

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту рівня вищої освіти «Бакалавр»
на тему:

**Модернізація технологічного процесу доїння корів
з розробкою пастеризатора молока**

Виконав: здобувач вищої освіти 3 курсу, групи АІС-2-23
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Кошовий Дмитро Олександрович

Керівник: _____ Трипутень Микола Мусійович

Рецензент: _____

Дніпро 2026

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**
Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

Рівень вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
інжинірингу технічних систем
(назва кафедри)
ДОЦЕНТ
(вчене звання)
Дудін В.Ю.
(підпис) (прізвище, ініціали)
«05» травня 2026 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Кошовий Дмитро Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Модернізація технологічного процесу доїння корів з розробкою пастеризатора молока

керівник проєкту Трипутень Микола Мусійович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від
«05» травня 2026 року № 912

2. Строк подання здобувачем проєкту 07.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проєкту: Аналіз стану питання процесів та обладнання для обробки молока. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Огляд технологій доїння корів. 2. Проєкт технологічного процесу доїння корів. 3. Удосконалення пастеризатора ОПД-1М. 4. Охорона праці. 5. Економічна оцінка розробленого удосконалення. Висновки та пропозиції. Бібліографічний список

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Процес доїння. 2. Процес обробки молока. 3. Пастеризатор. 4. Фланець. 5. Вісь. 6. Кришка. 7. Стакан. 8. Охорона праці. 9. Економічні показники.

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Трипутень М.М., доцент		
Нормоконтроль	Івлєв В.В., доцент		

7. Дата видачі завдання: 05.05.2026р._____.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 01.04.2026 р.	
2	Теоретичний	до 15.04.2026 р.	
3	Експериментальний	до 30.04.2026 р.	
4	Охорона праці	до 10.05.2026 р.	
5	Економічний	до 22.05.2026р.	
6	Демонстраційна частина	до 05.06.2026 р.	

Здобувач

(підпис)

Кошовий Д.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту

(підпис)

Трипутень М.М.

(прізвище та ініціали)

Затверд.	Дудін			проекту	ПДАЕУ ДІС-2-
----------	-------	--	--	---------	--------------

АНОТАЦІЯ

Кошовий Д.О. Модернізація технологічного процесу доїння корів з розробкою пастеризатора молока / Дипломний проєкт на здобуття ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

Дипломний проєкт присвячено підвищенню ефективності технологічної лінії доїння, первинної обробки та теплової обробки молока в умовах молочно-товарної ферми. У роботі розглянуто сучасні технології машинного доїння корів, обладнання для очищення, охолодження, зберігання та пастеризації молока, а також виконано аналіз конструкцій пастеризаторів.

У проєкті обґрунтовано вибір доїльної установки УДМ-200 для ферми з прив'язним способом утримання корів та виконано розрахунок основних параметрів технологічного процесу доїння і первинної обробки молока. Основну увагу приділено удосконаленню пастеризатора ОПД-1М, спрямованому на покращення теплообміну, стабілізацію температурного режиму, зменшення втрат теплоти та підвищення енергоефективності процесу пастеризації.

Розроблено варіант конструктивного удосконалення пастеризатора, виконано розрахунок його основних параметрів і описано роботу модернізованого обладнання. Окремо розглянуто питання охорони праці під час обробки молока та експлуатації пастеризатора, визначено основні небезпечні й шкідливі виробничі фактори та розроблено інструкцію з охорони праці для оператора. Проведена економічна оцінка показала доцільність впровадження запропонованого удосконалення за рахунок зменшення експлуатаційних витрат і скорочення витрат енергоресурсів.

Ключові слова: молоко, машинне доїння, первинна обробка молока, пастеризація, пастеризатор ОПД-1М, тепла обробка, теплообмін, енергоефективність, охорона праці, економічна оцінка.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 Огляд технологій доїння корів	11
1.1 Типи доїльних установок	12
1.2 Обладнання для первинної обробки молока	14
1.3 Огляд конструкцій пастеризаторів молока	17
1.4 Висновки	21
2 Проект технологічного процесу доїння корів	23
2.1 Загальні відомості про машинне доїння	23
2.2 Вихідні дані, зоотехнічні вимоги	24
2.3 Стан справи в господарстві, існуючі рішення та їх аналіз	26
2.4 Постановка завдання на проектування	28
2.5 Розробка варіанту реалізації технологічного процесу	28
2.5.1 Схема реалізації процесу	28
2.5.2 Визначення кількості засобів механізації	29
2.6 Висновки	34
3 Удосконалення пастеризатора ОПД-1М	36
3.1 Обґрунтування важливості питання	36
3.2 Стан питання і постановка завдання	37
3.3 Розробка варіанту удосконалення	38
3.4 Розрахунок параметрів удосконалення	40
3.5 Робота удосконаленого пастеризатора	46
3.6 Висновки	47

4 Охорона праці	49
4.1 Загальні вимоги охорони праці при обробці молока	49
4.2 Інструкція з охорони праці для оператора пастеризатора	54
4.3 Висновки	59
5 Економічна оцінка розробленого удосконалення	60
5.1 Вихідні дані	60
5.2 Результати економічної оцінки	63
5.3 Висновки	68
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	69
БІБЛІОГРАФІЯ	71
ДОДАТКИ	75

ВСТУП

Молочне скотарство є однією з важливих галузей агропромислового виробництва, оскільки забезпечує населення цінною харчовою продукцією, а переробну промисловість - сировиною для виготовлення широкого асортименту молочних продуктів. Якість молока значною мірою формується не лише біологічними особливостями тварин і рівнем їх годівлі, а й технічним забезпеченням технологічних процесів на фермі. Особливе значення мають процеси доїння, первинної обробки, охолодження, зберігання та теплової обробки молока, оскільки саме на цих етапах виникає найбільший ризик погіршення його санітарно-гігієнічних показників.

Сучасне виробництво молока потребує впровадження технічних рішень, які забезпечують стабільну якість продукції, зменшення витрат ручної праці, економне використання енергоресурсів і відповідність вимогам безпечності харчових продуктів. Одним із найважливіших процесів первинної та технологічної обробки молока є пастеризація. Вона дає змогу знизити бактеріальне обсіменіння молока, знищити патогенні мікроорганізми, підвищити безпечність продукту та подовжити термін його зберігання. Разом із тим теплова обробка є енергоємним процесом, тому питання підвищення ефективності роботи пастеризаційного обладнання є актуальним для молочнотоварних ферм і малих переробних підрозділів.

На багатьох підприємствах і фермах досі використовується обладнання, яке має значний строк експлуатації, недостатній рівень автоматизації та підвищені витрати теплоти. До такого обладнання належить пастеризатор ОПД-1М, який може забезпечувати необхідний технологічний процес, однак потребує удосконалення для підвищення енергоефективності, стабільності температурного режиму та зручності обслуговування. Удосконалення пастеризатора може бути спрямоване на покращення теплообміну, зменшення втрат теплоти, підвищення рівномірності нагрівання молока та вдосконалення контролю основних параметрів процесу.

Актуальність теми дипломного проєкту полягає в необхідності підвищення ефективності технологічної лінії теплової обробки молока шляхом удосконалення конструкції пастеризатора ОПД-1М. Реалізація такого технічного рішення дозволяє покращити якість пастеризації, зменшити витрати енергоресурсів, підвищити надійність роботи обладнання та поліпшити економічні показники виробництва.

Метою дипломного проєкту є підвищення ефективності теплової обробки молока шляхом удосконалення пастеризатора ОПД-1М для умов молочно-товарної ферми.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання: проаналізувати технології доїння корів і обладнання для первинної обробки молока; розглянути конструкції пастеризаторів та особливості їх роботи; розробити проєкт технологічного процесу доїння і первинної обробки молока; обґрунтувати вибір обладнання для доїння корів і транспортування молока; визначити напрями удосконалення пастеризатора ОПД-1М; виконати розрахунок основних параметрів удосконалення; описати роботу удосконаленого пастеризатора; розробити заходи з охорони праці під час обробки молока; виконати економічну оцінку запропонованого технічного рішення.

Об'єктом проєктування є технологічний процес доїння, первинної обробки та теплової обробки молока на молочно-товарній фермі.

Предметом проєктування є конструктивно-технологічні параметри пастеризатора ОПД-1М та засоби підвищення ефективності його роботи.

У дипломному проєкті використано методи аналізу технологічних процесів, порівняння технічних рішень, інженерних розрахунків, техніко-економічної оцінки та узагальнення результатів. Розрахунки виконано з урахуванням продуктивності ферми, кількості дійних корів, добового надою молока, режиму доїння, параметрів пастеризації та умов експлуатації обладнання.

Практичне значення роботи полягає в тому, що запропоноване удосконалення пастеризатора ОПД-1М може бути використане під час модернізації моло-

чних блоків ферм, де необхідно підвищити ефективність теплової обробки молока без повної заміни наявного обладнання. Запропоновані рішення сприяють зниженню енерговитрат, стабілізації температурного режиму, підвищенню якості обробки молока та покращенню умов праці оператора.

Дипломний проєкт складається з п'яти розділів. У першому розділі наведено огляд технологій доїння корів, обладнання для первинної обробки молока та конструкцій пастеризаторів. У другому розділі розроблено проєкт технологічного процесу доїння корів і обґрунтовано вибір доїльної установки УДМ-200. У третьому розділі запропоновано конструктивне удосконалення пастеризатора ОПД-1М та виконано розрахунок його параметрів. У четвертому розділі розроблено заходи з охорони праці при обробці молока та інструкцію для оператора пастеризатора. У п'ятому розділі виконано економічну оцінку розробленого удосконалення та визначено доцільність його впровадження.

1 Огляд технологій доїння корів

Молочне скотарство є галуззю, у якій якість продукції значною мірою визначається не лише породними та продуктивними ознаками тварин, а й технічним рівнем виконання технологічних операцій. Процес одержання молока охоплює підготовку корови до доїння, машинне видоювання, транспортування молока по молочній лінії, його фільтрування, очищення, охолодження, короткочасне зберігання та, за потреби, теплову обробку. Порушення будь-якого з цих етапів може призвести до зростання бактеріального обсіменіння, погіршення органолептичних властивостей і зменшення строку зберігання продукту.

У товарному виробництві основним способом одержання молока є машинне доїння. Воно забезпечує зменшення витрат ручної праці, стабілізує режим видоювання, скорочує контакт молока з навколишнім середовищем і створює умови для закритого транспортування продукту до молочного блоку. Вимоги до конструкції, монтажу, матеріалів, доїння й очищення доїльних установок регламентуються міжнародним стандартом ISO 5707 [1], а методи технічної перевірки таких установок визначені ISO 6690 [2].

Для дипломного проєкту, присвяченого тепловій обробці молока, огляд технологій доїння має прикладне значення. Пастеризатор не працює ізольовано: його ефективність залежить від якості сирого молока, стабільності подавання, рівня попереднього очищення, температури вхідного продукту та санітарного стану всієї лінії. Тому перед обґрунтуванням удосконалення пастеризаційної установки необхідно розглянути основні типи доїльного обладнання, машини первинної обробки та конструкції пастеризаторів.

Міжнародні гігієнічні документи розглядають безпечність молока як результат контролю всього виробничого ланцюга - від одержання сировини до переробки та реалізації. Codex Alimentarius підкреслює необхідність запобігання негігієнічним умовам під час виробництва, обробки та транспортування молока і молочних продуктів [3]. Саме тому удосконалення окремого апарата доцільно пов'язувати з роботою всієї технологічної системи.

1.1 Типи доїльних установок

Доїльна установка - це комплекс машин, апаратів, трубопроводів і допоміжних пристроїв, призначених для механізованого видоювання тварин, підтримання необхідного вакуумного режиму, транспортування молока та санітарної обробки обладнання. До складу типової установки входять вакуумний насос, вакуум-регулятор, доїльні апарати, пульсатори, колектори, молочні й вакуумні шланги, молокопровід або переносні молочні ємності, молокоприймальний вузол, система промивання та контрольно-вимірювальні прилади.

Основним завданням доїльної установки є забезпечення фізіологічно безпечного та повного видоювання корів. Для цього необхідно підтримувати стабільний вакуум, правильну частоту й співвідношення тактів пульсації, своєчасне відведення молока та відсутність надмірного механічного впливу на вим'я. Нестабільність вакуумного режиму або неправильна робота пульсатора може призвести до неповного видоювання, травмування дійок і погіршення санітарних показників молока.

За місцем виконання операції доїння установки поділяють на системи для доїння у стійлах і системи для доїння у доїльних залах. Доїння у стійлах застосовують переважно на фермах із прив'язним утриманням. У такому разі корова залишається на своєму місці, а оператор переміщується вздовж ряду стійл і підключає апарати до тварин. Молоко може збиратися у переносні відра або через молокопровід надходити до молочного відділення.

Доїння у відра є найпростішим технічним рішенням, яке має невисоку вартість і не потребує складного монтажу. Проте воно пов'язане зі значними витратами ручної праці, перенесенням молока, підвищеним ризиком забруднення та обмеженою продуктивністю. Доїння у молокопровід є більш досконалим варіантом, оскільки молоко рухається закритою лінією без переливання у відкриті ємності, що зменшує контакт продукту з повітрям і полегшує подальше охолодження.

На фермах із безприв'язним утриманням поширені доїльні зали. Вони дають змогу організувати потокове доїння груп корів у спеціально обладнаному

приміщенні. Найбільш відомими є зали типу «ялинка», «паралель», «тандем» і «карусель». Установки типу «ялинка» забезпечують зручний боковий доступ до вимені та підходять для середніх ферм. Схема «паралель» дозволяє підвищити щільність розміщення тварин і пропускну здатність залу. «Тандем» зручний для індивідуального обслуговування, але має меншу продуктивність, а «карусель» є найбільш продуктивною для великих молочних комплексів.

