

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

освітнього ступеня «Магістр» на тему:

Обґрунтування параметрів конструкції пастеризатора молока

Виконав: студент 2 курсу, групи МГАІз-1-21

за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Галета Владислав Миколайович

Керівник: _____ Дудін Володимир Юрійович

Рецензент: _____ Потеруха Борис Тарасович

Дніпро 2023

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

Кафедра інжинірингу технічних систем
Освітній ступінь: «Магістр»
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ІТС

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Дудін В.Ю.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« ____ » _____ 2023 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Галеті Владиславу Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Обґрунтування параметрів конструкції пастеризатора молока

керівник роботи Дудін Володимир Юрійович, к.т.н., доцент

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

затвердені наказом вищого навчального закладу від

« ____ » _____ 2022 року № _____

2. Строк подання студентом роботи _____

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

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз стану питання. 2. Теоретичне обґрунтування пастеризатора з індукційним нагрівачем. 3. Лабораторні дослідження пастеризатора. 4. Охорона праці та захист навколишнього середовища. 5. Економічна оцінка розробленого пастеризатора. Висновки. Список використаних джерел.

—

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Тема. Мета і задачі досліджень (2 аркуша, А4). 2. Аналіз адаптивних доїльних апаратів (3 аркуша, А4). 3. Аналітичні дослідження (3 аркушів, А4). 4. Експериментальні дослідження (4 аркуша, А4). 5. Економічні показники (1 аркуш, А4). 6. Висновки (2 аркуша, А4)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Дудін В.Ю., доцент		
2	Дудін В.Ю., доцент		
3	Дудін В.Ю., доцент		
4	Деркач О. Д., доцент		
5	Вінніченко І. І., професор		
Нормоконтроль	Мельянцов П. Т., доцент		

7. Дата видачі завдання: _____.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний	до 01.11.2022 р.	
2	Теоретичний	до 20.11.2022 р.	
3	Експериментальний	до 09.12.2022 р.	
4	Охорона праці	до 19.12.2022 р.	
5	Економічний	до 26.01.2023 р.	
6	Демонстраційна частина	до 30.01.2023 р.	

Студент

(підпис)

Галета В.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Дудін В.Ю.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Галета В.М. Обґрунтування параметрів конструкції пастеризатора молока /Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» – ДДАЕУ, Дніпро, 2023.

Дипломна кваліфікаційна робота складається з п'яти розділів. У першому розділі приведено огляд і аналіз технологій і засобів пастеризації молока. У другому розділі теоретично досліджено вдосконалення процесу роботи пастеризаційної установки з індуктивним нагрівачем. У третьому розділі викладено програму та методику лабораторних досліджень процесу роботи обладнання для пастеризації молока та обґрунтування його параметрів. Далі проведено розробку заходів з охорони праці. Завершальним етапом була економічна оцінка застосування нового пастеризатора на малій фермі.

Ключові слова: пастеризація, термообробка молока, індуктивний нагрівач, витримувач

ЗМІСТ

Вступ	7
1 Аналіз стану питання	10
1.1 Особливості виробництва молока в Україні	10
1.2 Аналіз технології та технічних засобів теплової обробки молока	13
1.3 Класифікація пастеризаторів молока	16
1.4 Аналіз конструктивних особливостей пастеризаторів	17
1.5 Висновки	30
2 Теоретичне обґрунтування пастеризатора з індукційним нагрівачем	31
2.1 Лінія виробництва питного молока із застосуванням індукційного нагрівача	31
2.2 Визначення критерію пастеризації	35
2.3 Обґрунтування необхідної потужності індукційного нагрівача	41
2.4 Забезпечення рівномірного нагрівання молока	43
2.5 Висновки	49
3 Лабораторні дослідження пастеризатора	51
3.1 Обладнання для проведення досліджень	51
3.2 Результати досліджень	56
3.3 Висновки	60

	6
4 Охорона праці	62
4.1 Загальні визначення та поняття	62
4.2 Заходи захисту оператора від дії небезпечних факторів	63
4.3 Правила безпеки праці при пастеризації молока	65
4.4 Висновки	68
5 Економічна оцінка розробленого пастеризатора	69
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	73
БІБЛІОГРАФІЯ	75

ВСТУП

Структура тваринницької галузі країни представлена сільськогосподарськими суб'єктами, серед яких виділяють сільгоспорганізації (в основному великі та середні), селянські фермерські господарства, які є в основному мікропідприємствами різної організаційно-правової форми, та господарства населення, які не мають зареєстрованого бізнесу, але на частку яких припадає значний обсяг виробництва.

Якщо говорити про виробництво молока, то, загалом по галузі, за 10-річний період воно впало на 4,9%, зростання відбулося лише у селянських господарствах, і зростання значне – у 2,5 рази. У фермерських господарствах використовуються стаціонарні доїльні установки зі збором молока в доїльні відра, лише 20% - доїння на доїльних установках із молокопроводом. При цьому зазначено достатньо висока бактеріальна забрудненість молока та підвищена кислотність, що призводить до реалізації молока за зниженими цінами.

Найбільш трудомісткою операцією під час виробництва є теплова обробка молока. Однак, застосування парових пастеризаторів в умовах ферм та господарських формувань пов'язано зі значними допоміжними витратами на обладнання для отримання пари, встановлення витяжних систем та складної автоматики. У зв'язку з цим була поставлено завдання підвищення ефективності та зниження експлуатаційних витрат під час теплової обробки молока та його реалізації силами господарства.

З відомих способів зниження бактеріальної обсіменіння, застосовуваних на переробних підприємствах, найбільш ефективним при збереженні властивостей сирого молока є нагрівання його до 72-76°C витримкою до 15...20 секунд та подальшим охолодженням до температури зберігання 4°C. Застосування такої технологічної операції на додаток до технологічного процесу первинної обробки, дозволяє сільгоспвиробникам вирішити проблему якості молока - сировини, пов'язану з високою бактеріальною забрудненістю. Так само дозволяє сімейним ферм та фермерським господарствам, віддаленим від молочних заводів, скоротити транспортні витрати за рахунок накопичення

молока для повного завантаження молокозаводу, доставки молока на переробку один раз на два дні без втрати сортності молока.

Відомі промислові установки для теплової обробки молока розраховані в основному для застосування їх на переробних підприємствах, які не відповідають вимогам сучасного виробництва в умовах сімейних ферм через велику металоємність, надмірно високої продуктивність. Тому дослідження щодо вдосконалення конструктивно-технологічної схеми та визначення раціональних параметрів та режимів роботи установки для теплової обробки молока сировини в умовах сімейних ферм є актуальними та мають важливе значення економіки сільськогосподарського виробництва.

Для вирішення цих питань пропонується на основі розробки та вдосконалення пристрою теплової обробки молока непрямого нагріву за допомогою індукційного нагрівача, який показав хорошу працездатність при нагріванні води. Однак промислові зразки таких пристроїв все ще не досконалі, мають значні втрати тепла у навколишнє середовище. Процес функціонування, режими роботи та основні параметри недостатньо вивчені та обґрунтовані, стосовно нагрівання молока, а використання їх у технологічних лініях первинної обробки молока в умовах виробництва сімейними фермами та фермерськими господарствами все ще обмежено.

Мета роботи - підвищення ефективності процесу теплової обробки молока шляхом обґрунтування конструктивних та технологічних параметрів енергозберігаючого нагрівача з витримувачем.

Об'єкт досліджень - технологічний процес та технічні засоби теплової обробки молока.

Предмет досліджень – конструктивно-технологічні параметри технічних засобів теплової обробки молока

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Провести аналіз різних конструкцій установок для теплової обробки молока в умовах фермерських господарств та виявити серед них найбільш енергетично ефективну.

2. Обґрунтувати нову конструктивно-технологічну схему виробництва питного молока для фермерських господарств.

3. Обґрунтувати конструктивні параметри та режими роботи нагрівача;

4. На основі математичного планування експериментально обґрунтувати конструктивні та технологічні параметри індукційного нагрівача, здатні забезпечити необхідну продуктивність при мінімальній витраті електроенергії.

5. Провести економічну оцінку обраної технології на прикладі конкретного фермерського господарства.

1 Аналіз стану питання

1.1 Особливості виробництва молока в Україні

У розвинених зарубіжних країнах серед організаційно-економічних форм сільськогосподарських підприємств переважає сімейне фермерське господарство. У Канаді близько 98% фермерських господарств сімейними підприємствами, на одне фермерське господарство припадає 52 корови.

