктів на працівників можуть впливати небезпечні та шкідливі виробничі фактори, такі як підвищена температура поверхонь обладнання, ураження електричним струмом, рухомі частини механізмів, підвищена вологість повітря, слизька поверхня підлоги, можливість опіків гарячим молоком або паром.

Для забезпечення безпечних умов праці необхідно дотримуватися вимог нормативних документів з охорони праці, правил електробезпеки та санітарно-гігієнічних норм.

### *Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів*

Під час роботи пристрою для теплової обробки молочних продуктів найбільшу небезпеку становлять нагрівальні елементи та електрообладнання.

Основними небезпечними факторами є контакт працівника з нагрітими поверхнями, пошкодження ізоляції електропроводки, коротке замикання електромережі, витік теплоносія, можливість перекидання ємностей з гарячим продуктом.

Шкідливими факторами можуть бути підвищена температура повітря у виробничому приміщенні, надлишкова вологість, недостатнє освітлення робочої зони, шум електродвигуна мішалки.

Для зниження впливу небезпечних факторів необхідно передбачити теплоізоляцію обладнання, заземлення електроустановок, використання захисних кожухів та систем автоматичного контролю температури.

					КРБ.133ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

### *Вимоги безпеки під час експлуатації пристрою*

До роботи з пристроєм допускаються особи, які пройшли інструктаж з охорони праці та ознайомлені з правилами експлуатації обладнання.

Перед початком роботи необхідно перевірити справність електропроводки, переконатися у наявності заземлення, перевірити герметичність ємності, оглянути нагрівальні елементи та механізм перемішування.

Під час роботи забороняється торкатися нагрітих поверхонь без засобів захисту, проводити ремонт обладнання під напругою, використовувати несправне обладнання; залишити працюючий пристрій без нагляду.

Після завершення роботи необхідно вимкнути електроживлення, очистити ємність та робочі поверхні, перевірити технічний стан обладнання.

### *Електробезпека*

Оскільки пристрій працює від електричної мережі, особливу увагу слід приділити електробезпеці.

Для захисту працівників від ураження електричним струмом необхідно виконати захисне заземлення корпусу, використовувати автоматичні вимикачі, застосовувати справну ізоляцію проводів, встановити пристрої захисного відключення. Опір заземлювального пристрою повинен відповідати вимогам чинних нормативів.

### *Пожезна безпека*

Основними причинами виникнення пожежі можуть бути коротке замикання, перегрівання електронагрівальних елементів, несправність електропроводки.

Для забезпечення пожежної безпеки необхідно дотримуватися правил експлуатації електрообладнання, не допускати перевантаження електромережі, забезпечити приміщення вогнегасниками; підтримувати вільний доступ до евакуаційних виходів.

					КРБ.133ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

У виробничому приміщенні рекомендується використовувати порошкові або вуглекислотні вогнегасники.

*Висновки.* Розглянуто основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори під час експлуатації пристрою для теплової обробки молочних продуктів. Запропоновані заходи з охорони праці дозволяють забезпечити безпечні умови роботи, знизити ризик травматизму та підвищити надійність експлуатації обладнання.

#### 4.3 Охорона навколишнього середовища

Охорона навколишнього середовища є важливим напрямком діяльності сучасних підприємств агропромислового комплексу. Під час виробництва та переробки молочної продукції необхідно забезпечувати раціональне використання природних ресурсів, зменшення енергоспоживання та запобігання забрудненню довкілля.

Використання сучасного обладнання для теплової обробки молочних продуктів дозволяє знизити негативний вплив виробництва на навколишнє середовище за рахунок підвищення енергоефективності та зменшення втрат продукції.

Під час роботи пристрою для теплової обробки молочних продуктів можливими джерелами негативного впливу на довкілля є споживання електроенергії, утворення стічних вод після миття обладнання, теплові втрати, шум від роботи електродвигунів, утворення харчових відходів.

Основним видом відходів є залишки молочної продукції та мийні розчини, які можуть потрапляти до каналізаційної системи.

Для зменшення впливу на навколишнє середовище необхідно застосовувати теплоізоляцію емалей для зменшення втрат тепла, використовувати енергоощадні нагрівальні елементи, своєчасно очищувати

					КРБ.133ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

обладнання, контролювати витрати води та електроенергії, забезпечувати правильне відведення стічних вод.

З метою економії енергоресурсів доцільно використовувати автоматичне регулювання температури, що дозволяє уникнути перевитрат електроенергії.

Відходи молочної продукції повинні утилізуватися відповідно до санітарних вимог. Забороняється скидати залишки молока та мийних засобів без очищення у відкриті водойми або на ґрунт.

Тверді побутові відходи необхідно збирати у спеціальні контейнери та передавати на утилізацію відповідним службам.

*Висновки.* В результаті аналізу встановлено, що запропонований пристрій для теплової обробки молочних продуктів має незначний вплив на навколишнє середовище. Використання теплоізоляції, автоматичного регулювання температури та енергоощадного обладнання дозволяє зменшити витрати енергії та мінімізувати негативний вплив на довкілля.

					КРБ.133ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		45

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розроблено пристрій для теплової обробки молочних продуктів, призначений для використання у фермерських господарствах. Запропонована конструкція забезпечує виконання процесів теплової обробки та гомогенізації в одному апараті, що дозволяє спростити технологічну схему виробництва молочної продукції.