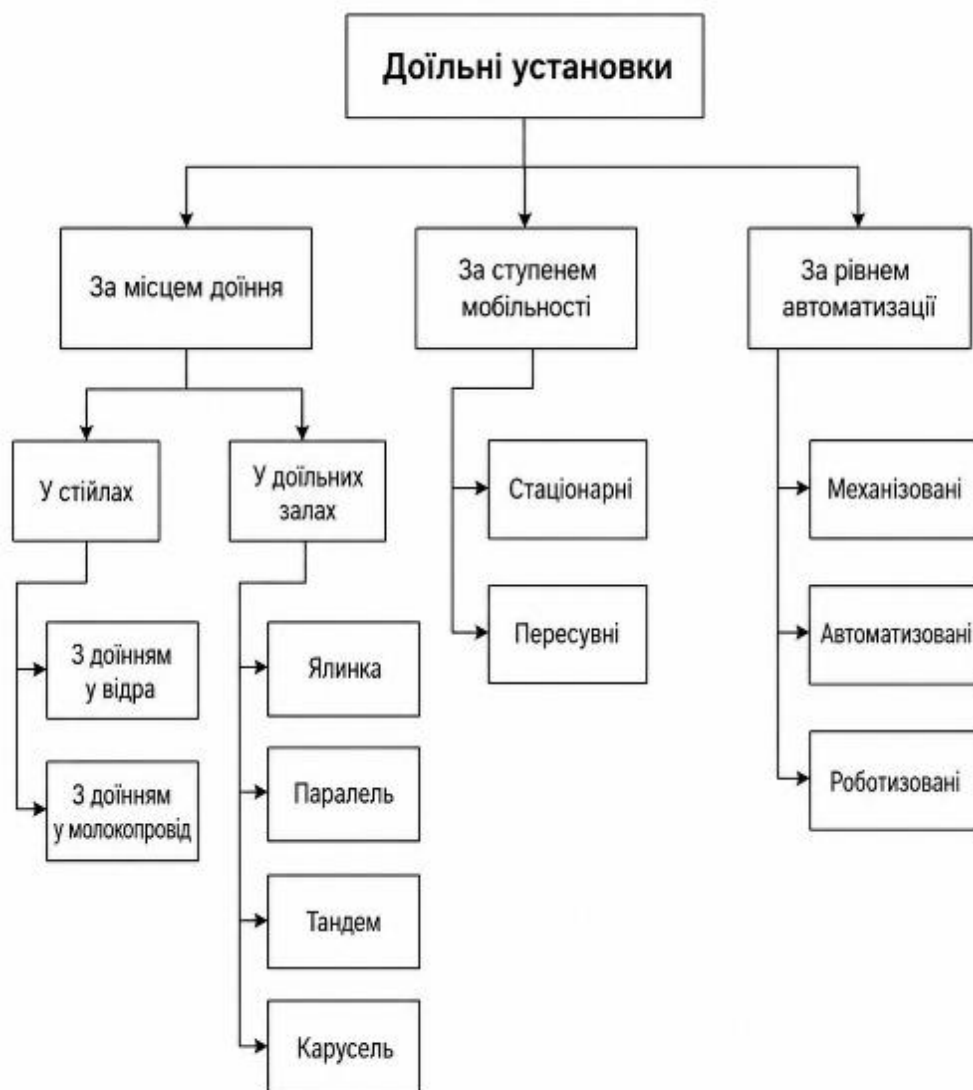


Рисунок 1.1 – Класифікація доїльних установок

Окрему групу становлять роботизовані системи доїння. Вони автоматично ідентифікують тварину, виконують підготовку вимені, під'єднують доїльні стакани, контролюють процес доїння та фіксують дані про надій. Перевагами таких

систем є зменшення потреби у ручній праці, індивідуальний контроль корів і можливість накопичення технологічної інформації. Недоліками є висока вартість, потреба у кваліфікованому сервісному обслуговуванні та необхідність адаптації тварин до роботи з роботом.

Таким чином, вибір типу доїльної установки визначає не лише організацію праці оператора, а й умови надходження молока на первинну обробку. Чим вищий рівень герметичності, механізації та автоматизації доїння, тим простіше забезпечити стабільну якість сировини і скоротити проміжок часу між видоюванням, охолодженням і можливою пастеризацією.

1.2 Обладнання для первинної обробки молока

Після видоювання молоко має температуру, близьку до температури тіла тварини, і є сприятливим середовищем для розвитку мікроорганізмів. Тому воно має швидко пройти первинну обробку: приймання, фільтрування, очищення, охолодження, зберігання та облік. FAO зазначає, що переробка молока допомагає подовжити строк його збереження та зменшити ризик харчових захворювань, оскільки молоко є швидкопсувним продуктом [8].

Загальна технологічна схема одержання та первинної обробки молока включає послідовне переміщення продукту від корови до резервуара-охолоджувача або пастеризаційної установки. У закритих лініях молоко після доїльного апарата проходить через молочний шланг або молокопровід, надходить у молокоприймальну ємність, фільтрується, очищується, охолоджується і зберігається до транспортування чи подальшої переробки.

Очищення молока від механічних домішок є першою важливою операцією після доїння. У молоко можуть потрапляти частинки пилу, підстилки, шерсті або інші включення. Для їх видалення застосовують сітчасті, тканинні або змінні фільтрувальні елементи, які встановлюють у молочній лінії. Фільтрування є простим і дешевим способом, однак воно не завжди забезпечує достатнє видалення дрібних завислих частинок.



Рисунок 1.2 – Загальна технологічна схема одержання та первинної обробки молока

Більш ефективним засобом очищення є молокоочисник відцентрового типу. Його дія ґрунтується на різниці густини молока і механічних домішок. Під час обертання барабана важчі частинки відкидаються до периферії та накопичуються у грязьовому просторі. Використання молокоочисника особливо важливе перед пастеризацією, оскільки чистіше молоко менше забруднює теплообмінні поверхні та стабільніше проходить через канали пастеризатора.

Охолодження молока є ключовою операцією первинної обробки. Його метою є швидке зниження температури продукту до рівня, за якого розвиток мікроорганізмів істотно сповільнюється. Вимоги ЄС передбачають, що після доїння молоко має охолоджуватися до температури не вище 8 °С у разі щоденного збирання або не вище 6 °С, якщо збирання не здійснюється щодня [4]. На практиці для якісного зберігання часто підтримують температуру близько 4 °С.



Рисунок 1.3 – Класифікація обладнання для первинної обробки молока

Для охолодження застосовують пластинчасті охолоджувачі та резервуари-охолоджувачі. Пластинчастий охолоджувач забезпечує інтенсивний теплообмін завдяки руху молока тонким шаром між пластинами, з іншого боку яких циркулює холодоносіє. Резервуар-охолоджувач поєднує охолодження і зберігання; він обладнується теплоізоляцією, холодильним агрегатом, мішалкою, датчиками температури та системою автоматичного керування.

Для переміщення молока між елементами технологічної лінії застосовують молочні насоси. Вони повинні забезпечувати обережне перекачування без надмірного піноутворення і механічного пошкодження жирових кульок. Усі деталі, що контактують з продуктом, мають виготовлятися з корозійностійких матеріалів, придатних для харчового виробництва.

Отже, первинна обробка є проміжною, але дуже важливою ланкою між доїнням і пастеризацією. Від ефективності фільтрування, очищення, охолодження та санітарного промивання залежить початкова якість сировини, а отже - стабільність роботи пастеризаційної установки і якість готової продукції.

1.3 Огляд конструкцій пастеризаторів молока

Пастеризація - це теплова обробка молока за температур, нижчих від температури кипіння, спрямована на зниження кількості мікроорганізмів і знищення патогенної мікрофлори за максимально можливого збереження харчової та технологічної цінності продукту. Основними параметрами пастеризації є температура нагрівання, тривалість витримки, швидкість нагрівання й охолодження, рівномірність температурного поля та санітарний стан обладнання.

У технології питного молока теплова обробка разом із правильним охолодженням належить до найважливіших операцій. За даними Tetra Pak, температура і тривалість пастеризації повинні задаватися точно відповідно до вимог якості та строку зберігання продукту; для HTST-пастеризації молока типовим є режим 72–75 °C протягом 15–20 с [6]. У європейській нормативній практиці прикладами ефективною пастеризації є режими не менше 72 °C протягом 15 с або не менше 63 °C протягом 30 хв, або еквівалентне поєднання температури й часу [4].

За конструктивним виконанням пастеризатори поділяють на ємнісні, трубчасті, пластинчасті та комбіновані. Також їх класифікують за режимом роботи, джерелом теплоти та рівнем автоматизації. Узагальнену класифікацію пастеризаторів наведено на рисунку 1.4.



Рисунок 1.4 – Класифікація пастеризаторів молока

Ємнісні пастеризатори є найпростішими за конструкцією. Вони складаються з резервуара для молока, теплообмінної сорочки або вмонтованих нагрівальних елементів, мішалки, кришки, патрубків, датчиків температури та пристроїв керування. Нагрівання здійснюється через стінку ємності від гарячої води, пари або електричних нагрівачів. Такі апарати доцільні для малих обсягів виробництва, навчальних лабораторій і фермерських мініцехів.

Перевагами ємнісних пастеризаторів є простота будови, невисока вартість, легке обслуговування та можливість роботи без складної трубопровідної системи. Недоліками є значна тривалість циклу, підвищені питомі витрати енергії, періодичність процесу, складність швидкого охолодження всього об'єму та менша продуктивність порівняно з установками безперервної дії.

Трубчасті пастеризатори мають теплообмінну поверхню у вигляді системи труб. Молоко рухається по трубах або між трубами, а теплоносії передає теплоту через металеву стінку. Такі установки можуть працювати безперервно і краще підходять для продуктів підвищеної в'язкості. Їх недоліками є більші габарити, вища металоємність і складніше очищення порівняно з пластинчастими установками.

Пластинчасті пастеризатори є найбільш поширеними у сучасних лініях переробки молока. Основним робочим органом є пакет гофрованих пластин, між якими по чергово рухаються молоко, теплоносії та охолоджувальне середовище. Завдяки малій товщині шару продукту й великій поверхні теплопередачі забезпечується інтенсивний теплообмін за компактних розмірів обладнання.

Типова пластинчаста пастеризаційна установка включає зрівнювальний бак, насос, секцію рекуперації теплоти, секцію нагрівання, витримувач, секцію охолодження, автоматичний клапан повернення недостатньо прогрітого молока та систему керування. Найважливішою перевагою таких установок є можливість рекуперації теплоти. У секції рекуперації холодне сире молоко нагрівається теплом пастеризованого гарячого молока, яке одночасно попередньо охолоджується. У довіднику Tetra Pak зазначено, що регенеративний теплообмін дає змогу повторно використовувати значну частину теплоти пастеризованого молока і знижувати витрати на нагрівання та охолодження [7].

Комбіновані пастеризаційні установки поєднують кілька функціональних вузлів і можуть мати автоматичне регулювання температури, контроль витрати, клапани повернення недопастеризованого молока, систему реєстрації параметрів і СІР-миття. Таке обладнання забезпечує високу стабільність якості продукції, але є дорогим і потребує кваліфікованого обслуговування.

Технологічну схему пастеризації молока з рекуперацією теплоти наведено на рисунку 1.5.



Рисунок 1.5 – Технологічна схема пастеризації молока з рекуперацією теплоти

За наведеною схемою сире охолоджене молоко надходить у зрівнювальний бак, звідки насосом подається у секцію рекуперації. Тут воно попередньо нагрівається за рахунок теплоти пастеризованого молока. Далі продукт проходить секцію нагрівання, досягає заданої температури, витримується протягом необхідного часу, після чого знову проходить через секцію рекуперації та секцію охолодження. У результаті отримують пастеризоване охолоджене молоко, придатне для зберігання або подальшої переробки.

Основними критеріями оцінювання пастеризаторів є продуктивність, стабільність температурного режиму, питома витрата енергії, санітарна безпечність, простота миття, надійність і ремонтпридатність. Для невеликих господарств доцільними можуть бути ємнісні пастеризатори, але для регулярної переробки молока більш ефективними є пластинчасті пастеризатори безперервної дії з розвинутою секцією рекуперації теплоти.

Подальше удосконалення пастеризаційної установки доцільно спрямувати на підвищення ефективності теплообмінної частини та стабілізацію системи керування температурою. Практичними напрямками можуть бути збільшення площі секції рекуперації, оптимізація схеми руху молока й теплоносія, встановлення точнішого регулятора температури та датчиків контролю витрати. Таке удосконалення дозволить зменшити питомі енерговитрати, підвищити надійність пастеризації та скоротити експлуатаційні витрати.

1.4 Висновки

У розділі розглянуто основні технологічні рішення, що застосовуються під час доїння корів, первинної обробки та теплової обробки молока. Встановлено, що машинне доїння є базовим способом одержання молока у товарному виробництві, оскільки воно підвищує продуктивність праці, стабілізує технологічний процес і створює умови для закритого транспортування продукту.

Проаналізовано основні типи доїльних установок: системи для доїння у стійлах, установки з молокопроводом, доїльні зали типу «ялинка», «паралель», «тандем», «карусель», а також роботизовані системи. Вибір конкретного типу залежить від поголів'я, способу утримання, необхідної продуктивності та економічних можливостей господарства.

Визначено, що первинна обробка молока є необхідною умовою збереження його якості після доїння. До її складу входять фільтрування, очищення, охолодження, зберігання і санітарне промивання обладнання. Саме ці операції формують початкові умови для подальшої пастеризації.

Огляд конструкцій пастеризаторів показав, що ємнісні апарати є простими, але менш продуктивними й енергоефективними. Трубчасті пастеризатори придатні для безперервної роботи, проте мають більші габарити. Найбільш перспективними для технологічних ліній переробки молока є пластинчасті пастеризатори з секцією рекуперації теплоти.

Подальше удосконалення доцільно спрямувати на підвищення енергоефективності пастеризаційної установки, стабілізацію температурного режиму та зниження експлуатаційних витрат за рахунок модернізації рекуперативного теплообмінника й системи автоматичного керування.

2 Проект технологічного процесу доїння корів

2.1 Загальні відомості про машинне доїння

Машинне доїння є центральною операцією технологічного процесу одержання молока на молочно-товарній фермі. Його завдання полягає не лише у швидкому видоюванні корів, а й у забезпеченні стабільного вакуумного режиму, мінімального травмування дійок, зменшення контакту молока з повітрям і своєчасного відведення продукту на первинну обробку. Для ферми з прив'язним утриманням найдоцільнішою є організація доїння у стійлах із відведенням молока в загальний молокопровід, оскільки така схема не потребує переведення тварин у доїльний зал та дає змогу використати наявне планування корівника.

Фізіологічною основою машинного доїння є імітація ссання телям шляхом чергування тактів ссання і масажу у доїльному стакані. Якість цього процесу визначається величиною робочого вакууму, частотою пульсацій, співвідношенням тактів пульсатора, тривалістю підготовки вимені та своєчасністю зняття доїльного апарата. Порушення цих умов призводить до неповного видоювання, збільшення тривалості доїння, погіршення санітарних показників молока і підвищення ризику маститів.

У сучасних доїльних установках молоко після видоювання транспортується закритою молочною лінією до молокоприймального вузла, де відокремлюється від вакууму, перекачується молочним насосом, проходить фільтрування, охолодження або іншу первинну обробку. Закритий рух молока особливо важливий для збереження його якості, оскільки зменшується вторинне забруднення продукту та скорочується час між видоюванням і охолодженням. Конструкція доїльних установок та їх випробування регламентуються вимогами до безпечної роботи, стабільності вакууму, якості матеріалів і санітарної обробки [4, 5].

Для розглянутої ферми визначальними умовами є кількість дійних корів, прив'язний спосіб утримання, наявність застарілої установки АДМ-8А та пот-

реба в мінімальній перебудові приміщень. Тому при проектуванні технологічного процесу доїння доцільно орієнтуватися на лінійну доїльну установку з молокопроводом, яка забезпечує механізоване доїння у стійлах і подальше транспортування молока в молочне відділення.

2.2 Вихідні дані, зоотехнічні вимоги

Вихідні дані прийнято відповідно до завдання на проектування та виробничих умов молочно-товарної ферми. Основні показники наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для проектування технологічного процесу доїння

Показник	Позначення	Значення	Одиниця вимірювання
Плановий річний надій від однієї корови	U _{річ}	6500	кг/рік
Тривалість лактації	T _{лак}	300	дів
Середній добовий надій	U _{доб}	21,7	кг/добу
Кількість доїнь на добу	k _д	2	рази
Планова кількість дійних корів	N _д	400	гол.
Спосіб утримання корів	-	прив'язний	-

Середній добовий надій однієї корови визначаємо за річним надоєм і тривалістю лактації:

$$U_{\text{доб}} = \frac{U_{\text{річ}}}{T_{\text{лак}}} = \frac{6500}{300} = 21,7 \quad (2.1)$$

де $U_{\text{доб}}$ - середній добовий надій від однієї корови, кг/добу; $U_{\text{річ}}$ - плановий річний надій від однієї корови, кг/рік; $T_{\text{лак}}$ - тривалість лактації, діб.