У Європі розміри ферм молочно-товарного спрямування коливаються від 10 до 60 голів:

- у Німеччині на одній великій сімейній фермі з виробництва молока та яловичини міститься 200 голів худоби, з яких 60 - дійні корови. Інший варіант сімейної ферми значно менший і більший типовий для цієї країни. Площа земельних угідь – 13,5 га, на фермі міститься 28 дійних корів. Середній річний удій - 7309 кг;

- у Швеції налічується понад 110 тис. ферм із середньою земельною площею 40 га та вмістом, у середньому, 20 дійних корів. Вважається найбільш доцільним мати 25...38 корів продуктивністю 6500...7000 кг молока;

- середній розмір ферми в Данії становить близько 50 голів ВРХ, кожна з яких дає 7,5 т молока на рік. В даний час намітилася тенденція до збільшення виробництва молока у фермерських та особистих підсобних господарствах з 48% до 59% період з 2015-2020 рр., отже дані види господарств є перспективними.

У фермерських та особистих підсобних господарствах молоко отримують у здебільшого на стаціонарних доїльних установках зі збором їх у доїльні відра. Близько 20% - доїння на доїльних установках із молокопроводом. При цьому відзначено досить високу бактеріальну забрудненість молока.

Тривалість зберігання до здачі на молокозавод також вище (до 20-24

год.), ніж на фермах великих сільськогосподарських виробників. З цих причин на молочні заводи надходить близько 30% молока з підвищеною кислотністю (19-20° T), що приймається за зниженими цінами (особливо влітку).

У зв'язку з цим, виникає необхідність не тільки негайної фільтрації та охолодження молока після доїння, а також його теплової обробки до вивезення безпосередньо переробнику. Реалізація власної продукції в оптових мережах та через власні магазини може принести більший прибуток, ніж здавання на молокозаводи, проте для цього необхідно проводити пастеризацію та упаковку молока в тару силами господарства.

Таблиця 1.1 - Вимоги до якості молока по ДСТУ ISO 4833:2006
(з жирністю 3,4% і білком 3,0%)

Показник	Гатунок екстра	Вищий гатунок	Перший гатунок	Негатунковане
Щільність, кг/ м ³	1028,0	1027,0		
Кислотність, °T	16-17	16-18	16-19	19-21
Кількість сом. кліт., тис. к/м ³	≤ 400	≤ 400	≤ 500	≤ 800
Бак. обсіменіння, тис. КУО/см ³	≤ 100	≤ 300	≤ 500	≤ 3000
Середні в Україні ціни** за 1 кг, грн. (03.02.2023 р.)	12,20	11,65	10,50	7,00

* господарства населення

** за даними сайту <http://milkua.info>

На 1 січня 2020 року поголів'я корів в Україні склало 2560,7 тис. голів, з яких біля 600 тис. зосереджені на фермах сільськогосподарських підприємств, інші – в приватному секторі. При цьому, найбільш розповсюдженою в усіх

зонах України є технологія прив'язного утримання, на яку припадає 100 % всього поголів'я приватних господарств та біля 80 % поголів'я сільськогосподарських підприємств.

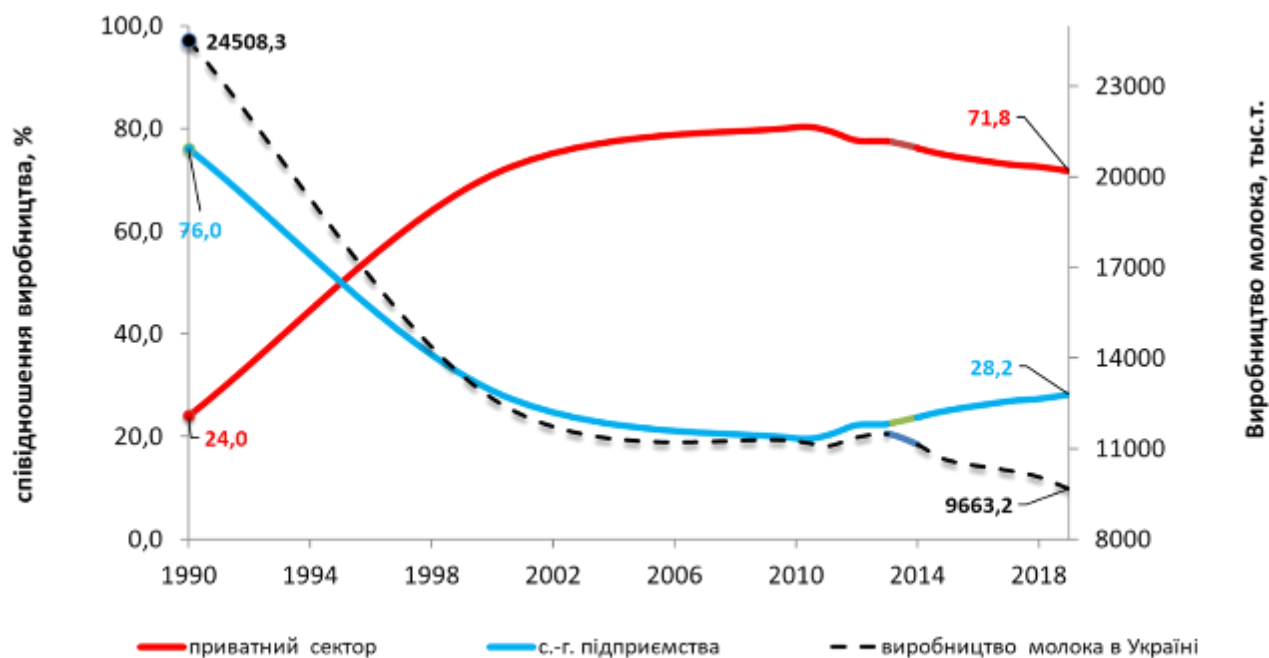


Рисунок 1.1 – Виробництво молока в Україні

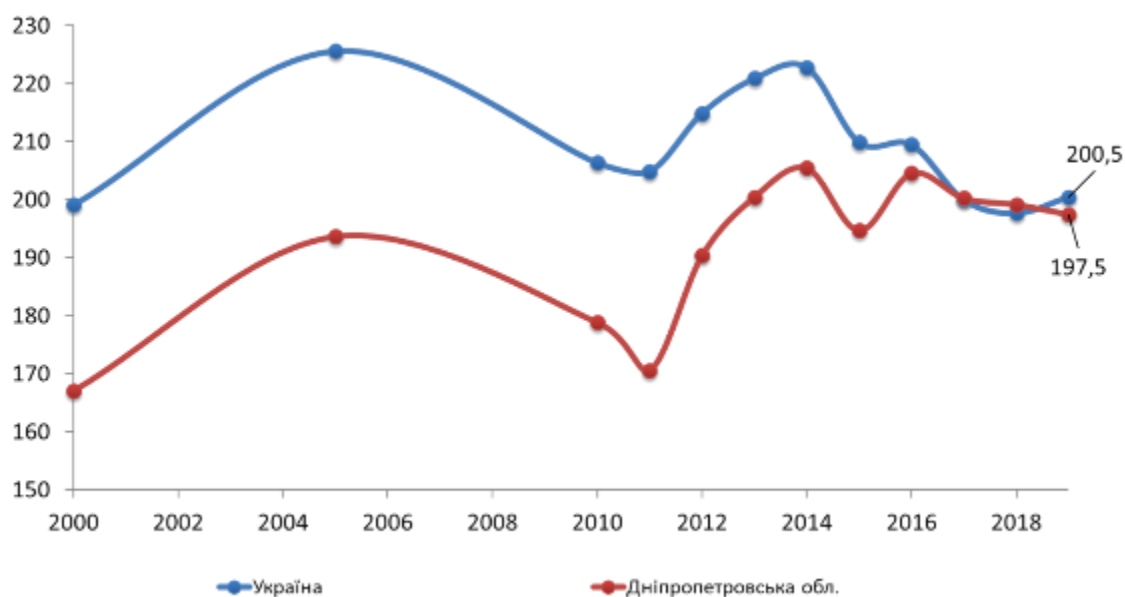


Рисунок 1.2 – Споживання молока і молочних продуктів в Україні

З 9,66 млн. т в 2020 році 72 % молока було вироблено в приватному секторі, а це, в основному, молоко низької якості Науково обґрунтована норма споживання молока і молокопродуктів – 370 кг на людину в рік (рис. 1.2).

Нами пропонується розробити енергоефективну пастеризаційно-охолоджувальну установку, розраховану на фермерські господарства з продуктивністю потоково-технологічної лінії (ПТЛ) первинної обробки молока до 1500 кг/год, що дозволить виробляти питне молоко, що задовольняє вимогам ДСТУ 2661:2010 «Молоко коров'яче питне. Загальні технічні умови» для подальшої реалізації у торгових мережах.