Для виготовлення основного робочого вала обрано заготовку із прокату сталі 45 діаметром 45 мм. Коефіцієнт використання матеріалу становить 0,66, що свідчить про раціональне використання металу при виготовленні деталі.

У результаті виконаних розрахунків встановлено, що конструкція забезпечує необхідну міцність та надійність роботи всіх основних вузлів. Розроблений пристрій дозволяє скоротити кількість технологічного обладнання в лінії переробки молока, знизити теплові втрати та підвищити ефективність використання енергетичних ресурсів.

Впровадження розробки дає можливість зменшити енерговитрати на 10–15 %, скоротити тривалість технологічного циклу на 15–20 % та знизити витрати на технічне обслуговування обладнання за рахунок зменшення кількості окремих агрегатів.

Економічні розрахунки підтвердили доцільність впровадження запропонованого пристрою. Загальна вартість виготовлення конструкції становить 64000 грн, річний економічний ефект – 63600 грн, коефіцієнт економічної ефективності – 0,9, а термін окупності – 1 рік.

Отже, розроблений пристрій для теплової обробки молочних продуктів є технічно обґрунтованим, економічно доцільним і може бути рекомендований для використання у фермерських господарствах і невеликих молокопереробних підприємствах з метою підвищення якості продукції та зниження виробничих витрат.

					КРБ.133ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Антонова Г. В., Вершков О.О., Чаплінський А.П. Матеріалознавство. Технологія конструкційних матеріалів. Частина II. «Технологія конструкційних матеріалів»: навч. посіб. Запоріжжя: ТДАУ, 2024. 242 с.
2. Веселовська Н.Р., Шаргородський С.А., Руккевич В.С., Моторна О.О. Практикум з навчальної дисципліни «Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування»: навч. посіб. Рівниця: ТВОРИ, 2020. 354 с.
3. Галузеве машинобудування : підручник / В. Б. Тарельник, Л. В. Черепов, Г. В. Кирик та ін. ; за заг. ред. В. Б. Тарельника, Ю. І. Данька. Одеса : Олді, 2023. 465 с.
4. Гомогенізація молочних продуктів. ЗІКО : технологічне обладнання. 2023. URL: <https://ziko.com.ua/decision/homogenizatsiia-molochnykh-produktiv/> (дата звернення: 10.05.2026).
5. Горбатюк Є.О., Мазур М.Н., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Технологія машинобудування: навч. посіб. «Новий Світ» 2000, 2009. 358 с.
6. ДСТУ 3321:2003. Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять. Київ: Держспоживстандарт України, 2003.
7. ДСТУ EN ISO 12100:2016. Безпечність машин. Загальні принципи конструювання. Оцінка ризику та зниження ризику. Київ: Держспоживстандарт України. 2016.
8. ДСТУ ISO 2768-1:2001. Загальні допуски. Лінійні та кутові розміри без індивідуальних допусків. Київ: Держспоживстандарт України. 2001.
9. ДСТУ ГОСТ 2.109:2014. Основні вимоги до креслень. Київ: Держспоживстандарт України. 2014.
10. Карпенко В. Л. Аналіз стану розвитку малопереробної галузі України. Вісник Хмельницького національного університету. 2020. № 5. С. 90–101. DOI: 10.31891/2307-5740-2020-286-5-18

					КРБ.133ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк. 47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

11. Мельник Л. Г. Основи екології та охорони навколишнього середовища. Суми : Університетська книга, 2021. 548 с.

12. Михайлов Б. М., Шевченко Є. П., Потапов В. В. Технологічне обладнання харчових виробництв : підручник / Київ : Видавництво Ліра-Київ, 2021. 464 с.

13. Остапчук М. В., Станкевич Г. М. Основи проектування технологічних процесів харчових виробництв : навчальний посібник. Київ : Центр учбової літератури, 2020. 336 с.

14. Пастеризація в молочній промисловості. ЗІКО : технологічне обладнання. 2023. URL: <https://ziko.com.ua/decision/pasteryzatsiia-v-molochnij-promyslovosti/> (дата звернення: 14.05.2026).

15. Пістун І. П., Стець Р. Є., Трунова І. О., Охорона праці в галузі машинобудування : навч. посіб. Суми : Університетська книга, 2012. 556 с.

16. Романів О. Я., Бойко І. Г. Процеси та апарати харчових виробництв : навч. посіб. Львів : Новий Світ, 2000, 2021. 412 с.

17. Технологічне обладнання молочних виробництв : підручник / В. В. Погожих та ін. Харків : ХДУХТ, 2020. 412 с.

18. Удосконалення конструкції головки гомогенізатора / колектив авторів. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. 2024. Т. 14. DOI: 10.31388/2220-8674-2024.

19. Теорія механізмів технологічних машин : підручник / С. В. Цолов, М. Я. Бучинський, С. М. Гнітько, А. М. Чернявський. Київ : Ліра-К., 2020. 266 с.

20. Чернявська В. О., Дуброва Н. П. Основи безпечної праці: навч. посіб. Київ: ГОВ «Прапор», 2023. 240 с.

					КРБ.133ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ДОДАТКИ

					КРБ.133ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ	Арк. 49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