Добову кількість молока, яку необхідно прийняти і обробити на фермі, розраховуємо за кількістю дійних корів:

$$M_{\text{доб}} = N_{\text{д}} \cdot U_{\text{доб}} = 400 \cdot 21,7 = 8680 \quad (2.2)$$

де $M_{\text{доб}}$ - добовий обсяг молока від стада, кг/добу; $N_{\text{д}}$ - кількість дійних корів, гол.; $U_{\text{доб}}$ - середній добовий надій однієї корови, кг/добу.

Разовий надій від однієї корови при дворазовому доїнні становить:

$$U_{\text{раз}} = \frac{U_{\text{доб}}}{k_{\text{д}}} = \frac{21,7}{2} = 10,85 \quad (2.3)$$

де $U_{\text{раз}}$ - середній разовий надій від однієї корови, кг; $k_{\text{д}}$ - кількість доїнь на добу.

Кількість молока, що надходить у молочне відділення за одне доїння всього стада, дорівнює:

$$M_{\text{раз}} = \frac{M_{\text{доб}}}{k_{\text{д}}} = \frac{8680}{2} = 4340 \quad (2.4)$$

де $M_{\text{раз}}$ - обсяг молока за одне доїння всього стада, кг; $M_{\text{доб}}$ - добовий обсяг молока від стада, кг/добу; $k_{\text{д}}$ - кількість доїнь на добу.

До зоотехнічних вимог, що враховуються під час проектування, належать: повне і рівномірне видоювання корів, стабільний вакуумний режим у молочно-

вакуумній системі, підготовка вимені перед надяганням доїльних стаканів, недопущення перетримування апаратів на дійках, своєчасне фільтрування та охолодження молока, а також обов'язкова циркуляційна промивка молокопроводу після кожного доїння. Для доїльних установок з молокопроводом особливо важливими є герметичність з'єднань, якість санітарної обробки та відсутність застійних зон у молочній лінії [3, 4].

2.3 Стан справи в господарстві, існуючі рішення та їх аналіз

У господарстві використовується застаріла доїльна установка АДМ-8А, яка фізично зношена і не забезпечує належного рівня технологічної надійності. Основними недоліками такої установки в умовах тривалої експлуатації є збільшення кількості негерметичних з'єднань, нестабільність вакуумного режиму, підвищена трудомісткість промивання та технічного обслуговування, а також ускладнення контролю кількості молока, отриманого окремими операторами. За таких умов модернізація лінії доїння повинна бути спрямована не тільки на заміну зношених вузлів, а й на підвищення санітарної якості процесу, скорочення ручних операцій і узгодження доїння з первинною обробкою молока.

Для прив'язного утримання корів найбільш поширеними технічними рішеннями є доїльні установки у відра, установки з лінійним молокопроводом та модернізовані молокопровідні системи з автоматичним промиванням. Доїння у відра може бути прийнятним для малих ферм, однак для стада 400 голів цей варіант є малопродуктивним і пов'язаний з великими витратами ручної праці. Лінійні молокопровідні установки забезпечують закритий рух молока від доїльного апарата до молочного відділення, зменшують контакт продукту з повітрям і краще відповідають вимогам до санітарії виробництва.

Установки серії УДМ, зокрема УДМ-200, призначені для механізованого доїння корів при прив'язному утриманні та транспортування молока в танк охолодження [1, 3]. За інформацією виробника, установка УДМ-200 розрахована на

господарство з поголів'ям 200 корів [1]. Технічні матеріали також характеризують її як стаціонарну установку з молокопроводом із нержавіючої труби, оцинкованим вакуумпроводом, автоматизованим процесом промивання та робочим вакуумним тиском 47–49 кПа [2].

Перевагою УДМ-200 для розглянутої ферми є можливість встановлення у наявному стійловому приміщенні без значної реконструкції корівника. На відміну від доїльних залів, які потребують перебудови потоків руху тварин, накопичувальних майданчиків і окремого приміщення, молокопровідна установка дозволяє зберегти існуючий спосіб утримання. Крім того, конструкція УДМ-200 передбачає молокоприймальний вузол, молочний насос, фільтр, автомат промивання і можливість групового обліку надоїв, що робить її придатною для поєднання з операціями первинної обробки молока [3].

З огляду на поголів'я 400 дійних корів приймаємо проектне рішення про використання двох комплектів доїльної установки УДМ-200. Таке рішення забезпечує відповідність продуктивності установки кількості тварин, дозволяє розділити ферму на два технологічні блоки по 200 корів і зменшує довжину молочних ліній у межах одного корівника.



Рисунок 2.1 – Технологічна схема доїльної установки УДМ-200

2.4 Постановка завдання на проектування

Відповідно до умов ферми основною задачею розділу є проектування технологічного процесу машинного доїння корів із використанням лінійної доїльної установки з молокопроводом та узгодженням її роботи з операціями первинної обробки молока. Проектне рішення повинно забезпечити доїння 400 дійних корів за дворазового режиму, своєчасне відведення молока в молочне відділення, очищення, пастеризацію, охолодження і зберігання продукту до подальшої реалізації або переробки.

У процесі проектування необхідно визначити кількість доїльних установок, кількість доїльних апаратів, потребу в операторах машинного доїння, тривалість одного доїння, продуктивність обладнання первинної обробки та місткість резервуарів для зберігання молока. При цьому слід враховувати, що обрана технічна схема має бути сумісною з прив'язним утриманням корів і не вимагати значної перебудови існуючих виробничих приміщень.

Завдання проектування полягає у формуванні такої технологічної лінії, в якій доїння, фільтрування, теплова обробка, охолодження та зберігання молока розглядаються як єдиний послідовний процес. Саме це дає змогу уникнути перевантаження молочного відділення, скоротити простої обладнання та забезпечити стабільну якість молочної сировини.

2.5 Розробка варіанту реалізації технологічного процесу

2.5.1 Схема реалізації процесу

Після аналізу існуючих способів організації доїння приймаємо технологічну схему доїння корів у стійлах з транспортуванням молока по молокопроводу. Такий варіант узгоджується з прив'язним способом утримання тварин, не потребує створення окремого доїльного залу та дозволяє використати наявну планувальну структуру корівників. Молоко від кожної корови через доїльний апарат і

молоковакуумний кран надходить у молокопровід, далі - в молокоприймальний вузол, після чого молочним насосом подається через фільтр, теплообмінник і резервуар-охолоджувач.

Процес доїння організовується в такій послідовності: підготовка доїльної установки до роботи, переддоїльне обполіскування молокопроводу, підготовка вимені, встановлення доїльних стаканів, машинне видоювання, зняття апарата, контроль якості молока, транспортування молока в молочне відділення, фільтрування, пастеризація, охолодження і зберігання. Після завершення доїння виконується циркуляційна промивка молочної лінії мийно-дезінфікуючим розчином.

Прийнята схема має поточковий характер. Це означає, що молоко не накопичується у відкритих проміжних ємностях, а переміщується закритою системою від тварини до обладнання первинної обробки. Такий підхід знижує ризик вторинного забруднення, полегшує санітарну обробку і створює передумови для стабільного температурного режиму подальшої теплової обробки.

2.5.2 Визначення кількості засобів механізації

Кількість доїльних установок визначаємо за поголів'ям дійних корів і кількістю тварин, яку може обслуговувати одна установка прийнятої марки. Для УДМ-200 розрахунковою місткістю приймаємо 200 корів [1].

$$z_{yc} = \frac{N_d}{m_y} = \frac{400}{200} = 2 \quad (2.5)$$

де z_{yc} - потрібна кількість доїльних установок, шт.; N_d - кількість дійних корів на фермі, гол.; m_y - кількість корів, що обслуговує одна установка за технічною характеристикою, гол.

Отже, для ферми на 400 дійних корів приймаємо дві доїльні установки УДМ-200, кожна з яких обслуговує технологічну групу приблизно 200 корів.

Кількість доїльних апаратів визначаємо за допустимою тривалістю доїння і середнім технологічним циклом обслуговування однієї корови одним апаратом. Для розрахунку приймаємо тривалість циклу 9 хв, що включає підготовку вимені, установлення стаканів, основне видоювання, машинне додоювання і зняття апарата. Допустиму тривалість одного доїння приймаємо 120 хв.

$$n_{\text{а.розр}} = \frac{N_{\text{д}} \cdot t_{\text{ц}}}{T_{\text{доп}}} = \frac{400 \cdot 9}{120} = 30 \quad (2.6)$$

де $n_{\text{а.розр}}$ - розрахункова кількість доїльних апаратів, шт.; $t_{\text{ц}}$ - тривалість технологічного циклу обслуговування однієї корови одним апаратом, хв; $T_{\text{доп}}$ - допустима тривалість одного доїння, хв.

Для забезпечення резерву продуктивності приймаємо по 16 доїльних апаратів у складі однієї установки. Загальна проектна кількість доїльних апаратів становить:

$$n_{\text{а.пр}} = z_{\text{ус}} \cdot n_{\text{а.у}} = 2 \cdot 16 = 32 \quad (2.7)$$

де $n_{\text{а.пр}}$ - прийнята проектна кількість доїльних апаратів, шт.; $n_{\text{а.у}}$ - кількість доїльних апаратів у складі однієї установки, шт.

Тривалість одного доїння за прийнятої кількості апаратів становитиме:

$$T_{\text{д}} = \frac{N_{\text{д}} \cdot t_{\text{ц}}}{n_{\text{а.пр}}} = \frac{400 \cdot 9}{32} = 112,5 \quad (2.8)$$

де $T_{\text{д}}$ - розрахункова тривалість одного доїння, хв; $N_{\text{д}}$ - кількість дійних корів, гол.; $t_{\text{ц}}$ - тривалість циклу роботи одного апарата, хв; $n_{\text{а.пр}}$ - прийнята кількість доїльних апаратів, шт.

Отримане значення не перевищує прийняту допустиму тривалість доїння 120 хв, тому прийнята кількість апаратів є достатньою. Кількість операторів машинного доїння визначаємо за нормою одночасного обслуговування чотирьох доїльних апаратів одним оператором:

$$n_{\text{оп}} = \frac{n_{\text{а.пр}}}{a_{\text{оп}}} = \frac{32}{4} = 8 \quad (2.9)$$

де $n_{\text{оп}}$ - кількість операторів машинного доїння, осіб; $a_{\text{оп}}$ - кількість доїльних апаратів, що одночасно обслуговує один оператор, шт.

За умови роботи двох установок по 16 апаратів кожна доцільно закріпити по чотири оператори за кожним технологічним блоком. Така організація дозволяє рівномірно виконувати підготовку вимені, підключення апаратів, контроль видоювання і санітарні операції після завершення доїння.

Продуктивність молочної лінії та обладнання первинної обробки визначаємо за кількістю молока, що надходить за одне доїння, і розрахунковою тривалістю цього доїння:

$$Q_{\text{м}} = \frac{M_{\text{раз}}}{T_{\text{д}}/60} = \frac{4340}{112,5/60} = 2314,7 \quad (2.10)$$

де $Q_{\text{м}}$ - середня годинна подача молока під час доїння, кг/год; $M_{\text{раз}}$ - обсяг молока за одне доїння, кг; $T_{\text{д}}$ - тривалість одного доїння, хв.

З урахуванням нерівномірності надходження молока і короткочасних пікових навантажень приймаємо коефіцієнт запасу 1,20. Розрахункова продуктивність обладнання первинної обробки повинна становити:

$$Q_{\text{об}} = K_{\text{з}} \cdot Q_{\text{м}} = 1,20 \cdot 2314,7 = 2777,6 \quad (2.11)$$

де $Q_{об}$ - потрібна продуктивність обладнання первинної обробки, кг/год; K_z - коефіцієнт запасу продуктивності; Q_m - середня годинна подача молока під час доїння, кг/год.

Кількість обладнання безперервної дії для фільтрування, перекачування та охолодження визначаємо за відношенням потрібної продуктивності до паспортної продуктивності однієї машини:

$$n_i = \frac{Q_{об}}{Q_i} \quad (2.12)$$

де n_i - кількість одиниць обладнання i -го виду, шт.; Q_i - паспортна продуктивність однієї одиниці обладнання i -го виду, кг/год.

Для лінії первинної обробки приймаємо молочний фільтр і пластинчастий охолоджувач продуктивністю не менше 3000 кг/год, що перевищує розрахункову потребу 2777,6 кг/год. Таким чином, за формулою (2.12) достатньо одного фільтра та одного пластинчастого охолоджувача. Для перекачування молока приймаємо один робочий молочний насос із продуктивністю не менше 3000 кг/год; резервний насос доцільно передбачити як елемент надійності, але в розрахункову кількість основного обладнання він не включається.

Кількість пастеризаторів визначаємо за добовим обсягом молока, паспортною продуктивністю пастеризаційної установки, тривалістю роботи лінії теплової обробки та коефіцієнтом використання часу. Приймаємо продуктивність пастеризатора 2500 кг/год, тривалість роботи пастеризаційної лінії 5 год на добу, коефіцієнт використання часу 0,85.

$$n_p = \frac{8680}{2500 \cdot 5 \cdot 0,85} = 0,82 \approx 1 \quad (2.13)$$

де n_p - кількість пастеризаторів, шт.; Q_p - продуктивність пастеризатора, кг/год; T_p - тривалість роботи пастеризаційної лінії за добу, год; η_v - коефіцієнт використання робочого часу.

Місткість резервуарів для зберігання визначаємо за добовою кількістю молока з урахуванням запасу місткості. Для молока приймаємо густину 1030 кг/м^3 , коефіцієнт запасу місткості - 1,10.

$$V_{зб} = \frac{M_{доб} \cdot K_{зб}}{\rho_m} = \frac{8680 \cdot 1,10}{1030} = 9,27 \quad (2.14)$$

де $V_{зб}$ - потрібна місткість резервуарів для зберігання молока, м^3 ; $K_{зб}$ - коефіцієнт запасу місткості; ρ_m - густина молока, кг/м^3 .

Якщо прийняти резервуар-охолоджувач місткістю 5 м^3 , кількість резервуарів становитиме:

$$n_t = \frac{V_{зб}}{V_t} = \frac{9,27}{5,0} = 1,85 \approx 2 \quad (2.15)$$

де n_t - кількість резервуарів-охолоджувачів, шт.; V_t - місткість одного резервуара, м^3 .

Отже, для зберігання добового обсягу молока доцільно передбачити два резервуари-охолоджувачі місткістю по 5 м^3 . Таке рішення зручне з експлуатаційної точки зору, оскільки дозволяє розділяти партії молока, проводити миття одного резервуара без повної зупинки молочного відділення та підтримувати нижчі ризики втрат продукту.

За результатами розрахунку технологічна лінія доїння повинна включати дві доїльні установки УДМ-200, 32 доїльні апарати, вісім операторів машинного доїння, молочний фільтр продуктивністю не менше 3000 кг/год , пластинчастий охолоджувач аналогічної продуктивності, пастеризатор продуктивністю 2500 кг/год та два резервуари-охолоджувачі місткістю по 5 м^3 . Прийняте компонування забезпечує доїння всього стада за $112,5 \text{ хв}$, тобто в межах допустимої тривалості одного доїння.