1.2 Аналіз технології та технічних засобів теплової обробки молока

Якість молока як безцінного продукту харчування людини залежить від багатьох факторів: періоду лактації корів, стану їхнього здоров'я, умов утримання, раціону годівлі та якості кормів, технології машинного доїння, первинної обробки молока та питань його короткочасного зберігання. У процесі транспортування молока обладнання воно піддається впливу різних бактерій і, особливо, шкідливих мікроорганізмів. Ступінь інфікування та поєднання популяцій бактерій залежать від чистоти середовища, в якому знаходиться корова, і від тих поверхонь, у контакт із якими вступає молоко. Такими поверхнями є: доїльний апарат, молочне обладнання, резервуар для транспортування молока. Причому ці поверхні є набагато більшим джерелом бактерій, ніж вим'я.

Вперше нагрівання рідин нижче точки кипіння, як спосіб знезараження, запропонував Луї Пастер у другій половині XIX століття. Він названий ім'ям цього дослідника – пастеризацією. Порівняно швидко цей спосіб знайшов широке застосування у всіх країнах світу.

Нагрівання з витримкою меншою мірою змінює фізико-хімічні показники

молока, ніж звичайне кип'ятіння. Теплова обробка молока до 63...90° С з метою його знезараження називається пастеризацією. При цьому без помітної зміни смаку, запаху та консистенції молока гинуть бруцельозні, туберкульозні та інші хвороботворні мікроорганізми.

Найбільш інтенсивно наукові роботи велися в галузі обґрунтування параметрів та режимів роботи пастеризаторів непрямого нагріву молока, теплоносієм у яких виступає пара чи гаряча вода.

У сучасній молочній промисловості використовуються такі способи пастеризації: тривала, тонкошарова, біоризація, короткочасна високотемпературна та миттєва.

Тривала пастеризація проводиться у танку чи цистерні, де весь обсяг молока нагрівається до температури не нижче 63°С та витримується протягом 30 хв. Цей спосіб пастеризації має суттєві недоліки: він вимагає великої кількості пари на одиницю продукції (100...140 кг на 1 т молока), низькопродуктивний, не виключає розмноження термофільних бактерій. Доступ кисню до продукту негативно впливає на якість молока (Знижується рівень вітаміну С).

В інших способах прогрівається потік молока, що пропускається через трубчастий або пластинчастий теплообмінний апарат; в обох випадках потік молока має турбулентний характер течії, чим і забезпечується швидка теплопередача. Контакт молока з атмосферним повітрям не відбувається.

Біоризація молока здійснюється в закритому від атмосферного повітря в просторі апарату шляхом розпилення його під високим тиском, швидкого та рівномірного нагріву до температури 72-76°С та подальшого швидкого охолодження. При цьому способі пастеризації молока окислювальна дія зовнішнього повітря усувається.

Тонкошарова пастеризація (або стасанація) обґрунтована лікарем Стассано. Вона проводиться за температури 75°С без доступу повітря

порівняно швидким нагріванням (не більше 15...16 с) тонкого шару молока (близько 1 - 1,2 мм) із двох сторін. Далі молоко надходить у теплообмінний акумулятор і потім швидко охолоджується.

У всьому світі найбільшого поширення набув метод високотемпературної короткочасної пастеризації з використанням пластинчастих пастеризатор. У зібраному апараті з обох боків пластин, крім кінцевих, є канали, якими рухаються рідини з різною температурою. Канали з теплішою рідиною чергуються з каналами з холодною.

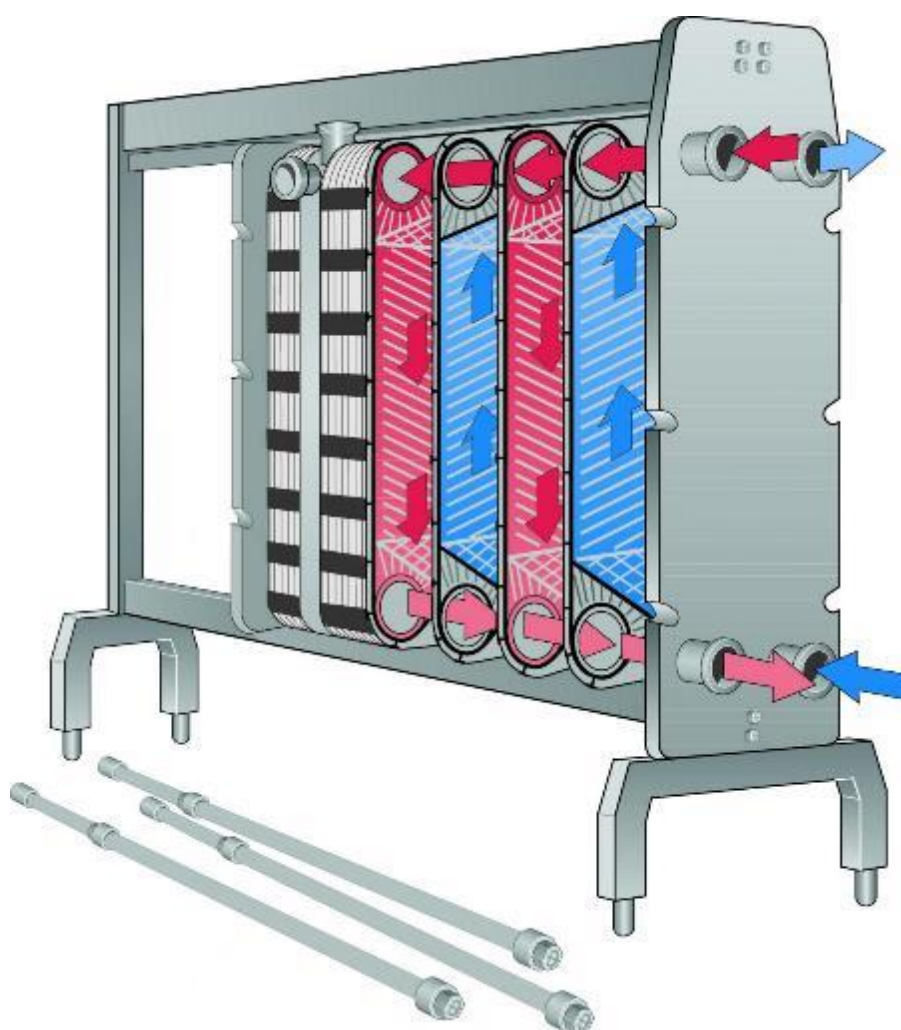


Рисунок 1.3 – Пластинчатий теплообмінник

Через стінку пластини від теплішої рідини теплота передається рідині із низькою температурою. Герметичність каналів у апараті забезпечується

гумовими прокладками, що приклеюються в пазах пластин. Стиснення пластин в апараті відбувається за допомогою головної стійки, натискної плити, розпірок та затискних муфт. Потік молока нагрівається до 80°C витримується при цій температурі близько 15 с. Цей спосіб пастеризації молока до цього часу переважає в більшості країн світу.

Істотним недоліком його є деяке погіршення смакових якостей та поживної цінності молока і утворення накипу на стінках елементів, що гріють, в результаті відкладення фосфорнокислих та лимоннокислих солей.

При миттєвій пастеризації тонкий шар молока в потоці швидко нагрівається без доступу повітря до температури не менше 85°C та негайно охолоджується у додатковому устаткуванні. В ньому в процесі інтенсивного нагрівання знищуються усі вегетативні форми мікроорганізмів. Це досягається в даний час в пластинчастих і трубчастих апаратах, що являють собою складні комплекси обладнання, оснащені засобами автоматики. Вище вказувалися мінімальні значення температури та тривалості витримування. На практиці виробники молочних продуктів проводять пастеризацію при вищих температурах, щоб збільшити допустимі терміни зберігання виробів.

До альтернативних способів обробки молока можна віднести наступні: обробка ультрафіолетом, ультразвуком, інфрачервоним електронагріванням, електрообробкою (електрохімічної обробки), надвисоким тиском, бактофугування, імпульсним електронним пучком, стерилізація, НВЧ нагрівання, мембранний метод та ін. Однак, вони не знайшли широкого застосування у зв'язку з складністю та невисокою надійністю конструкцій, що призводить до витрат на ремонт та потреби у висококваліфікованому обслуговуючому персоналі.

1.3 Класифікація пастеризаторів молока

Апарати прямого впливу на молоко здійснюють нагрівання без проміжного теплоносія. До них відносяться електричні та гідродинамічні пристрої нагрівання молока, інфрачервоного або ультрафіолетового опромінення, нагрівання в полі надвисоких частот (НВЧ). Відомі конструкції гідродинамічних пастеризаторів та нагрівачів рідини можна підрозділити за способом нагрівання рідини: кавітаційні, рідинного тертя та апарати, що використовують для нагрівання як тертя рідини, а й турбулізацію потоку. Серед них у молочному тваринництві знайшли застосування, переважно, гідродинамічні пастеризатори третього типу. Індукційні нагрівачі поділяються на вихрові та трансформаторні.