Таблиця 2.2 – Результати підбору основного обладнання технологічної лінії

Найменування обладнання	Розрахунковий показник	Прийнята про-дуктивність або місткість	Кіль-кість	Примітка
Доїльна устано-вка УДМ-200	400 гол. / 200 гол.	200 гол. на одну установку	2	Для двох технологічних блоків
Доїльні апарати	30 апаратів за ро-зрахунком	16 апаратів на одну установку	32	Прийнято з резервом
Оператори ма-шинного доїння	32 апарати / 4 апарати на опера-тора	-	8	По 4 оператори на одну установку
Молочний фільтр	2777,6 кг/год	3000 кг/год	1	Для потоку молока після насоса
Пластинчастий охолоджувач	2777,6 кг/год	3000 кг/год	1	До резервуарів-охоло-джувачів
Пастеризатор молока	8680 кг/добу	2500 кг/год	1	За 5 год роботи лінії
Резервуар-охо-лоджувач	9,27 м ³	5 м ³	2	Сумарна місткість 10 м ³

2.6 Висновки

У другому розділі розроблено проект технологічного процесу доїння корів для молочно-товарної ферми з прив'язним утриманням 400 дійних корів. Обґрунтовано доцільність застосування лінійної доїльної установки з молокопроводом, оскільки вона відповідає існуючому способу утримання тварин і не потребує значної реконструкції корівників.

Для заміни фізично зношеної установки АДМ-8А обрано установку УДМ-200, яка призначена для механізованого доїння, транспортування молока в молочне відділення, групового обліку та автоматизованого промивання молочної лінії. З урахуванням поголів'я 400 корів прийнято дві установки УДМ-200.

Розрахунками встановлено, що при прийнятій кількості 32 доїльних апаратів тривалість одного доїння становить 112,5 хв, що не перевищує допустимого значення 120 хв. Для обслуговування прийнятої кількості апаратів необхідно передбачити вісім операторів машинного доїння.

Добовий обсяг молока становить 8680 кг, а обсяг молока за одне доїння - 4340 кг. Для забезпечення безперервної первинної обробки молока розрахункова продуктивність обладнання прийнята на рівні 2777,6 кг/год. За цим показником підібрано молочний фільтр, пластинчастий охолоджувач, пастеризатор і резервуари-охолоджувачі.

Запропонована технологічна лінія забезпечує послідовне виконання операцій доїння, фільтрування, пастеризації, охолодження та зберігання молока, що створює передумови для підвищення якості молочної сировини, зменшення ручної праці та покращення санітарного стану виробництва.

3 Удосконалення пастеризатора ОПД-1М

3.1 Обґрунтування важливості питання

Теплова обробка молока є однією з основних операцій первинної переробки, оскільки вона безпосередньо впливає на санітарну безпечність продукту, стабільність його зберігання та придатність до подальшого використання у виробництві молочних продуктів. На молочно-товарних фермах пастеризацію доцільно розглядати не лише як окремий тепловий процес, а як частину загальної лінії одержання, очищення, охолодження і зберігання молока. Тому якість роботи пастеризатора повинна оцінюватися за температурною стабільністю, продуктивністю, витратами пари, рівномірністю прогрівання молочного шару, можливістю санітарного обслуговування та надійністю регулювання режиму.

Пастеризатор ОПД-1М належить до апаратів проточного типу з паровим нагріванням і двостороннім підведенням теплоти. За типовими технічними даними він призначений для теплової пастеризації молока та вершків, має продуктивність під час нагрівання молока від 5 до 85 °С близько 2100 л/год, робочий тиск пари близько 30 кПа, частоту обертання витискувального барабана 366 хв⁻¹ і потужність приводу 1,7 кВт [1, 2]. Такі показники роблять установку придатною для використання у складі фермерської або навчально-виробничої лінії, однак конструкція потребує удосконалення з огляду на сучасні вимоги до енергоощадності та автоматизації.

Особливістю пастеризатора ОПД-1М є проходження молока тонким шаром у кільцевому зазорі між молочною ванною та витискувальним барабаном. Нагрівання здійснюється від парової камери і внутрішньої порожнини барабана, а інтенсивність теплопередачі залежить від стабільності подачі молока, режиму обертання барабана, стану поверхонь теплообміну, відведення конденсату та точності регулювання подачі пари [2, 3]. У разі нерівномірного руху продукту можливе локальне перегрівання, погіршення смаку, утворення пригару на поверхні теплообміну або недостатній прогрів частини потоку.

Актуальність удосконалення полягає в тому, що базова конструкція забезпечує необхідний тепловий вплив, але має обмежені можливості автоматичного підтримання температури та зниження непродуктивних теплових втрат. Для умов господарства, де важливими є стабільна якість молока та економія енергоресурсів, доцільно передбачити конструктивні зміни, які не потребують повної заміни машини, але підвищують ефективність її роботи.

3.2 Стан питання і постановка завдання

Конструктивно пастеризатор ОПД-1М складається з корпусу, молочної ванни, витискувального барабана, приймальної камери або лійки, парової камери, паропроводів, трубопроводів відведення конденсату, запобіжного клапана, вертикального вала, триходового крана та приводу. Барабан і молочна ванна мають форму зрізаного конуса, а величина робочого зазору між ними становить приблизно 5 мм. На боковій поверхні барабана встановлені спіральні виступи, які під час обертання інтенсифікують переміщення молока [2, 3].

Під час роботи молоко надходить у приймальну камеру, заповнює нижню частину простору між барабаном і ванною, захоплюється обертовим барабаном та під дією відцентрової сили притискається до нагрівальної поверхні. Далі продукт переміщується вгору тонким шаром, нагрівається до заданої температури і відводиться через вихідний патрубок. Температуру контролюють термометром, а регулювання здійснюють зміною подачі пари та часу перебування молока в апараті. Якщо температура нижча від заданої, потік може бути спрямований на повторну пастеризацію через триходовий кран [2].

Для базового варіанта основними недоліками є залежність температурного режиму від дій оператора, відсутність точного автоматичного регулювання подачі пари, тепловтрати з поверхні корпусу і трубопроводів, недостатня контрольованість часу перебування продукту після досягнення температури пастеризації та ризик утворення відкладень на теплообмінних поверхнях. Вказані недоліки

не знижують працездатність пастеризатора, але обмежують його ефективність у сучасній технологічній лінії.

Завданням розділу є розроблення конструктивного варіанта удосконалення пастеризатора ОПД-1М, який забезпечує стабілізацію температури пастеризації, зменшення непродуктивних теплових втрат, підвищення контрольованості часу теплового впливу на молоко та покращення умов санітарної обробки. При цьому запропоновані зміни повинні бути придатними для впровадження на базовій машині без повної заміни її основних вузлів.

3.3 Розробка варіанту удосконалення

Як варіант удосконалення пропонується модернізувати пастеризатор ОПД-1М за чотирма взаємопов'язаними напрямками: автоматизація регулювання подачі пари, введення витримувальної трубки після виходу продукту з робочої зони, теплоізоляція корпусу та паропроводів, а також покращення стабільності руху молока в кільцевому зазорі між ванною та витискувальним барабаном.

Першим елементом удосконалення є встановлення датчика температури на виході пастеризованого молока, електронного регулятора та електромагнітного або електропривідного регулювального клапана на паропроводі. За такої схеми подача пари змінюється не вручну, а автоматично залежно від фактичної температури продукту. Якщо температура нижча від заданої, регулятор збільшує відкриття клапана, а при перевищенні заданого значення зменшує подачу пари. Додатково передбачається сигналізація недогрівання та автоматичне повернення потоку на повторну пастеризацію.

Другим елементом є встановлення витримувальної трубки після вихідного патрубку пастеризатора. Вона призначена для забезпечення заданого часу перебування молока при температурі пастеризації перед подальшим охолодженням або подачею в резервуар. У базовому апараті молоко нагрівається в потоці, але

час теплового впливу після досягнення необхідної температури є менш контрольованим. Витримувальна трубка дозволяє зробити процес більш керованим та наблизити його до вимог короткочасної пастеризації.

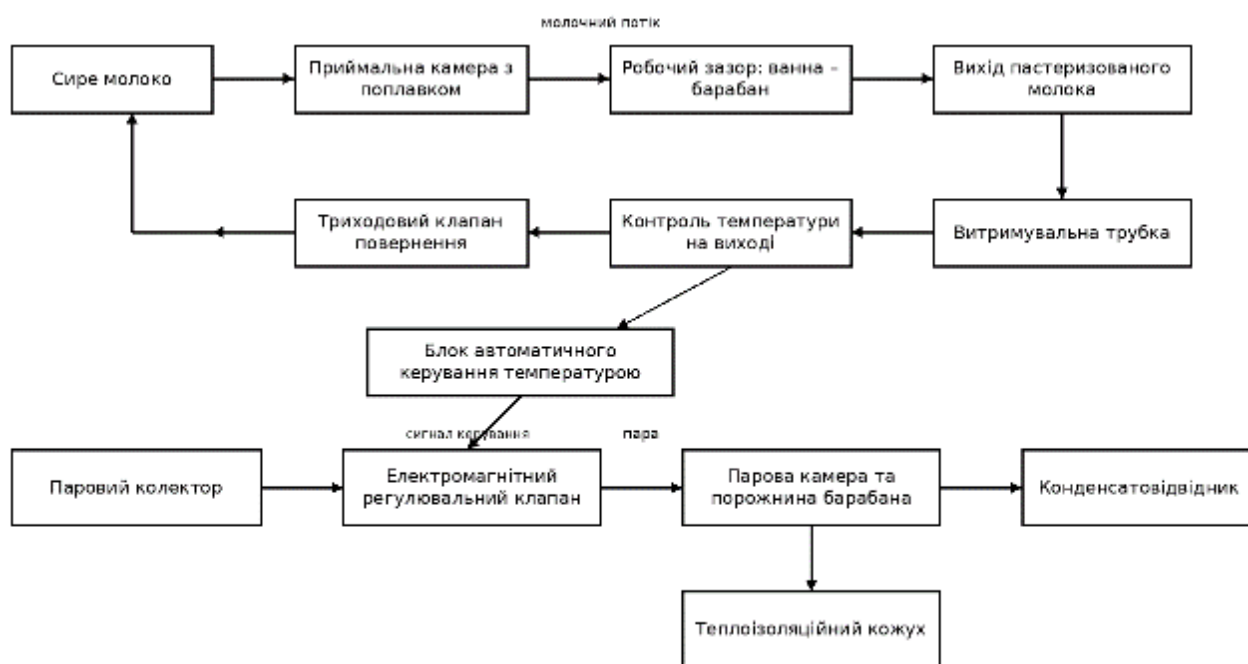
Третім елементом є теплоізоляційний кожух, який встановлюється на зовнішню поверхню корпусу, а також ізоляція ділянок паропроводу та конденсатопроводу. Доцільним матеріалом є мінераловатний або базальтовий теплоізоляційний шар у металевій оболонці. Таке рішення зменшує втрати теплоти в навколишнє середовище, покращує умови праці оператора та знижує ризик опіків.

Четвертим елементом є уточнення конструкції спіральних виступів на витискувальному барабані. Пропонується застосувати змінні або відновлювані на прямні виступи з плавним профілем, які забезпечують рівномірніше переміщення тонкого шару молока по нагрівальній поверхні. Це не змінює принцип дії пастеризатора, але сприяє зменшенню застійних зон і покращенню тепловіддачі від стінки до продукту.

Таблиця 3.1 – Недоліки базового пастеризатора та напрями удосконалення

Недолік базової конструкції	Запропоноване удосконалення	Очікуваний результат
Ручне регулювання подачі пари	Датчик температури, регулятор і керований паровий клапан	Стабільніша температура пастеризації
Невизначений час перебування після нагрівання	Витримувальна трубка після виходу молока	Контрольований тепловий вплив на продукт
Тепловтрати з корпусу та трубопроводів	Теплоізоляційний кожух і ізоляція паролінії	Зменшення витрат пари та підвищення безпеки

Можливість нерівномірного руху молочного шару	Змінні спіральні виступи плавного профілю	Покращення перемішування і зменшення пригару
Накопичення конденсату у паровій зоні	Покращене конденсатовідведення	Стабільніші умови теплообміну



Основні доповнення: автоматичне регулювання пари, витримувальна трубка, теплоізоляція та стабілізація відведення конденсату

Рисунок 3.2 – Структурна схема удосконаленого пастеризатора ОПД-1М

3.4 Розрахунок параметрів удосконалення

Розрахунок параметрів удосконалення виконано для режиму пастеризації молока з початковою температурою 5 °С і кінцевою температурою 85 °С. Продуктивність базового пастеризатора прийнято 2100 л/год, що відповідає типовим технічним характеристикам ОПД-1М[1, 2].

Таблиця 3.2 – Вихідні дані для розрахунку параметрів удосконалення

Показник	Позначення	Значення
Продуктивність за молоком	q_p	2,1 м ³ /год
Густина молока	ρ_m	1030 кг/м ³
Питома теплоємність молока	c_m	3,90 кДж/(кг·К)
Початкова температура молока	t_0	5 °С
Температура пастеризації	t_p	85 °С
Температура конденсації пари	t_c	107 °С
Питома теплота пароутворення	r_p	2250 кДж/кг
Прийнятий діаметр витримувальної трубки	d_b	0,05 м
Прийнятий час витримування	τ_b	20 с

Масова витрата молока визначається за формулою

$$G_m = \frac{\rho_m q_p}{3600} \quad (3.1)$$

де G_m – масова витрата молока, кг/с; ρ_m – густина молока, кг/м³; q_p – продуктивність пастеризатора за молоком, м³/год.

Підставивши прийняті вихідні дані, отримуємо $G_m = 0.601$ кг/с.

Необхідний тепловий потік на нагрівання молока визначається за залежністю

$$Q_n = G_m c_m (t_p - t_0) \quad (3.2)$$

де Q_n – тепловий потік, необхідний для нагрівання молока, Вт; c_m – питома теплоємність молока, Дж/(кг·К); t_p – температура пастеризації, °С; t_0 – початкова температура молока, °С.

За розрахунком $Q_H = 187.5$ кВт. Це значення характеризує корисну теплоту, яка повинна бути передана молоку під час проходження через робочу зону пастеризатора.

Витрата пари на нагрівання молока визначається з урахуванням ефективності використання теплоти пари

$$B_{\Pi} = \frac{Q_H 3600}{\eta_T r_{\Pi}} \quad (3.3)$$

де B_{Π} – витрата пари, кг/год; η_T – коефіцієнт використання теплоти пари; r_{Π} – питома теплота конденсації пари, кДж/кг.

Для базового варіанта при $\eta_T = 0.935$ розрахункова витрата пари становить $B_{\Pi.б} = 320.8$ кг/год, що практично відповідає типовій паспортній витраті 320 кг/год. Для удосконаленого варіанта за рахунок теплоізоляції, стабільнішого конденсатовідведення та автоматичного регулювання прийнято $\eta_T = 0.980$; тоді $B_{\Pi.у} = 306.1$ кг/год.

Середній температурний напір при нагріванні молока конденсуючою парою визначаємо як логарифмічно середню різницю температур

$$\Delta t_{\text{сер}} = \frac{(t_c - t_0) - (t_c - t_{\Pi})}{\ln \frac{t_c - t_0}{t_c - t_{\Pi}}} \quad (3.4)$$

де $\Delta t_{\text{сер}}$ – середній логарифмічний температурний напір, К; t_c – температура конденсації пари, °С.

Для прийнятих температур $\Delta t_{\text{сер}} = 52.2$ К.

Необхідна поверхня теплообміну визначається за рівнянням теплопередачі

$$F_p = \frac{Q_H}{k \Delta t_{\text{сер}}} \quad (3.5)$$

де F_p – розрахункова поверхня теплообміну, m^2 ; k – коефіцієнт теплопередачі, $Вт/(m^2 \cdot K)$.

При $k = 3000 \text{ Вт}/(m^2 \cdot K)$ розрахункова поверхня теплообміну становить $F_p = 1.20 \text{ м}^2$. Отримане значення узгоджується з типовою площею поверхні нагрівання пастеризатора ОПД-1М, що підтверджує достатність базового теплообмінного вузла для заданої продуктивності [1].

Об'єм витримувальної трубки визначається за заданим часом перебування молока

$$V_B = q_v \tau_B \quad (3.6)$$

де V_B – робочий об'єм витримувальної трубки, m^3 ; q_v – об'ємна витрата молока, m^3/c ; τ_B – час витримування молока, c .

За продуктивності $2,1 \text{ м}^3/\text{год}$ об'ємна витрата становить $q_v = 0.000583 \text{ м}^3/c$. При $\tau_B = 20 \text{ с}$ потрібний об'єм витримувальної трубки $V_B = 0.0117 \text{ м}^3$.

Довжина витримувальної трубки круглого перерізу визначається за формулою

$$L_B = \frac{4V_B}{\pi d_B^2} \quad (3.7)$$

де L_B – довжина витримувальної трубки, m ; d_B – внутрішній діаметр витримувальної трубки, m .

При $d_B = 0.05 \text{ м}$ розрахункова довжина трубки становить $L_B = 5.94 \text{ м}$. Конструктивно приймаємо $L_B = 6,0 \text{ м}$ із виконанням у вигляді компактного змійовика з нержавіючої труби.

Швидкість руху молока у витримувальній трубці визначається за рівнянням

$$v_B = \frac{4q_v}{\pi d_B^2} \quad (3.8)$$

де v_B – середня швидкість руху молока у трубці, м/с.

Середня швидкість молока у трубці становить $v_B = 0.30$ м/с, що є прийнятним для санітарної трубопроводної лінії і не створює надмірного механічного впливу на продукт.

Розрахункова товщина теплоізоляції за обмеженням допустимих тепловтрат визначається за залежністю

$$\delta_{iz} = \frac{\lambda_{iz} F_o (t_{пк} - t_a)}{Q_{доп}} \quad (3.9)$$

де δ_{iz} – товщина теплоізоляційного шару, м; λ_{iz} – коефіцієнт теплопровідності ізоляції, Вт/(м·К); F_o – зовнішня поверхня ізольованої частини апарата, м²; $t_{пк}$ – температура поверхні парової камери, °С; t_a – температура повітря в приміщенні, °С; $Q_{доп}$ – допустимі тепловтрати, Вт.

При $\lambda_{iz} = 0.045$ Вт/(м·К), $F_o = 3.0$ м², $t_{пк} = 95$ °С, $t_a = 20$ °С і $Q_{доп} = 0,35$ кВт отримуємо $\delta_{iz} = 28.9$ мм. Конструктивно приймаємо стандартну товщину теплоізоляції 30 мм.

Фактичні тепловтрати через прийнятий теплоізоляційний шар визначаються за формулою

$$Q_{вт} = \frac{\lambda_{iz} F_o (t_{пк} - t_a)}{\delta_{iz}} \quad (3.10)$$

де $Q_{вт}$ – тепловтрати через ізольовану поверхню, Вт.

Для прийнятого шару $\delta_{iz} = 30$ мм фактичні тепловтрати становлять близько $Q_{вт} = 0.34$ кВт, тобто вони є малими порівняно з корисним тепловим потоком на нагрівання молока.

Економія пари від удосконалення визначається як різниця між витратою пари у базовому та удосконаленому варіантах

$$\Delta B_{\text{п}} = B_{\text{п.б}} - B_{\text{п.у}} \quad (3.11)$$

де $\Delta B_{\text{п}}$ – економія пари, кг/год; $B_{\text{п.б}}$ – витрата пари у базовому варіанті, кг/год; $B_{\text{п.у}}$ – витрата пари в удосконаленому варіанті, кг/год.

За прийнятими умовами $\Delta B_{\text{п}} = 14.7$ кг/год.

Відносне зменшення витрати пари визначається за формулою

$$E_{\text{п}} = \frac{\Delta B_{\text{п}}}{B_{\text{п.б}}} 100 \quad (3.12)$$

де $E_{\text{п}}$ – відносне зменшення витрати пари, %.

Відносне зменшення витрати пари становить $E_{\text{п}} = 4.6$ %. Отриманий результат є орієнтовним, але показує, що навіть без повної заміни пастеризатора можна зменшити непродуктивні втрати теплоти та підвищити стабільність роботи обладнання.

Таблиця 3.3 – Основні результати розрахунку параметрів удосконалення

Показник	Розрахункове значення	Прийняте конструктивне значення
Масова витрата молока $G_{\text{м}}$	0.601 кг/с	0,60 кг/с
Корисний тепловий потік $Q_{\text{н}}$	187.5 кВт	188 кВт
Середній температурний напір $\Delta t_{\text{сер}}$	52.2 К	52 К
Потрібна поверхня теплообміну $F_{\text{р}}$	1.20 м ²	1,2 м ²
Довжина витримувальної трубки $L_{\text{в}}$	5.94 м	6,0 м

Показник	Розрахункове значення	Прийняте конструктивне значення
Товщина теплоізоляції δ_{iz}	28.9 мм	30 мм
Витрата пари базового варіанта Вп.б	320.8 кг/год	320 кг/год
Витрата пари удосконаленого варіанта Вп.у	306.1 кг/год	306 кг/год
Відносне зменшення витрати пари Еп	4.6 %	4,5 %

3.5 Робота удосконаленого пастеризатора

Перед початком роботи удосконалений пастеризатор промивають, перевіряють справність запобіжного клапана, конденсатовідвідника, парового регулювального клапана, датчика температури та триходового клапана повернення потоку. Після цього вмикають привід витискувального барабана, відкривають подачу пари і прогрівають апарат до робочого стану.

Сире молоко надходить у приймальну камеру з підтриманням постійного рівня. Далі воно потрапляє в нижню частину кільцевого зазору між молочною ванною і витискувальним барабаном. Під час обертання барабана молоко переміщується тонким шаром уздовж нагрівальної поверхні. Спиральні виступи на барабані забезпечують інтенсивніше перемішування шару, зменшують імовірність утворення застійних зон і сприяють рівномірнішому нагріванню продукту.

Подача пари до парової камери регулюється автоматично за сигналом датчика температури, встановленого на виході пастеризованого молока. Якщо температура продукту нижча від заданої, регулятор збільшує відкриття парового клапана. Якщо температура перевищує задану, подача пари зменшується. Такий режим знижує залежність процесу від дій оператора і запобігає як недогріванню, так і надмірному перегріванню молока.

Після виходу з пастеризатора молоко проходить через витримувальну трубку. Її об'єм забезпечує перебування продукту при температурі пастеризації протягом заданого часу. У разі зниження температури нижче допустимого значення триходовий клапан спрямовує потік на повторну пастеризацію, а оператор отримує відповідний сигнал. Після завершення теплової обробки молоко направляється на охолодження або в резервуар для короткочасного зберігання.

Теплоізоляційний кожух зменшує втрати теплоти з корпусу і підвищує безпеку обслуговування. Стабільне відведення конденсату забезпечує ефективне використання теплоти пари і зменшує коливання температури в робочій зоні. Після закінчення роботи апарат переводять у режим санітарної обробки: залишки продукту зливають, систему промивають водою, далі подають мийний розчин із підігріванням, після чого пастеризатор ополіскують чистою водою.

3.6 Висновки

У розділі проаналізовано конструкцію і роботу пастеризатора ОПД-1М та встановлено, що основними напрямками його удосконалення є стабілізація температурного режиму, зменшення тепловтрат, покращення контрольованості часу теплового впливу на молоко та підвищення рівномірності переміщення продукту в робочому зазорі.

Запропоновано конструктивний варіант удосконалення, який включає встановлення датчика температури, автоматичного регулятора і керованого парового клапана, витримувальної трубки довжиною 6,0 м, теплоізоляційного кожуха товщиною 30 мм, покращеного конденсатовідведення та змінних спіральних виступів на витискувальному барабані.

Розрахунками встановлено, що для продуктивності 2,1 м³/год необхідний корисний тепловий потік становить близько 188 кВт, а розрахункова поверхня теплообміну дорівнює 1,20 м². Це підтверджує достатність базової теплообмінної поверхні ОПД-1М за умови забезпечення якісного відведення конденсату та стабільного підведення пари.

Витрата пари у базовому варіанті становить близько 321 кг/год, а після удосконалення може бути знижена до 306 кг/год. Очікуване відносне зменшення витрати пари становить близько 4.6 %, що досягається переважно за рахунок зменшення непродуктивних теплових втрат і точнішого регулювання процесу.

Удосконалений пастеризатор зберігає принцип дії базової машини, не потребує радикальної перебудови конструкції та може бути впроваджений у технологічну лінію первинної обробки молока як енергоощадний і більш керований варіант обладнання.

4 Охорона праці

4.1 Загальні вимоги охорони праці при обробці молока

Охорона праці під час обробки молока є обов'язковою складовою організацій технологічного процесу на молочно-товарній фермі або у молочному відділенні. Процеси приймання, очищення, пастеризації, охолодження і тимчасового зберігання молока пов'язані з одночасною дією декількох груп небезпечних і шкідливих виробничих факторів: підвищеної температури поверхонь і теплоносія, наявності пари та гарячої води, електричного обладнання у вологому середовищі, рухомих частин насосів і приводів, можливості розбризкування гарячого молока або мийних розчинів, слизьких підлог, підвищеної вологості та санітарно-гігієнічних вимог до харчового виробництва. Тому безпечна експлуатація пастеризатора повинна розглядатися не як окрема дія оператора, а як система організаційних, технічних, санітарних і профілактичних заходів.

Правовою основою організації безпечних умов праці є Закон України «Про охорону праці», який визначає загальні принципи реалізації права працівників на безпечні та нешкідливі умови праці, а також обов'язки роботодавця щодо створення відповідної системи управління охороною праці на підприємстві [1]. У практичному відношенні це означає, що робоче місце оператора пастеризатора має бути забезпечене справним обладнанням, необхідними захисними пристроями, засобами індивідуального захисту, технологічними інструкціями, первинними засобами пожежогасіння, справною вентиляцією, освітленням і санітарно-побутовими умовами.

До виконання робіт з обслуговування пастеризатора допускаються працівники, які пройшли професійну підготовку, вступний і первинний інструктаж, навчання та перевірку знань з питань охорони праці відповідно до чинного Типового положення про навчання і перевірку знань з питань охорони праці [2]. Оператор повинен знати будову пастеризатора, порядок пуску і зупинки, приз-

начення запірної арматури, манометрів, термометрів, датчиків температури, сигнальних пристроїв, а також послідовність дій у разі відхилення режиму пастеризації від установлених параметрів.

Вимоги до створення безпечних і нешкідливих умов праці на робочих місцях визначаються загальними вимогами щодо забезпечення роботодавцями охорони праці працівників [3]. Для молочного відділення це передбачає раціональне розміщення обладнання, наявність вільних проходів до пастеризатора, насосів, електрощита, водопровідної та парової арматури, відсутність сторонніх предметів у робочій зоні, захист рухомих частин приводів, справність огорожень і неможливість випадкового контакту працівника з гарячими або рухомими елементами.

Пастеризатор ОПД-1М належить до обладнання, у роботі якого використовуються теплота, вода, пара, електричний привід, насосне обладнання та трубопровідна арматура. У зв'язку з цим особливу увагу необхідно приділяти справності теплоізоляції, паро- і молокопроводів, ущільнень, зливних кранів, запірних вентилів і контрольно-вимірювальних приладів. У разі експлуатації елементів, що підпадають під сферу дії правил для обладнання під тиском, необхідно виконувати вимоги відповідних правил охорони праці під час експлуатації такого обладнання [4]. Не допускається робота пастеризатора за несправних манометрів, відсутності пломб або повірки на вимірювальних приладах, витоку пари, деформації трубопроводів, пошкодження ізоляції чи самовільного блокування запобіжних пристроїв.

Оскільки пастеризатор має електропривід і працює у вологому виробничому середовищі, значну небезпеку становить ураження електричним струмом. Електрична частина установки повинна мати справне захисне заземлення, цілісну ізоляцію кабелів, надійне кріплення кришок клемних коробок, справні пускові й захисні апарати. Обслуговування електричної частини, ремонт електропроводки, заміна запобіжників або втручання в електрощит допускаються лише працівниками, які мають відповідну кваліфікацію з електробезпеки. Ці вимоги

узгоджуються з правилами безпечної експлуатації електроустановок споживачів [5].

При тепловій обробці молока основними фізичними небезпеками є опіки гарячим молоком, парою, конденсатом, гарячою водою або нагрітими металевими поверхнями. Небезпечними зонами є парові вентилі, теплообмінні секції, кришки, зливні патрубки, місця приєднання шлангів, дренажні лінії та ділянки, де можливе раптове скидання тиску або викид рідини. Для зменшення ризику опіків гарячі поверхні повинні бути теплоізовані або позначені попереджувальними знаками, а відкривання запірної арматури повинно виконуватися плавно, без різких рухів і без перебування оператора навпроти напрямку можливого викиду рідини або пари.

Санітарна складова безпеки має подвійне значення: вона захищає не лише споживача молочної продукції, а й працівника, який контактує з молоком, мийними засобами та робочими поверхнями обладнання. Законодавство України про безпечність і якість харчових продуктів встановлює вимоги до гігієни виробництва, простежуваності та запобігання потраплянню небезпечних чинників у харчові продукти [7]. Тому під час обробки молока необхідно дотримуватися правил особистої гігієни, працювати у чистому санітарному одязі, не допускати потрапляння сторонніх предметів у відкриті ємності, а також своєчасно проводити миття і санітарну обробку обладнання.

У процесі миття пастеризатора, молокопроводів, насосів і резервуарів використовуються лужні, кислотні або комбіновані мийно-дезінфекційні засоби. Вони можуть спричиняти хімічні опіки шкіри та слизових оболонок, подразнення дихальних шляхів і пошкодження очей. Тому при приготуванні, перекачуванні або зливі мийних розчинів оператор повинен користуватися захисними рукавицями, фартухом, окулярами або захисним щитком, а також не змішувати хімічні засоби без технологічної необхідності та інструкції виробника. Ємності з концентратами повинні мати чітке маркування, зберігатися у відведеному місці та бути недоступними для сторонніх осіб.

Виробниче приміщення для обробки молока має бути обладнане припливно-витяжною вентиляцією, достатнім природним або штучним освітленням, водопостачанням, каналізацією і трапами для відведення стічних вод. Підлога повинна бути неслизькою, вологостійкою, без вибоїн і різких перепадів висоти, з ухилом у бік водовідвідних лотків. Мікроклімат виробничих приміщень, включаючи температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря, повинен відповідати санітарним нормам мікроклімату виробничих приміщень [8]. Для пастеризаційного відділення це особливо важливо, оскільки тепло від обладнання, пара і висока вологість можуть підвищувати теплове навантаження на організм оператора.