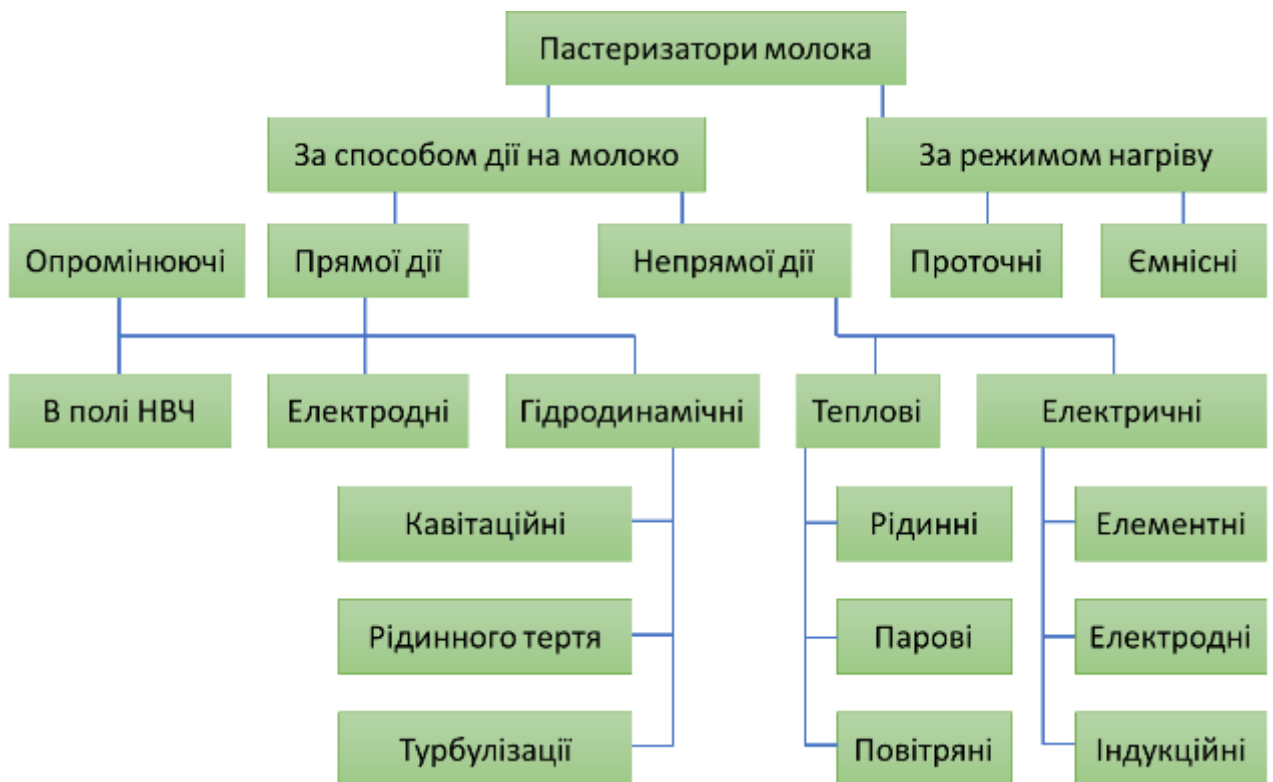


Рисунок 1.4 – Класифікація пастеризаторів молока

Усі пастеризаційні установки за режимом нагрівання молока поділяються на ємнісні та проточні. У ємнісних пастеризаторах процес роботи циклічний, через що вони мають низьку продуктивність.

1.4 Аналіз конструктивних особливостей пастеризаторів

В апаратах прямого впливу на молоко джерелом тепла пастеризації може бути інфрачервоне опромінення, електричний струм або тертя при гідравлічному опорі рідини, що рухається.

Пастеризація за рахунок опромінення молока знайшла широке застосування країнах ЄС. До них, перш за все, необхідно віднести апарати інфрачервоного електронагріву, в яких для нагрівання молока та знищення спір бактерій використовується ІЧ - випромінювання в інтервалі хвиль 2,5..3,5 мкм.

Інфрачервоний електронагрів - електромагнітне випромінювання, займає область між червоною межею видимого світла (0,76 мкм) та короткохвильовим випромінюванням (5,0 мкм). Молоко подається на обробку тонким шаром, обробка молока від ІЧ - джерел швидко і майже повністю знищує мікрофлору. При цьому зміна смакових та харчових якостей незначно.

Обробка може проводитись у щадному температурному режимі (79,5 °С) у потоці без витримки з ефективністю 99,9%. При нижчій температурі спосіб працює як за звичайної пастеризації. Спосіб вимагає малого робочого об'єму установки, мінімального теплового напору, мінімальних теплоприток та втрат тепла, суттєвої економії (до 80%) тепла в секціях рекуперації, малої настановної площі, має можливість роботи з високою продуктивністю. Однак, до проблем можна віднести появу масляної плівки та жорсткі вимоги до дотримання температурного режим обробки.

У пастеризаційно-охолоджувальній установці УОМ-ІК-1 (рис. 1.5) при дії на молоко не виникають небажані фотохімічні реакції. У той же час ІЧ - обробка надає руйнівну дію на органічні компоненти (жири, білки, вуглеводи і т.д.). ІЧ - обробка негативно впливає на зір, що вимагає при роботі з установками дотримання засобів безпеки.

Скло обмежувачих робочих поверхонь, що покриваються масляною плівкою, знижують ефективність обробки, що вимагає спеціального періодичного промивання.

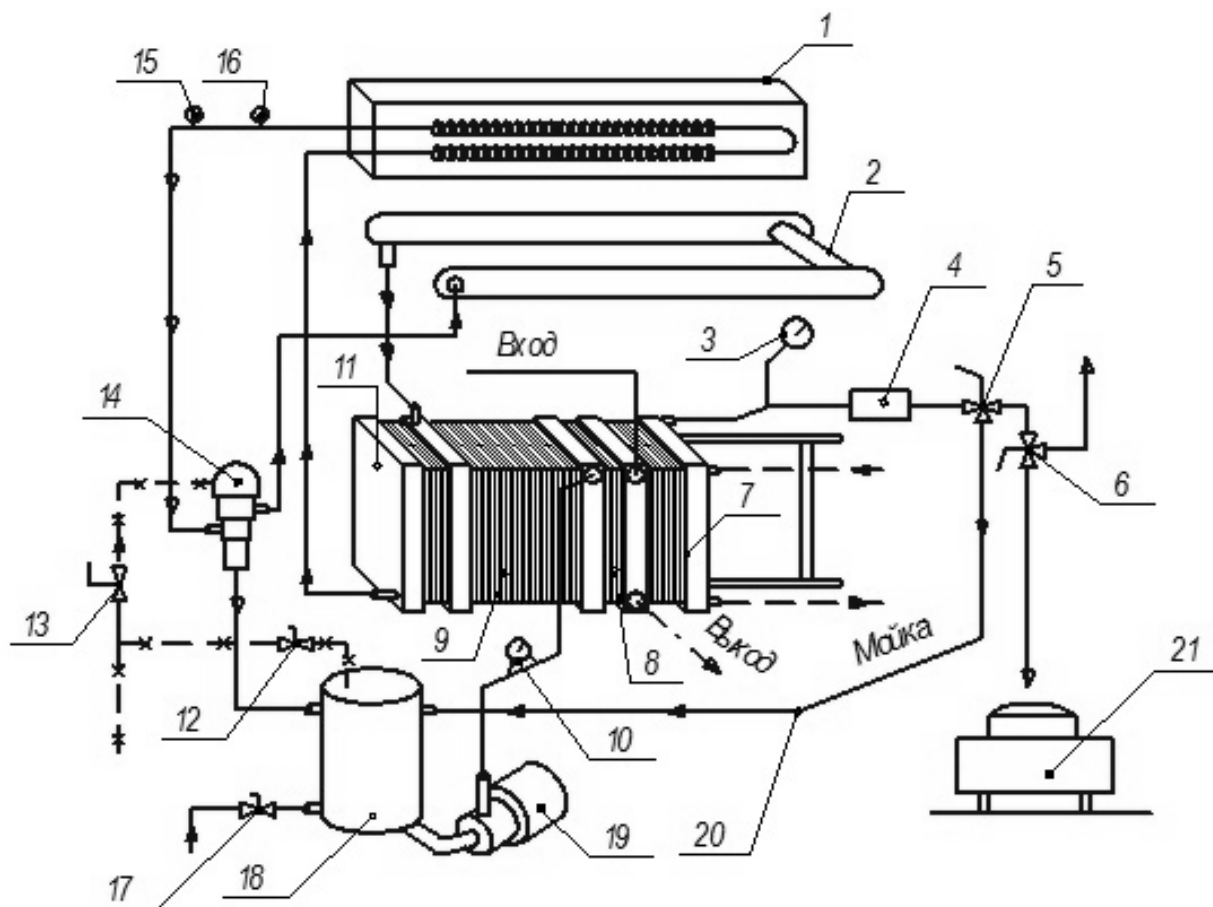


Рисунок 1.5 - Схема пастеризатора УОМ-ІК-1

У безнапірних пастеризаторах типу "УФО" ТОВ "Пурвел" обробка молока, здійснюється інтенсивним потоком ультрафіолетових променів. Вони мають продуктивність від 250 до 5000 л/год. та вимагають потужність від 0,8 до 14,4 кВт. Маса їх від 145 кг до 2 т.