Пожежна безпека під час обробки молока забезпечується справністю електрообладнання, дотриманням правил експлуатації електромережі, недопущенням перевантаження розеток і пускових пристроїв, своєчасним очищенням приміщення, доступністю евакуаційних виходів і наявністю первинних засобів пожежогасіння. Організаційні та технічні заходи повинні відповідати Правилам пожежної безпеки в Україні [6]. Біля електрощита, пастеризатора та в зоні зберігання мийних засобів мають бути розміщені знаки безпеки, а персонал повинен знати місце знаходження вогнегасника, порядок знеструмлення обладнання і шлях евакуації.

З урахуванням загальних вимог Європейського Союзу до гігієни харчових продуктів, технологічний процес обробки молока доцільно організовувати за принципами запобігання забрудненню на всіх етапах виробництва, переробки та обігу харчових продуктів [9]. Для молока як продукту тваринного походження особливо важливими є специфічні гігієнічні вимоги до сировини, обладнання, виробничих приміщень і процедур поводження з продуктом [10]. У дипломному проєкті ці вимоги враховуються через передбачення очищення, пастеризації, охолодження, санітарної обробки обладнання та контролю режимних параметрів процесу.

Основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які можуть діяти на оператора пастеризатора під час обробки молока, а також відповідні заходи запобігання наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Небезпечні та шкідливі виробничі фактори під час обробки молока

Виробничий фактор	Джерело виникнення	Можливі наслідки	Заходи запобігання
Підвищена температура та пара	Парові комунікації, теплообмінні поверхні, гаряче молоко, конденсат	Опіки шкіри, травмування очей, теплове перевантаження	Теплоізоляція поверхонь, справна арматура, плавне відкривання вентилів, захисні рукавиці, окуляри, попереджувальні знаки
Електричний струм	Електродвигун, пускова апаратура, кабелі, електрощит у вологому середовищі	Ураження електричним струмом, коротке замикання, пожежа	Заземлення, справна ізоляція, захисні апарати, заборона самовільного ремонту електричної частини
Рухомі частини машин	Привід пастеризатора, насос, муфти, вентилятори, механізми переміщення	Затягування одягу, забої, порізи, травмування кистей рук	Огородження приводів, робота у застібнутому спецодязі, заборона очищення і ремонту під час роботи
Слизька підлога і волога	Проливи молока, води, конденсату, мийних розчинів	Падіння, забої, розтягнення, травмування	Неслизьке покриття, своєчасне прибирання, справні трапи, використання взуття з протиковзкою підошвою
Хімічні речовини	Лужні та кислотні мийні засоби, дезінфектанти	Хімічні опіки, подразнення шкіри, очей і органів дихання	Маркування тари, приготування розчинів за інструкцією, рукавиці, фартух, окуляри, вентиляція
Біологічний фактор	Сире молоко, залишки органічних речовин, забруднене обладнання	Контамінація продукту, ризик контакту з мікрофлорою	Санітарний одяг, миття рук, фільтрування, пастеризація, санітарна обробка обладнання

Таким чином, безпека процесу обробки молока забезпечується поєднанням технічних заходів, організаційної дисципліни, санітарної культури виробництва та постійного контролю справності обладнання. Найбільш ефективним є такий підхід, коли оператор не лише виконує окремі прийоми безпечної роботи, а й

розуміє технологічну логіку процесу пастеризації, причини можливих відмов і наслідки порушення температурного, санітарного або гідравлічного режиму.

4.2 Інструкція з охорони праці для оператора пастеризатора

Ця інструкція встановлює основні вимоги охорони праці для оператора, який обслуговує пастеризатор молока ОПД-1М або аналогічне обладнання теплової обробки молока. Інструкція може використовуватися як проєкт локального документа підприємства з подальшим уточненням відповідно до конкретного технологічного обладнання, схеми підведення пари, гарячої води, електроживлення, мийної станції та планування виробничого приміщення.

1. Загальні вимоги безпеки

1.1. До роботи оператором пастеризатора допускається особа не молодша встановленого законодавством віку, яка пройшла медичний огляд у випадках, передбачених законодавством, професійну підготовку, вступний інструктаж, первинний інструктаж на робочому місці, навчання безпечним методам праці та перевірку знань з питань охорони праці.

1.2. Оператор повинен знати технологічну схему обробки молока, будову пастеризатора, порядок роботи молочного насоса, систему подачі пари або гарячої води, порядок охолодження, схему зливу продукту та мийних розчинів, а також розташування запірної арматури, аварійного вимикача і первинних засобів пожежогасіння.

1.3. Під час роботи оператор зобов'язаний користуватися санітарним і спеціальним одягом: халатом або костюмом, головним убором, водостійким фартухом за необхідності, рукавицями для роботи з гарячими поверхнями або мийними засобами, захисними окулярами під час приготування та зливу мийних розчинів, а також взуттям із неслизькою підошвою.

1.4. Працівник повинен виконувати лише ту роботу, яка йому доручена та для якої він пройшов інструктаж. Самовільне переналагодження електричної частини, демонтаж захисних кожухів, блокування запобіжних пристроїв, зміна

схеми підведення пари або використання пастеризатора не за призначенням забороняються.

1.5. На робочому місці необхідно підтримувати чистоту і порядок. Проходи до пастеризатора, насосів, електрощита, вентилів і трапів не допускається захащувати тарою, шлангами, запасними деталями або сторонніми предметами.

2. Вимоги безпеки перед початком роботи

2.1. Перед початком зміни оператор повинен одягнути чистий санітарний одяг, перевірити справність засобів індивідуального захисту, прибрати сторонні предмети з робочої зони та переконатися, що підлога суха або не має небезпечних слизьких ділянок.

2.2. Необхідно провести зовнішній огляд пастеризатора, перевірити надійність кріплення кришок, патрубків, з'єднань, шлангів, хомутів, запірної арматури, захисних огорожень і теплоізоляції. Особливу увагу слід звернути на відсутність тріщин, протікань, деформацій і слідів підтікання молока, конденсату або мийних розчинів.

2.3. Перед пуском слід переконатися у справності манометрів, термометрів, датчиків температури, сигнальних пристроїв, регулювальних вентилів, запобіжних клапанів і зливних кранів. Якщо вимірювальний прилад має пошкоджене скло, нечітку шкалу, відсутню пломбу або показує очевидно неправильне значення, працювати на обладнанні забороняється.

2.4. Оператор повинен перевірити наявність і справність заземлення електродвигуна, цілісність кабелів, закритість клемних коробок, відсутність оголених провідників, слідів перегрівання або запаху горілої ізоляції. За наявності будь-яких ознак несправності електрообладнання пуск пастеризатора забороняється.

2.5. До подачі молока необхідно переконатися у готовності системи приймання, очищення, пастеризації та охолодження: фільтр має бути встановлений,

молочні шланги приєднані, резервуар для пастеризованого молока підготовлений, охолоджувальна вода або інший холодоносіє подані, а трап для відведення стоків вільний.

2.6. Пуск пастеризатора дозволяється лише після перевірки правильності положення вентилів, відсутності людей у небезпечній зоні біля рухомих частин, готовності приймальної ємності та впевненості, що всі захисні кожухи встановлені на місці.

3. Вимоги безпеки під час роботи

3.1. Під час роботи оператор повинен постійно контролювати температуру пастеризації, тиск у системі теплоносія, рівномірність подачі молока, роботу насоса, відсутність сторонніх шумів, вібрації, підтікання та перегрівання електродвигуна.

3.2. Відкривати парові, водяні та молочні вентиля необхідно плавно. Забороняється стояти навпроти фланцевих з'єднань, зливних патрубків, оглядових люків або місць можливого викиду гарячої рідини чи пари.

3.3. Не допускається торкатися незахищеними руками до нагрітих поверхонь пастеризатора, паропроводів, вентилів, конденсатних ліній і зливних патрубків. Для роботи з гарячими елементами необхідно користуватися рукавицями, а за можливості застосовувати штатні ручки та важелі.

3.4. Забороняється виконувати очищення, підтягування болтових з'єднань, знімання огорожень, регулювання пасових або муфтових передач, ремонт насоса чи електродвигуна під час роботи обладнання. Такі операції виконуються лише після повної зупинки, знеструмлення і припинення подачі пари, гарячої води та молока.

3.5. У разі падіння температури пастеризації нижче встановленого значення або порушення режиму витримки оператор повинен діяти згідно з технологічною інструкцією: не допускати направлення недостатньо обробленого молока у ємність готового продукту, з'ясувати причину відхилення та повідомити відповідальну особу.

3.6. Під час роботи необхідно не допускати переливання молока, накопичення конденсату або мийних розчинів на підлозі. Пролиту рідину потрібно негайно прибрати, а місце проливу промити або позначити до повного усунення небезпеки ковзання.

3.7. При роботі з мийними розчинами забороняється нахилитися над відкритою ємністю з концентратом, вдихати пари хімічних речовин, торкатися очей або обличчя забрудненими рукавицями, а також переливати засоби у немарковану тару.

3.8. Оператор повинен стежити за тим, щоб санітарний одяг не мав вільно звисаючих кінців, які можуть бути захоплені рухомими деталями. Волосся має бути прибрано під головний убір, а використання прикрас, годинників і сторонніх предметів у зоні контакту з продуктом не допускається.

3.9. Під час експлуатації забороняється залишати працюючий пастеризатор без нагляду, передавати керування стороннім особам, працювати при несправній сигналізації, відключати блокування або перевищувати встановлені технологічні параметри.

4. Вимоги безпеки після закінчення роботи

4.1. Після закінчення обробки молока оператор повинен припинити подачу сировини, виконати злив залишків продукту згідно з технологічною інструкцією, відключити подачу пари або гарячої води, зупинити насос і електропривід у встановленій послідовності.

4.2. Перед початком миття необхідно переконатися, що тиск у системі знижено до безпечного значення, гарячі поверхні не становлять небезпеки опіку, а зливні лінії готові до приймання мийних розчинів.

4.3. Миття і санітарна обробка пастеризатора, молокопроводів, фільтрів і допоміжного обладнання виконуються за затвердженим режимом із дотриманням концентрації, температури та часу дії мийних розчинів. Застосування випадкових або невідомих хімічних речовин не допускається.

4.4. Після промивання слід оглянути обладнання, переконатися у відсутності залишків мийних засобів, закрити вентилі, відключити електроживлення у

дозволеному порядку, прибрати робоче місце, промити підлогу та забезпечити стік води у каналізацію.

4.5. Про виявлені під час роботи несправності, витікання, перегрівання, сторонній шум, пошкодження електропроводки, відмову приладів контролю або порушення санітарного режиму оператор повинен повідомити відповідальну особу та зробити відповідний запис у журналі експлуатації або змінному журналі.

5. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

5.1. У разі раптового витоку пари, гарячої води або молока оператор повинен негайно відійти з небезпечної зони, припинити подачу теплоносія, зупинити обладнання у безпечній послідовності та повідомити відповідальну особу. Ліквідація витоку до зниження температури і тиску забороняється.

5.2. У разі появи диму, запаху горілої ізоляції, іскріння, нагрівання електродвигуна або ураження працівника електричним струмом необхідно негайно знеструмити обладнання, не торкаючись потерпілого руками до відключення напруги, викликати відповідальну особу та за потреби екстрені служби.

5.3. При попаданні мийного розчину на шкіру або в очі необхідно негайно промити уражене місце великою кількістю чистої води та звернутися по медичну допомогу. Подальше використання засобу допускається лише після з'ясування причини інциденту та відновлення безпечних умов роботи.

5.4. У разі пожежі необхідно зупинити технологічний процес, знеструмити обладнання, повідомити керівника робіт, викликати пожежно-рятувальну службу за номером 101 та розпочати гасіння наявними первинними засобами пожежогашіння лише за умови відсутності загрози життю.

5.5. Якщо під час роботи стався нещасний випадок, необхідно надати потерпілому домедичну допомогу в межах підготовки, повідомити відповідальну особу, за потреби викликати швидку медичну допомогу за номером 103 та зберегти обстановку на місці події, якщо це не створює додаткової небезпеки.

Дотримання наведеної інструкції дає змогу зменшити ризик травмування оператора, запобігти аварійним ситуаціям і забезпечити стабільний санітарний

стан технологічної лінії. Особливого значення набуває дисципліна під час переходу від основного технологічного режиму до миття, оскільки саме в цей період працівник контактує з гарячими поверхнями, залишками продукту і мийними розчинами.

4.3 Висновки

У розділі розглянуто основні вимоги охорони праці при обробці молока та експлуатації пастеризатора ОПД-1М. Встановлено, що найбільш характерними небезпечними факторами є дія пари, гарячої води і нагрітих поверхонь, можливість опіків гарячим молоком, ураження електричним струмом у вологому середовищі, травмування рухомими частинами обладнання, падіння на слизькій підлозі, а також контакт із лужними та кислотними мийними розчинами.

Обґрунтовано, що безпечна робота пастеризаційного відділення повинна забезпечуватися комплексом заходів: справністю технологічного обладнання, теплоізоляцією гарячих поверхонь, захистом електрообладнання, наявністю заземлення, підтриманням належного мікроклімату, справністю вентиляції, дотриманням санітарного режиму, застосуванням засобів індивідуального захисту та своєчасним навчанням персоналу.

Розроблено проєкт інструкції з охорони праці для оператора пастеризатора, у якому визначено вимоги безпеки перед початком роботи, під час експлуатації, після завершення процесу та в аварійних ситуаціях. Виконання цієї інструкції дозволяє підвищити рівень безпеки праці, зменшити ймовірність виробничого травматизму та забезпечити належні санітарно-гігієнічні умови під час теплової обробки молока.

Застосування запропонованих заходів охорони праці є необхідною умовою ефективного впровадження удосконаленого пастеризатора, оскільки технічна модернізація обладнання повинна супроводжуватися підвищенням безпеки оператора, надійності процесу та якості готової молочної продукції.

5 Економічна оцінка розробленого удосконалення

Економічна оцінка розробленого удосконалення пастеризатора ОПД-1М виконана з метою визначення доцільності його впровадження у технологічну лінію первинної обробки молока. Порівняння проведено для двох варіантів: базового пастеризатора ОПД-1М без конструктивних змін та удосконаленого варіанта, який передбачає автоматичне регулювання подачі пари, встановлення витримувальної трубки, теплоізоляцію корпусу і трубопроводів, покращене конденсатовідведення та відновлення напрямних елементів витискувального барабана.

Розрахунок виконано за зміною річних експлуатаційних витрат. Оскільки базова машина вже наявна у господарстві, капітальні вкладення враховано лише для елементів модернізації. Вартісні показники прийнято як розрахункові для умовного прикладу; за практичного впровадження вони уточнюються за комерційними пропозиціями постачальників, тарифами на енергоносії та фактичним рівнем оплати праці на підприємстві.

5.1 Вихідні дані

За вихідну виробничу умову прийнято молочно-товарну ферму на 400 дійних корів із плановим річним надоем 6500 кг молока від однієї корови. Продуктивність пастеризатора ОПД-1М прийнята 2,1 м³/год, що відповідає розрахункам, наведеним у попередньому розділі. У розрахунку прийнято, що весь обсяг одержаного молока проходить теплову обробку.

Річна маса молока, що надходить на теплову обробку, визначається за формулою

$$M_p = n_k U_{\text{річ}} \quad (5.1)$$

де M_p – річна маса молока, кг/рік; n_k – кількість дійних корів, гол.; $U_{\text{річ}}$ – річний надій молока від однієї корови, кг/рік.

За прийнятими даними $M_p = 2\,600\,000$ кг/рік.

Річний фонд роботи пастеризатора визначається з урахуванням продуктивності за об'ємом і густини молока

$$T_p = \frac{M_p}{\rho_m q_{\pi}} \quad (5.2)$$

де T_p – річний фонд роботи пастеризатора, год/рік; ρ_m – густина молока, кг/м³; q_{π} – продуктивність пастеризатора, м³/год.

Для заданої ферми $T_p = 1\,202,0$ год/рік. Це значення використовується для визначення витрат пари, електроенергії, праці та інших експлуатаційних витрат.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для економічної оцінки

Показник	Позначення	Базовий варіант	Удосконалений варіант
Кількість дійних корів, гол.	пк	400	400
Річний надій від однієї корови, кг/рік	$U_{річ}$	6 500	6 500
Річний обсяг молока, кг/рік	M_p	2 600 000	2 600 000
Продуктивність пастеризатора, м ³ /год	q_{π}	2,1	2,1
Річний фонд роботи, год/рік	T_p	1 202,0	1 202,0
Витрата пари, кг/год	V_p	320,8	306,1
Потужність електроприводу та автоматики, кВт	N	1,70	1,85
Розрахункова вартість пари, грн/кг	сп	0,80	0,80
Розрахункова вартість електроенергії, грн/(кВт·год)	се	7,00	7,00

Показник	Позначення	Базовий варіант	Удосконалений варіант
Коефіцієнт витрат праці на контроль, люд.-год/год роботи	ап	0,30	0,20
Годинна тарифна ставка, грн/год	Ст	95,00	95,00
Коефіцієнт нарахувань на оплату праці	кн	1,22	1,22
Розрахункова ціна молока, грн/кг	см	14,00	14,00
Технологічні втрати та повернення, %	δвт	0,30	0,10

Склад капітальних вкладень у модернізацію пастеризатора наведено в таблиці 5.2. До розрахунку включено лише додаткові елементи, які необхідні для реалізації запропонованого удосконалення.

Таблиця 5.2 – Орієнтовні капітальні вкладення в удосконалення пастеризатора

Елемент удосконалення	Призначення	Вартість, грн
Датчик температури, контролер і шафа керування	Автоматичне підтримання температури пастеризації	28 000
Регулювальний паровий клапан з обв'язкою	Зміна подачі пари за сигналом регулятора	32 000
Триходовий клапан і сигналізація недогрівання	Повернення недостатньо прогрітого молока	22 000

Елемент удосконалення	Призначення	Вартість, грн
Витримувальна трубка з нержавіючої сталі	Забезпечення контрольованого часу витримування	36 000
Теплоізоляційний кожух і ізоляція трубопроводів	Зменшення тепловтрат і підвищення безпеки	20 000
Конденсатовідвідник і допоміжна арматура	Стабілізація теплообміну у паровій зоні	18 000
Відновлення або виготовлення напрямних виступів барабана	Рівномірніше переміщення молочного шару	14 000
Монтажні та пусконаладжувальні роботи	Введення удосконалення в експлуатацію	18 000
Разом	Загальні капітальні вкладення	188 000

5.2 Результати економічної оцінки

Основною складовою економії є зменшення витрати технологічної пари, скорочення втрат від нестабільного температурного режиму та зниження витрат праці на постійне ручне регулювання процесу. Водночас у новому варіанті з'являються додаткові витрати на обслуговування елементів автоматики, а також амортизаційні відрахування на впроваджене удосконалення.

Річна витрата пари визначається за формулою

$$B_p = \frac{B_n T_p}{1000} \quad (5.3)$$

де B_p – річна витрата пари, т/рік; B_n – годинна витрата пари, кг/год; T_p – річний фонд роботи пастеризатора, год/рік.

Для базового варіанта $V_{p.б} = 385,6$ т/рік, а для удосконаленого $V_{p.у} = 367,9$ т/рік. Річне зменшення витрати пари становить 17,7 т/рік.

Вартість спожитої пари визначається за залежністю

$$C_p = B_p T_p c_p \quad (5.4)$$

де C_p – річні витрати на пару, грн/рік; c_p – вартість 1 кг технологічної пари, грн/кг.

Річні витрати на пару зменшуються з 308 490 до 294 354 грн, тобто економія становить 14 136 грн/рік.

Витрати на електроенергію визначаються за формулою

$$C_e = N T_p c_e \quad (5.5)$$

де C_e – річні витрати на електроенергію, грн/рік; N – установлена потужність електроприводу та допоміжної автоматики, кВт; c_e – вартість 1 кВт·год електроенергії, грн/(кВт·год).

Удосконалення не змінює потужність основного електроприводу, однак потребує живлення елементів автоматики. Тому витрати на електроенергію збільшуються з 14 304 до 15 566 грн/рік.

Витрати на оплату праці оператора, пов'язані з контролем процесу пастеризації, визначаються за формулою

$$C_z = a_p T_p C_T k_n \quad (5.6)$$

де C_z – річні витрати на оплату праці, грн/рік; a_p – витрати праці на контроль процесу, люд.-год/год роботи пастеризатора; C_T – годинна тарифна ставка, грн/год; k_n – коефіцієнт нарахувань на оплату праці.

Завдяки автоматичному регулюванню оператор менше часу витрачає на ручне коригування подачі пари та контроль повернення потоку. Річні витрати праці зменшуються з 41 795 до 27 863 грн/рік.

Вартість технологічних втрат і повторної обробки молока оцінюється за залежністю

$$C_{\text{вт}} = M_{\text{р}} \frac{\delta_{\text{вт}}}{100} c_{\text{м}} \quad (5.7)$$

де $C_{\text{вт}}$ – вартість технологічних втрат і повернень продукту, грн/рік; $\delta_{\text{вт}}$ – частка технологічних втрат та повернень, %; $c_{\text{м}}$ – розрахункова ціна молока, грн/кг.

Для базового варіанта прийнято технологічні втрати і повернення на рівні 0,30 %, а для удосконаленого - 0,10 %. Вартість таких втрат зменшується з 109 200 до 36 400 грн/рік.

Амортизаційні відрахування на додаткові елементи удосконалення визначаються за формулою

$$A_{\text{у}} = K_{\text{у}} \frac{a_{\text{у}}}{100} \quad (5.8)$$

де $A_{\text{у}}$ – річні амортизаційні відрахування на удосконалення, грн/рік; $K_{\text{у}}$ – капітальні вкладення в удосконалення, грн; $a_{\text{у}}$ – норма амортизації, %.

За норми амортизації 10,0 % річні амортизаційні відрахування становлять $A_{\text{у}} = 18\,800$ грн/рік.

Витрати на технічне обслуговування і ремонт елементів удосконалення приймаються у відсотках від капітальних вкладень

$$R_{\text{у}} = K_{\text{у}} \frac{r_{\text{у}}}{100} \quad (5.9)$$

де R_y – додаткові річні витрати на технічне обслуговування і ремонт, грн/рік; r_y – норматив відрахувань на ремонт і обслуговування, %.

Додаткові витрати на ремонт і технічне обслуговування становлять 7 520 грн/рік, тому загальні ремонтні витрати удосконаленого варіанта прийнято 25 520 грн/рік.

Загальні річні експлуатаційні витрати визначаються як сума основних складових

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{п}} + C_{\text{е}} + C_{\text{з}} + C_{\text{вт}} + C_{\text{м}} + A + R \quad (5.10)$$

де $C_{\text{заг}}$ – загальні річні експлуатаційні витрати, грн/рік; $C_{\text{м}}$ – витрати на воду, мийні засоби та санітарну обробку, грн/рік; A – амортизаційні відрахування, грн/рік; R – витрати на ремонт і технічне обслуговування, грн/рік.

Таблиця 5.3 – Порівняння річних експлуатаційних витрат базового та удосконаленого варіантів

Стаття витрат	Базовий варіант, грн/рік	Удосконалений варіант, грн/рік	Зміна витрат, грн/рік
Технологічна пара	308 490	294 354	14 136
Електроенергія	14 304	15 566	-1 262
Оплата праці з нарахуваннями	41 795	27 863	13 932
Технологічні втрати і повернення продукту	109 200	36 400	72 800
Вода, мийні засоби та санітарна обробка	23 000	18 000	5 000
Технічне обслуговування і ремонт	18 000	25 520	-7 520
Амортизація елементів удосконалення	0	18 800	-18 800
Разом	514 789	436 504	78 285

Розрахунки показують, що найбільший економічний результат забезпечується не лише зменшенням витрати пари, а й стабілізацією температурного режиму, що знижує частку повернень, повторної обробки та умовних технологічних втрат. Удосконалений пастеризатор потребує дещо більших витрат на електроенергію, технічне обслуговування та амортизацію, однак ці додаткові витрати перекриваються економією за іншими статтями.

Річний економічний ефект визначається як різниця між річними витратами базового та удосконаленого варіантів

$$E_p = C_{\text{заг.б}} - C_{\text{заг.у}} \quad (5.11)$$

де E_p – річний економічний ефект, грн/рік; $C_{\text{заг.б}}$ – загальні річні витрати базового варіанта, грн/рік; $C_{\text{заг.у}}$ – загальні річні витрати удосконаленого варіанта, грн/рік.

За даними таблиці 5.3 річний економічний ефект становить $E_p = 78\,285$ грн/рік. Відносне зменшення розрахункових експлуатаційних витрат дорівнює 15,2 %.

Простий термін окупності капітальних вкладень визначається за чистою річною економією грошових витрат без урахування амортизації

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_y}{E_r} \quad (5.12)$$

де $T_{\text{ок}}$ – простий термін окупності, років; K_y – капітальні вкладення в удосконалення, грн; E_r – чиста річна економія грошових витрат без амортизації, грн/рік.

Чиста річна економія грошових витрат становить $E_r = 97\,085$ грн/рік. Тоді простий термін окупності дорівнює $T_{\text{ок}} = 1,94$ року, а коефіцієнт економічної ефективності становить $0,52 \text{ рік}^{-1}$.

Таблиця 5.4 – Узагальнені результати економічної оцінки

Показник	Значення
Капітальні вкладення в удосконалення, грн	188 000
Річна економія пари, т/рік	17,7
Річна економія грошових витрат без амортизації, грн/рік	97 085
Річний економічний ефект з урахуванням амортизації, грн/рік	78 285
Зменшення розрахункових експлуатаційних витрат, %	15,2
Простий термін окупності, років	1,94
Коефіцієнт економічної ефективності, рік ⁻¹	0,52

5.3 Висновки

У розділі виконано економічну оцінку удосконалення пастеризатора ОПД-1М, яке передбачає автоматизацію регулювання подачі пари, встановлення витримувальної трубки, теплоізоляцію корпусу і трубопроводів, покращення конденсатовідведення та відновлення напрямних елементів барабана.

За прийнятими вихідними даними річний обсяг молока, що підлягає тепловій обробці, становить 2 600 000 кг, а річний фонд роботи пастеризатора - 1 202,0 год. Удосконалення дозволяє знизити витрату пари з 320,8 до 306,1 кг/год, що забезпечує економію близько 17,7 т пари на рік.

Загальні розрахункові експлуатаційні витрати зменшуються з 514 789 до 436 504 грн/рік. Річний економічний ефект з урахуванням амортизації елементів удосконалення становить 78 285 грн/рік. Найбільшу частку економії забезпечує стабілізація температурного режиму та зниження технологічних втрат і повторної обробки продукту.

Капітальні вкладення в удосконалення пастеризатора становлять 188 000 грн. Чиста річна економія грошових витрат без амортизації дорівнює 97 085 грн/рік, тому простий термін окупності становить 1,94 року. Отриманий результат підтверджує економічну доцільність запропонованої модернізації для умов молочно-товарної ферми.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

У першому розділі було виконано огляд технологій доїння корів, обладнання для первинної обробки молока та конструкцій пастеризаторів. Встановлено, що ефективність виробництва молока значною мірою залежить не лише від способу доїння, а й від своєчасного очищення, охолодження, зберігання та теплової обробки молока. Аналіз конструкцій пастеризаторів показав, що для умов молочнотоварної ферми доцільним є застосування обладнання, яке забезпечує надійне знезараження молока, стабільний температурний режим і можливість подальшого підвищення енергоефективності процесу.

У другому розділі було розроблено проєкт технологічного процесу доїння корів для ферми з прив'язним способом утримання. На основі вихідних даних щодо поголів'я, продуктивності тварин і добового надою обґрунтовано вибір доїльної установки УДМ-200, яка забезпечує машинне доїння корів у молокопровід без суттєвої реконструкції існуючих приміщень. Проведені розрахунки дали змогу визначити необхідну кількість основних і допоміжних засобів механізації, тривалість доїння, потребу в операторах та параметри обладнання для первинної обробки молока.

У третьому розділі було розглянуто питання удосконалення пастеризатора ОПД-1М. Встановлено, що основними недоліками базової конструкції є значні витрати теплоти, недостатня рівномірність температурного поля та обмежені можливості автоматичного контролю процесу. Запропоноване удосконалення передбачає покращення теплообміну, стабілізацію температурного режиму, зменшення втрат теплоти та підвищення надійності роботи пастеризатора. Виконані розрахунки підтвердили можливість зниження енерговитрат і підвищення ефективності теплової обробки молока.

У четвертому розділі було розроблено заходи з охорони праці під час обробки молока та експлуатації пастеризатора. Визначено основні небезпечні й

шкідливі виробничі фактори, серед яких найбільше значення мають підвищена температура поверхонь, дія пари та гарячої води, електронебезпека, рухомі частини обладнання, слизька підлога і контакт із мийними та дезінфекційними засобами. Запропонована інструкція з охорони праці для оператора пастеризатора встановлює вимоги безпечної підготовки, запуску, роботи, зупинки, санітарної обробки та дій у разі аварійних ситуацій.

У п'ятому розділі було виконано економічну оцінку розробленого удосконалення пастеризатора ОПД-1М. Порівняння базового та удосконаленого варіантів показало, що впровадження конструктивних змін дає змогу зменшити експлуатаційні витрати за рахунок економії енергоресурсів, скорочення втрат теплоти та підвищення стабільності технологічного процесу. Розрахований річний економічний ефект і термін окупності підтверджують доцільність реалізації запропонованого удосконалення в умовах молочнотоварної ферми.

Отже, у дипломному проєкті вирішено завдання підвищення ефективності технологічної лінії теплової обробки молока шляхом удосконалення пастеризатора ОПД-1М. Запропоновані технічні рішення спрямовані на покращення якості пастеризації, зниження енерговитрат, підвищення безпечності роботи обладнання та поліпшення економічних показників виробництва молока. Отримані результати можуть бути використані під час модернізації молочних блоків ферм і малих переробних підрозділів.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. International Organization for Standardization. (2007). ISO 5707:2007: Milking machine installations - Construction and performance. ISO.
2. International Organization for Standardization. (2007). ISO 6690:2007: Milking machine installations - Mechanical tests. ISO.
3. Codex Alimentarius Commission. (2004). Code of hygienic practice for milk and milk products (CXC 57-2004). FAO/WHO.
4. European Parliament and Council. (2004). Regulation (EC) No 853/2004 laying down specific hygiene rules for food of animal origin. Official Journal of the European Union.
5. Tetra Pak. (2025). Tetra Pak Dairy Processing Handbook. Tetra Pak.
6. Tetra Pak. (n.d.). Pasteurized and ESL dairy products. Dairy Processing Handbook.
7. Tetra Pak. (n.d.). Heat exchangers. Dairy Processing Handbook.
8. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (n.d.). Milk processing. FAO Dairy Production and Products.
9. ГК «Брацлав». Установка доїльна в молокопровід УДМ-200. URL: <https://www.bratslav.com/ua/product/ustanovka-doyilna-v-molokoprovid-udm-200/>
10. Установка доїльна у молокопровід УДМ-200 «Брацлавчанка». Технічні характеристики. URL: <https://bratslav.agrobiz.net/goods/ustanovka-doilna-u-molokoprovid-udm-200-bratslavchanka/>
11. Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного. Доїльна установка УДМ-200 «Брацлавчанка». URL: https://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/tsapk_2/page51.html
12. ДСТУ ISO 5707:2012. Установки доїльні. Конструкція і технічні характеристики (ISO 5707:2007, IDT). Київ: Мінекономрозвитку України, 2012.
13. ISO 6690:2007. Milking machine installations - Mechanical tests. Geneva: International Organization for Standardization, 2007.