Застосовуються на практиці установки надвисокочастотного нагріву НВЧ полем із частотою понад 3000 МГц.

На рис. 1.6 представлений фірмою "Hydrodynamic inc." США кавітаційний генератор, в якому для нагрівання використовується принцип кавітації.

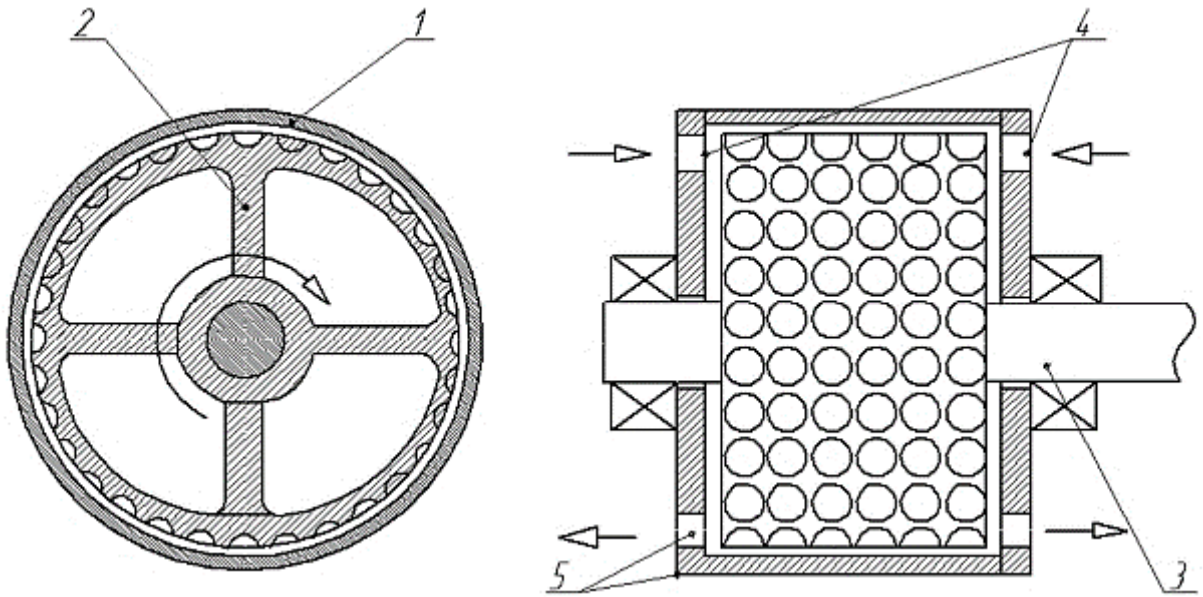


Рисунок 1.6 - Кавітаційний генератор: 1 – корпус; 2 – ротор; 3 – вал; 4 - канали підведення рідини; 5 - канали відведення пастеризованої рідини.

Він має корпус 1 з кришками і ротор 2 у вигляді барабана з пористою зовнішньою поверхнею, що контактує з гладкою внутрішньою поверхнею циліндричної частини корпусу. Рідина при обертанні ротора під дією відцентрових сил відкидається до стін корпусу. Усередині цих комірок створюється розрідження. Потім це розрідження в якийсь момент долає відцентрову силу рідини. Вона змінює напрямок руху на зворотний. Утворені при цьому бульбашки схлопуються. Цей процес кавітації повторюється з високою частотою. В результаті частина кінетичної енергії дисипується в тепло та поглинається рідиною.

За даними американських вчених кавітаційні генератори знайшли застосування для нагрівання води, а також для інтенсифікації окислювальних процесів у стічних водах целюлозно-паперового виробництва. Недоліком їх є порівняно великі габарити, незначне тепловиділення, яке не дозволяє використовувати їх для пастеризації молока.

Пастеризатори молока марки ПМР-0,2; ПМР-0,2-1 та ПМР-0,2-2 мають

продуктивність 600, 1200 та 1600 л/год. Принцип роботи таких установок подано на рис. 1.7.

Його можна використовувати разом із доїльною установкою чи автономно. При необхідності пастеризатор налаштовують режим стерилізації молока. Питомі витрати електроенергії в порівнянні з витратами при роботі інших установок знижено в 2,5...3 рази, а площа, яку займає установкою, що не перевищує 1,5 м². На рис. 1.4 наведено технологічну схему пастеризатора ПМР-02 ВТ.

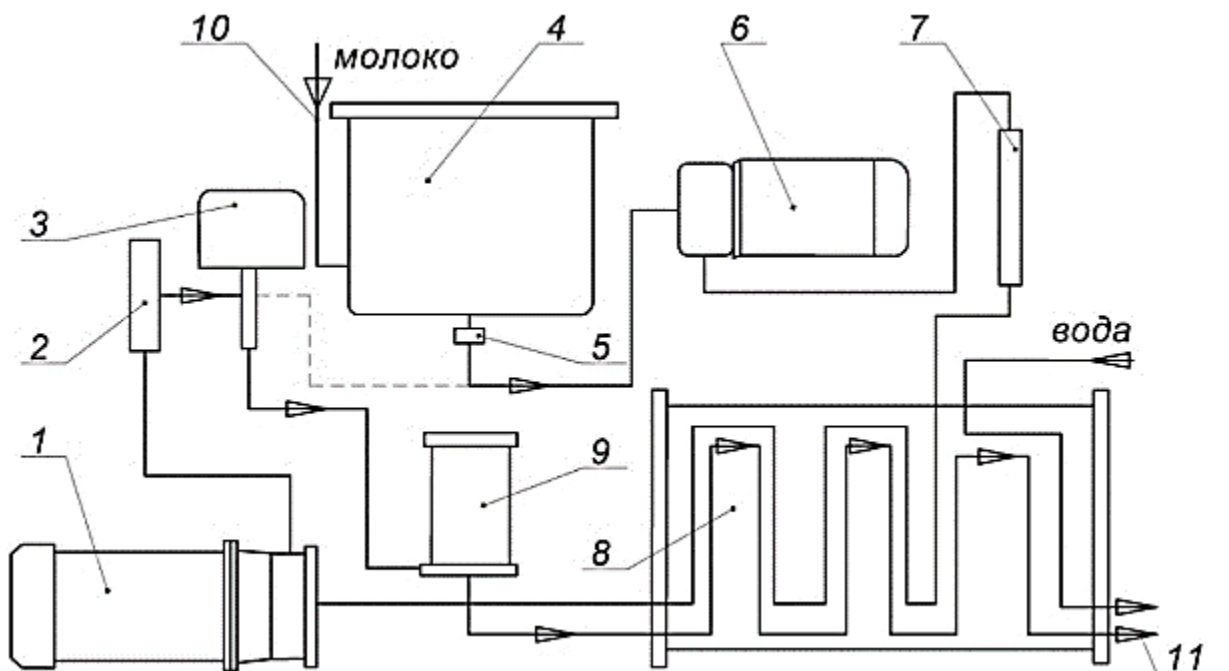


Рисунок 1.7 – Схема пастеризаційної установи ПМР-0,2 ВТ: 1 – гідродинамічний нагрівач; 2 – термометр; 3 - клапан; 4 – бак; 5 – кран; 6 – молочний насос; 7- фільтр; 8 - пластинчастий теплообмінний апарат; 9 – витримувач; 10 - трубопровід подачі; 11 – вихід молока

До недоліків гідродинамічних пастеризаторів можна віднести наступне: у нагрівачі є рухомі елементи; для приводу нагрівача необхідний електродвигун;

невелика температура нагріву ($7...9^{\circ}\text{C}$) призводить до необхідності збільшення секції регенерації теплообмінного апарату; двостадійна пастеризація.

У роботах Кука Г.А. значну увагу присвячено дослідженням теплообміну між нагрівальним середовищем та пастеризованим молоком. Їм обґрунтовано кратність циркуляції гарячої води для трубчастих (4...6) та пластинчастих (3...4) пастеризаторів, кратність циркуляції холодної води в лінії охолодження пастеризованого молока регенератори тепла. Однак, якщо молоко гріється паром, потрібна котельня. Парові пастеризатори економічно ефективні при продуктивності вище 10 т/годину.