14. Codex Alimentarius Commission. Code of Hygienic Practice for Milk and Milk Products CAC/RCP 57-2004. Rome: FAO/WHO, 2004.
15. Tetra Pak. Dairy Processing Handbook. Lund: Tetra Pak Processing Systems AB.
16. Новітні технології виробництва молока. Колектив авторів. За ред. Кравчука В.І. Дослідницьке, УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого. – 2008 - 70 с.
17. Романюха І.О., Дудін В.Ю. Курсове і дипломне проектування тваринницьких підприємств: навч. посібн. [для студ. вищ. навч. закл.] /І.О. Романюха, В.Ю. Дудін; за ред. І. Романюхи. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Дніпропетровськ: Нова ідеологія, 2014. – 418 с.
18. Дирда В.І., Овчаренко Ю.М., Козуб Ю.Г., Рижков І.Є. Деталі машин. - Луганськ: ДЗ "ЛНУ ім. Тараса Шевченка", 2010. - 308 С.
19. Вибір матеріалу пластин ротаційного вакуумного насоса/В.Ю. Дудін//Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка.- 2015.-Вип. 157.-С. 14-18.-Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhdusg_2015_157_6.
20. Сиротюк В. М. Обґрунтування параметрів електроприводу для енергоощадного доїльного апарата / В. М. Сиротюк, С. В. Сиротюк, М. І. Магац // Вісник Львівського національного аграрного університету : агроінженерні дослідження. – 2009. – № 13. – С. 355 – 359.
21. Дмитрів В. Т. Автоматизований доїльний апарат / В. Т. Дмитрів // Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвідом. темат. наук. зб. – Глеваха : Нац. наук. центр «Ін-т механіз. та електриф. сільс. госп-ва», 2010. – № 84. – С. 134 – 136.
22. Доїльні апарати [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.delaval.ru/Dairy Knowledge/EfficientMilking/DeLaval>.
23. Дудін В.Ю. Фази розподілу повітря ротаційного вакуумного насоса з тангенційним розміщенням пластин. Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць Ін-т геотехнічної механіки ім. М.С.Полякова НАН України. Дніпропетровськ: 2008. Вип. 75. С. 254-258.

24. Патент 46831 (Україна). Вакуумний пластинчасто-роторний насос / А.О. Парієв, С.І. Павленко, С.В. Дубовенко, В.Ю. Дудін. – 11.01.2010, Бюл. № 1.

25. Дудін В.Ю., Плотницький В.І., Алієв Є.Б. Експериментальні дослідження фаз розподілу повітря ротаційного пластинчатого вакуумного насоса *Materiały IX Międzynarodowej naukowipraktycznej konferencji «Perspektywiczne opracowania są nauką i technikami - 2013».* – Rolnictwo : Przemysł. – Nauka i studia, 2013. Volume 32. P. 24–27.

26. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 № 2694-XII. База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2694-12>.

27. Про затвердження Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці (НПАОП 0.00-4.12-05) : наказ Держнаглядохоронпраці України від 26.01.2005 № 15. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0231-05>.

28. Про затвердження Загальних вимог стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників : наказ МНС України від 25.01.2012 № 67. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0226-12>.

29. Про затвердження Правил охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском : наказ Мінсоцполітики України від 05.03.2018 № 333. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0433-18>.

30. Про затвердження Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів (ДНАОП 0.00-1.21-98) : наказ Мінпраці України від 09.01.1998 № 4. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0093-98>.

31. 6. Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні : наказ МВС України від 30.12.2014 № 1417. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0252-15>.

32. Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів : Закон України від 23.12.1997 № 771/97-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/771/97-%D0%B2%D1%80>.

33. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень : постанова Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.1999 № 42. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/va042282-99>.

34. Regulation (EC) No 852/2004 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on the hygiene of foodstuffs. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2004/852/oj/eng>.

35. Regulation (EC) No 853/2004 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 laying down specific hygiene rules for food of animal origin. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2004/853/2023-02-15/eng>.

ДОДАТКИ

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра інжинірингу технічних систем

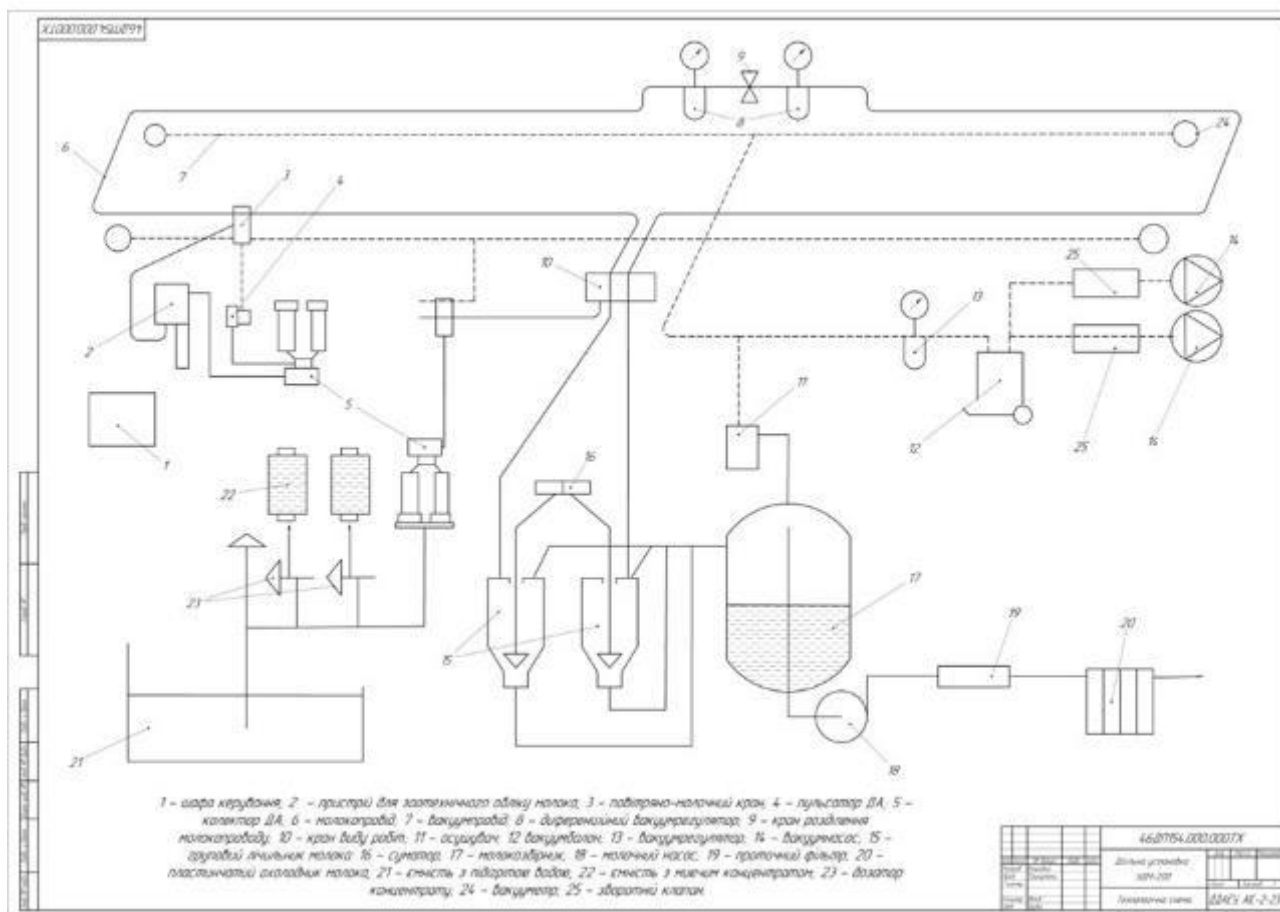
**Модернізація технологічного процесу доїння корів
 з розробкою пастеризатора молока**

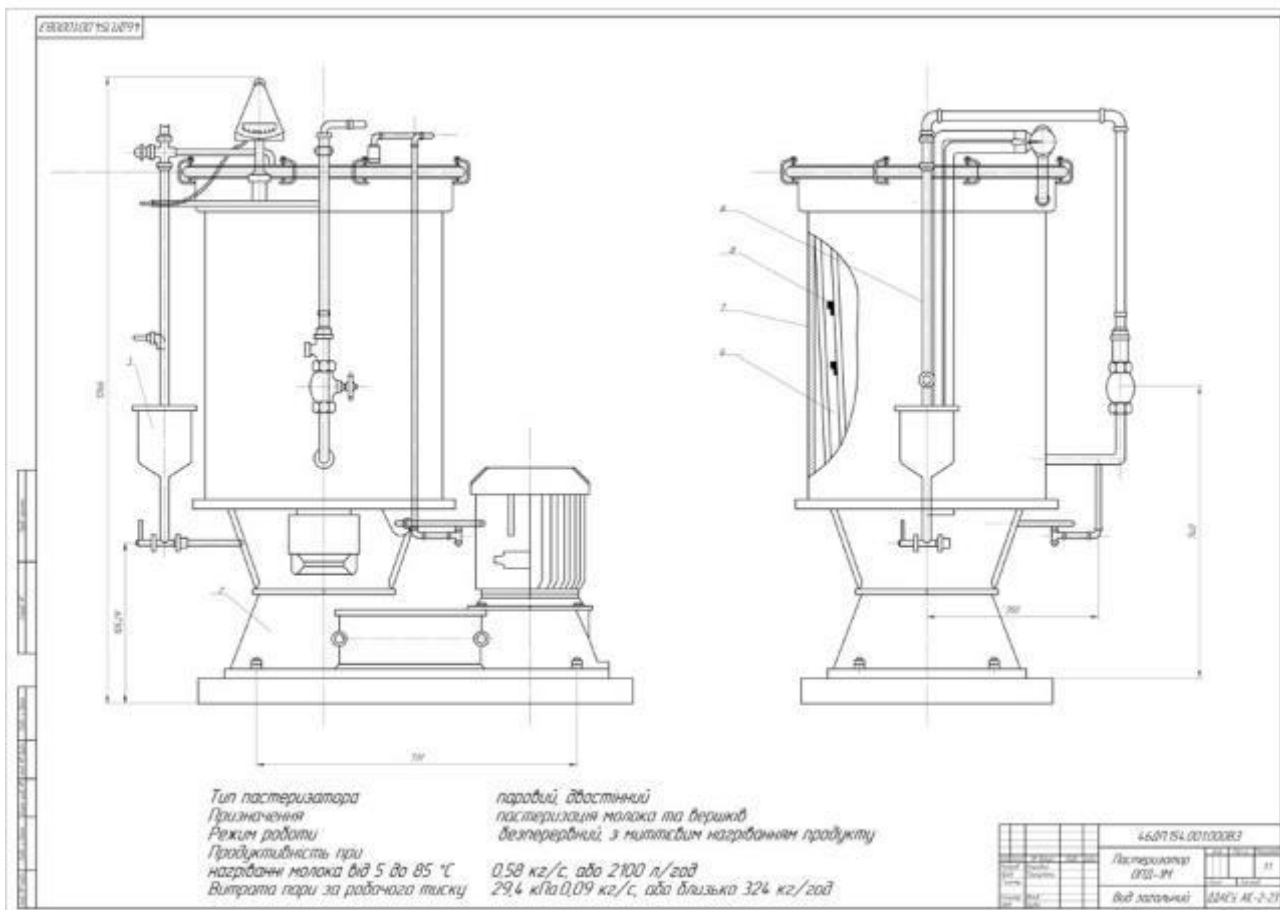
демонстраційний матеріал до дипломного проекту рівня вищої освіти «Бакалавр»

Виконав: студент 3 курсу, групи АІС-2-23
 Кошовий Дмитро Олександрович

Керівник: к.т.н., доцент
 Трипутень Микола Мусійович

Дніпро-2026





Виробничий фактор	Джерело виникнення	Можливі наслідки	Заходи запобігання
Підвищена температура та пара	Парові комунікації, теплообмінні поверхні, гаряче молоко, конденсат	Опіки шкіри, травми очей, теплове перевантаження	Теплоізоляція поверхонь, справна арматура, плавне відкривання вентилів, захисні рукавиці, окуляри, попереджувальні знаки
Електричний струм	Електродвигун, пускова апаратура, кабелі, електроцист у вологому середовищі	Ураження електричним струмом, коротке замикання, пожежа	Заземлення, справна ізоляція, захисні апарати, заборона самовільного ремонту електричної частини
Рухомі частини машин	Привід пастеризатора, насос, муфти, вентилятори, механізми перемішування	Затягування одягу, забої, порізи, травми кистей	Огородження приводів, робота у застібнутому спецодязі, заборона очищення і ремонту під час роботи
Слизька підлога волога	Проливи молока, води, конденсату, мийних розчинів	Падіння, забої, розтягнення, травми	Неслизьке покриття, своєчасне прибирання, справні трапи, використання взуття з протиковзкою підшвою
Хімічні речовини	Лужні та кислотні мийні засоби, дезінфектанти	Хімічні подразнення шкіри, очей і органів дихання	Маркування тари, приготування розчинів за інструкцією, рукавиці, фартух, окуляри, вентиляція
Біологічний фактор	Сире молоко, залишки органічних речовин, забруднене обладнання	Контамінація продукту, ризик з контакту мікрофлорою	Санітарний одяг, миття рук, фільтрування, пастеризація, санітарна обробка обладнання

		450754.000.00007	
		Disposicoes quai	
		Data: 1/1/2017	
		Ata: 1/1/2017	

U/0000000750000000

Порівняння річних експлуатаційних витрат

Стаття витрат	Базовий варіант, грн/рік	Удосконалений варіант, грн/рік	Зміна витрат, грн/рік
Технологічна пара	308 490	294 354	14 136
Електроенергія	14 304	15 566	-1 262
Оплата праці з нарахуваннями	41 795	27 863	13 932
Технологічні втрати і повернення продукту	109 200	36 400	72 800
Вода, мийні засоби та санітарна обробка	23 000	18 000	5 000
Технічне обслуговування і ремонт	18 000	25 520	-7 520
Амортизація елементів удосконалення	0	18 800	-18 800
Разом	514 789	436 504	78 285

Узагальнені результати економічної оцінки

Показник	Значення
Капітальні вкладення в удосконалення, грн	188 000
Річна економія пари, т/рік	17,7
Річна економія грошових витрат без амортизації, грн/рік	97 085
Річний економічний ефект з урахуванням амортизації, грн/рік	78 285
Зменшення розрахункових експлуатаційних витрат, %	15,2
Простий термін окупності, років	1,94
Коефіцієнт економічної ефективності, рік ⁻¹	0,52

4687754.000000000000
Листовий показник
Додаток АЕ-2-21