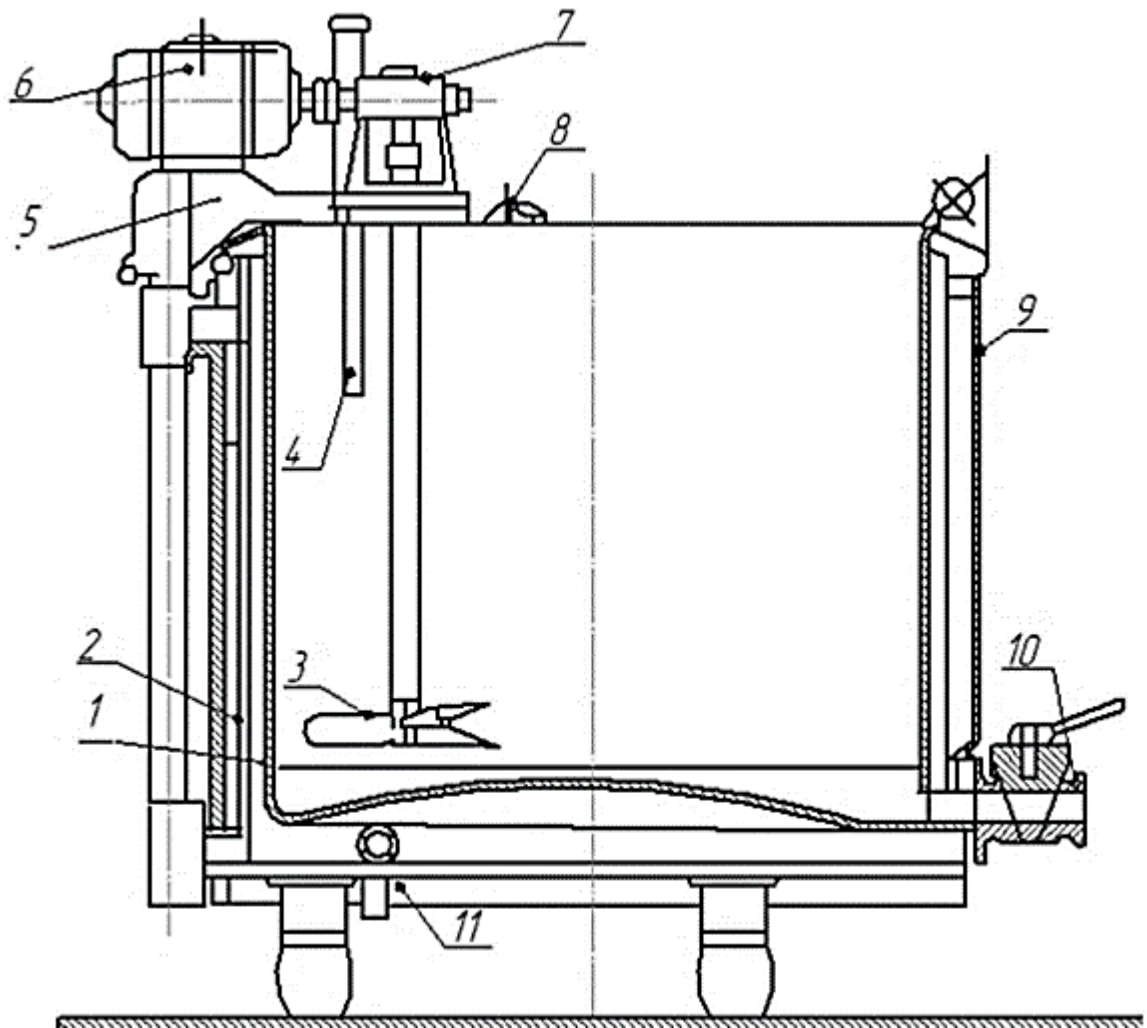


Рисунок 1.8 - Ванна тривалої пастеризації молока

з вертикальною мішалкою

Пастеризатори, що використовують для нагрівання молока водяну сорочку, поступають за економічності електропастеризаторам, тому що використовують теплоносій замість прямого нагрівання продукту. Найпростішими пристроями для пастеризації молока є ванни тривалої пастеризації. Серед конструкцій ванн найчастіше застосовують двостінні водяні ванни тривалої пастеризації (ВДП) ємністю 300, 600 та 1000 л (рис. 1.8).

«Всередині кожуха 9 вставлений мідний резервуар 1, покритий з внутрішньої сторони оловом. Міжстінний простір ванни служить пароводяною сорочкою. Заповнення резервуара молоком проводиться через люк кришки, повертається навколо шарніра 8. Випуск після пастеризації - через молочний кран 10. Вода в сорочку подається знизу з водопровідної мережі та підігрівається гострим паром, що надходить через трубку 11 дні циліндра. Регулювання температури води у сорочці проводиться кількістю пара, що надходить.»

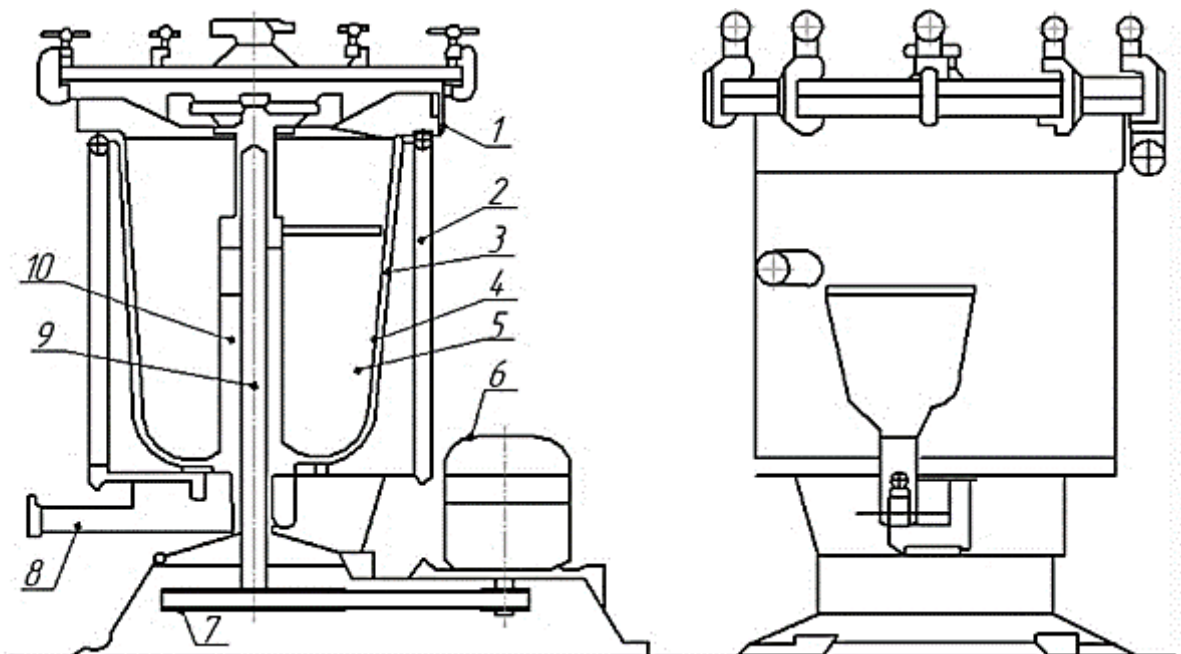


Рисунок 1.9 - Пастеризатор ОПА-2 з витіснювальним барабаном

В процесі роботи ванни проточна гаряча вода з верхньої частини сорочки витікає у відкриту переливну трубу. Для подачі молока у ванну та відкачування його після пастеризації поруч встановлюється молочний насос. У ряді конструкцій ванн тривалої пастеризації молока нагрівання води у міжстінній камері (сорочці) виробляється не паром, а електричними елементними нагрівачами (ТЕНами). Потужність ТЕНів у середньому становить близько 10 кВт на кожні 100 л пастеризованого молока, час нагрівання - близько 1 години, а охолодження молока проточною водою – 1,5 години.

У цих пастеризаторах поживна цінність молока дещо знижується. І хоча майже всі вітаміни досить стійкі до температур пастеризації, білки при нагріванні частково випадають осад. Випадання альбуміну при миттєвій пастеризації (80...85° С) може становити 30 і більше відсотків від загальної кількості альбуміну та глобуліну в молоці. Внаслідок цього на внутрішніх стінках пастеризатора утворюється накип, що викликає необхідність періодичного чищення. У пластинчастих пастеризаційних установках потік молока нагрівається до температури 72-76° С і витримується протягом 15-20 секунд.

Пастеризаційно-охолоджувальна установка пластинчастого типу зазвичай має зрівняльний бак з клапанно-поплавковим пристроєм для регулювання рівня молока в баку, відцентровий насос для молока, пластинчастий теплообмінний апарат, сепаратор - молокоочисник, витримувач, перепускний клапан, відцентровий насос для теплоносія, паро-контактний нагрівач для нагрівання теплоносія та пульт керування. Пластинчастий теплообмінний апарат – основна частина пастеризаційно-охолоджувальної установки. Великою його перевагою перед іншими пастеризаторами вважається те, що він має легко розбірну, поверхню теплообміну, що складається з окремих зімкнутих елементів.

Пластинчастий теплообмінний апарат (рис. 1.10) складається з головної

передній 3 та допоміжній задній 9 стійок, між якими на штангах 7 закріплені теплообмінні пластини 15. По периферії кожної пластини спеціальною канавкою укладено прокладку з харчової гуми 13, яка на лицьовій стороні пластини обмежує канал для відповідного потоку середовища.

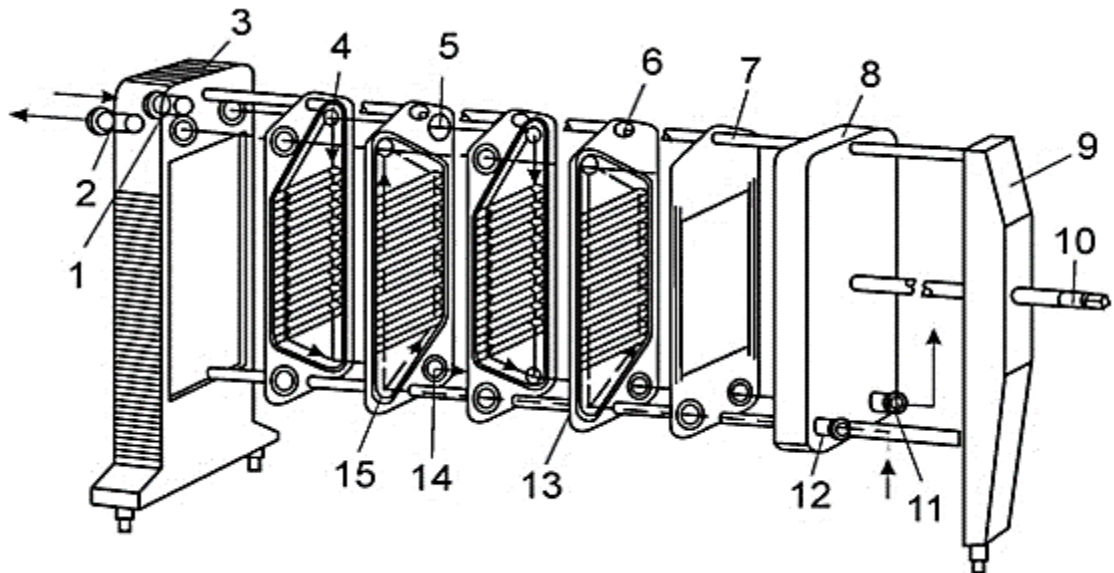


Рисунок 1.10 - Схема пластинчастого теплообмінного апарату

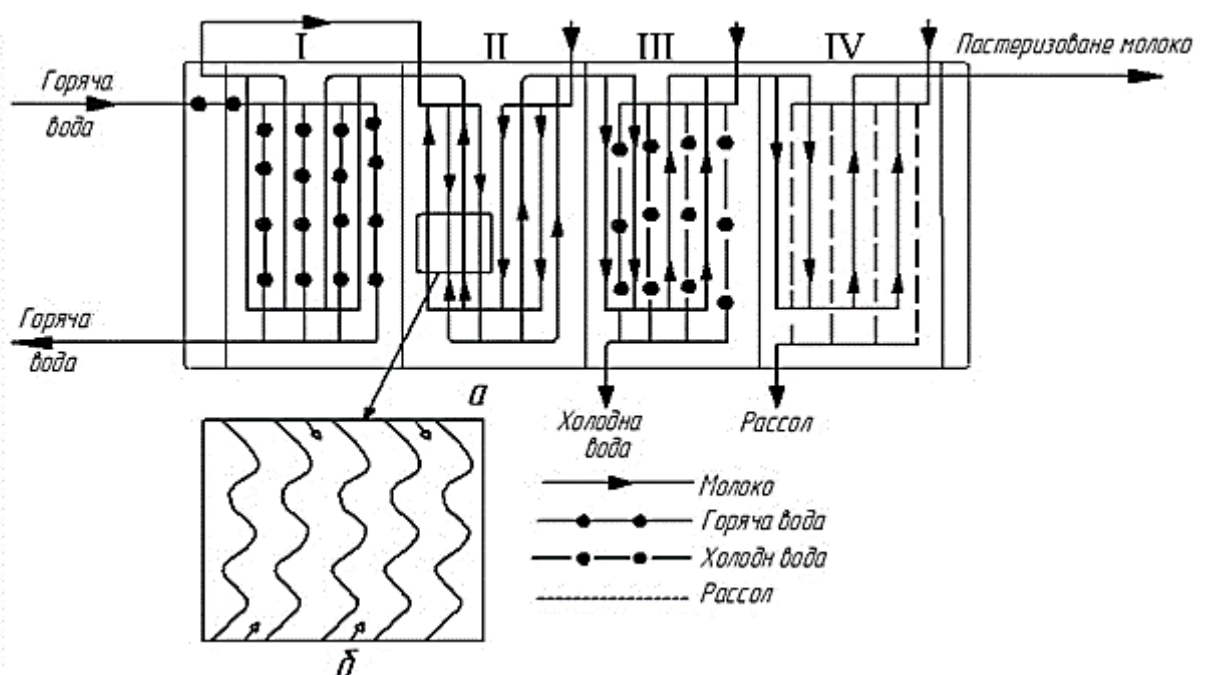


Рисунок 1.11 - Схема руху молока, гарячої та холодної води

Пластинчаста пастеризаційна установка ОКЛ-0,5 створена для пастеризації молока на підприємствах малої потужності. Установка ОКЛ-0,5 складається з пластинчастого апарату, системи "конвекційний бак-інжектор" для підготовки гарячої води, сепаратора - молокоочисника, водонагрівача, насосів для продукту та води, системи контролю та автоматичного регулювання процесу. Технологічний процес в установці здійснюється наступним чином.

Молоко з ємності для зберігання надходить у приймальний бак, який за допомогою регулюючого пристрою заповнюється до певного рівня. Молоко з приймального бака насосом подається в секцію регенерації 1 пластинчастого апарату для попереднього нагрівання і далі в сепаратор - молокоочисник для очищення від механічних домішок та інших забруднень.

Далі молоко повертається в апарат, проходить через секцію регенерації 2 де нагрівається до 76-80 ° С гарячої водою, яка циркулює за допомогою відцентрового насоса у замкнутому контурі бойлерно-інжекторного блоку, проходячи послідовно через нагрівач та конвекційний бак. Потім молоко прямує через перемикаючий клапан у витримувач, звідти - у секції регенерації, охолодження та в молокосховище. Охолодження молока до 2 – 6° С здійснюється в секціях регенерації надходить молоком і в секціях охолодження крижаною водою.

Технологічні параметри пастеризації автоматично контролюються, регулюються та реєструються. При порушенні заданого режиму молоко спрямовується на повторну пастеризацію. У трубчастих пастеризаційних установках (рис. 1.12) пастеризація молока та інших рідких продуктів відбувається в закритому потоці при високій швидкості. До них відносяться установки ПТУ-1М та ТПО-2,5.

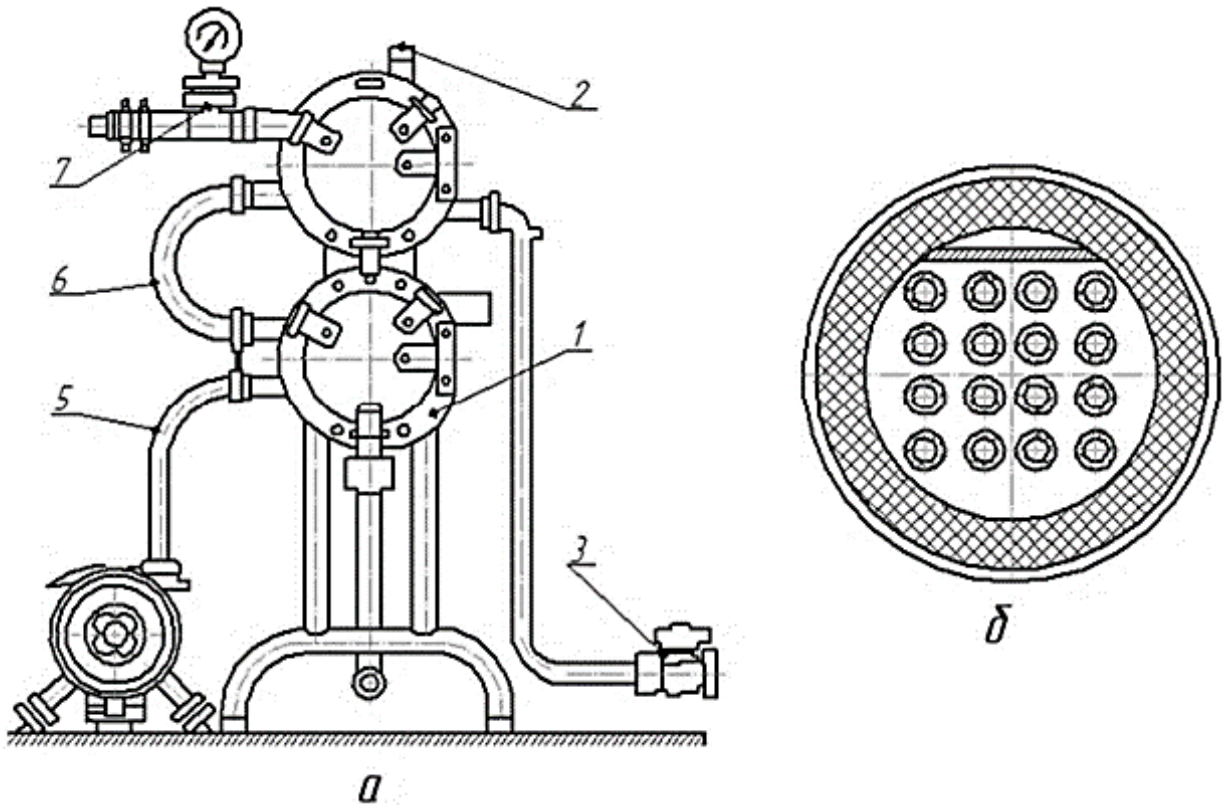


Рисунок 1.12 - Трубчаста пастеризаційна установка: а - загальний вигляд, б - циліндр у розрізі; 1 - нижній циліндр; 2 - циліндр верхній; 3 - конденсатовідвідник; 4 - електронасос відцентровий; 5,6,7 - молокопроводи.

Пастеризаційна установка ПТУ-1М має ряд недоліків, а саме високу металоємність, великі габарити, необхідність значного вільного простору для чищення та миття апарату, високі витрати праці на складання-розбирання апарату.

Індукційний нагрівач ВІН (рис. 1.13) працює за рахунок індукційної котушки 1, напругою 220/380, 50 Гц. В системі коаксіально розташованих металевих труб створюється змінне магнітне поле, в якому метал за рахунок перемагнічування нагрівається та нагріває продукт, що обробляється.

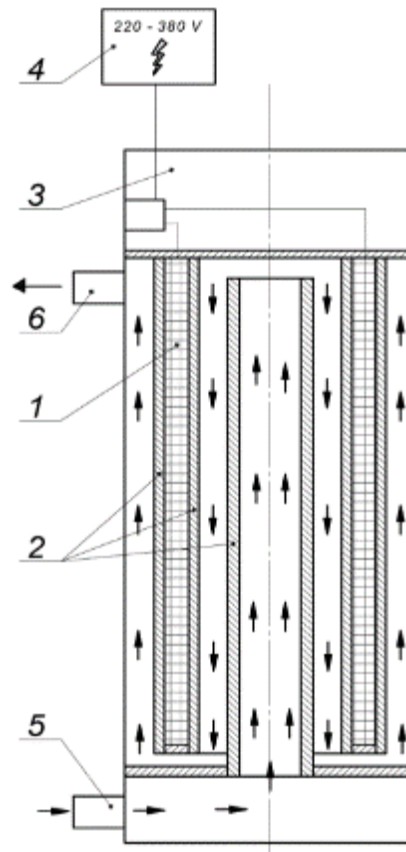


Рисунок. 1.13 - Вихровий індукційний нагрівач: 1 – котушка; 2 – теплообмінник; 3 – клемна коробка; 4 - шафа управління; 5 – вхідний патрубок; 6 - вихідний патрубок

Економічність індукційних нагрівачів ВІН забезпечується більш простою та надійною конструкцією в порівнянні з елементними нагрівачами на 40 – 50%. Економічність індукційних нагрівачів перевірена в процесі експлуатації протягом більше 5 років. Економічність і надійність забезпечується більш простою та міцною конструкцією. Елементний нагрівач спочатку нагріває ТЕНи, а вже після цього ТЕНи своєю поверхнею віддають тепло рідини. В процесі пропускання струму, рідина гріється всім об'ємом металевої конструкції, що знаходиться в магнітному полі обмотки. Таким чином роль нагрівача виконує сама конструкція. Застосовуючи індукційний нагрівання можна збільшити площу теплообміну в кілька разів порівняно з елементними тієї ж потужності. До технологічних переваг індукційних нагрівачів

відноситься, так само, і те, що різниця температур між рідиною та нагрівачем не перевищує $10 - 15^{\circ} \text{C}$, що виключає пригар, знижує швидкість утворення відкладень на робочих поверхнях установки.

Аналізуючи порівняльні показники пастеризаційних установок ми можемо зробити такі висновки:

- ванни тривалої пастеризації мають найбільшу питому потужність, що негативно позначається на енергоспоживанні, та їх використання у фермерських господарствах недоцільно;

- парові пастеризатори з електричними парогенераторами так само мають велику питому потужність (90 Вт/л), та їх експлуатація пов'язана з втратами тепла під час передачі пари;

- пастеризатори, що використовують інфрачервоне та ультрафіолетове опромінення молока мають нижчу питому потужність (17 Вт/л);

- мінімальне значення питомої потужності (16,7 Вт/л) мають гідродинамічні пастеризатори;

- застосування вихрових індукційних нагрівачів дозволяє ще більше скоротити величину питомої потужності (до 12,5 Вт/л), проте конструкції таких нагрівачів необхідно адаптувати для теплової обробки молока.

Індукційний нагрівач має такі особливості:

- у порівнянні з елементними нагрівачами, площа поверхні теплообміну індукційного значно більше, що дозволяє нагрівати безпосередньо молоко, без використання проміжного теплоносія;

- індукційний нагрівач не має рухомих частин, на відміну від гідродинамічних;

- молочний слиз, що осідає на поверхнях теплообміну істотно впливає на технологічний процес, на відміну від пастеризаторів, що використовують інфрачервоне та ультрафіолетове опромінення;

- різниця температур між поверхнею теплообміну та молоком не перевищує

10...15°C, що знижує швидкість утворення відкладень на робочих поверхнях установки;

- індукційний нагрівач займає мало місця, тому що представляє собою вертикально розташовану трубу, та при модернізації пастеризаційних установок із заміною штатного нагрівача на індукційний зменшиться зайнята площа, що актуально для фермерських господарств та міні цехів з переробки молока.

1.5 Висновки

1. Порівняльний аналіз різних пастеризаційних конструкцій установок показав, що теплова обробка молока в умовах фермерських господарств енергетично вигідна при застосуванні обробки в потоці з використанням індукційних нагрівачів, що дозволяє скоротити величину питомої потужності до 118 Вт/л. При цьому існує необхідність розробки індукційних нагрівачів молока.

2. Встановлено, що процес непрямого індукційного нагрівання молока у теплообмінних апаратах безперервної дії відноситься до класу нових, нестандартних об'єктів, які мають низку специфічних особливостей. Досягнення заданих технологічних та енергетичних характеристик проектованої пастеризаційної установки з індукційним нагрівачем в умовах жорстких вимог щодо точності відтворення температур можливе лише шляхом дослідження процесів енергозбереження та тепломасообміну на базі уточнених математичних моделей та методик розрахунку конструктивних та режимних параметрів нагрівача.

3. Порівняльні енергетичні та технічні характеристики електрифікованих пастеризаційних установок показали перспективність розробки та дослідження індукційних нагрівачів у склад пастеризаційних установок.

2 Теоретичне обґрунтування пастеризатора з індукційним нагрівачем

Порівняльні енергетичні характеристики показали перспективність розробки та дослідження індукційних нагрівачів у склад пастеризаційних установок. Для усунення виявлених недоліків електропастеризаторів потрібна розробка нової конструкції, і з'являється необхідність виявити технічні та технологічні параметри нового обладнання.

Індукційні нагрівачі раніше не розглядалися як пастеризатори, тому необхідно визначити критерій пастеризації таких пристроїв. Предметом теоретичного розгляду у цьому розділі є:

- розробка нової конструкції індукційного нагрівача, що забезпечує високу якість обробки продукту;
- обґрунтування електричної потужності нагрівача, за якої забезпечуватимуться технологічні параметри лінії термічної обробки молока;
- забезпечення рівномірного нагрівання молока в потоці при його термічній обробці.

2.1 Лінія виробництва питного молока із застосуванням індукційного нагрівача

У першому розділі нами було розглянуто пастеризаційні установки, які доцільно застосовувати у фермерських господарствах для переробки молока з подальшою реалізацією продукції торгових мережах. Аналіз їх енергетичних та технічних характеристик показав доцільність застосування індукційних нагрівачів як пастеризаторів.

Розглянемо технологічну лінію виробництва питного молока (рис. 2.1), в

якій використовується індукційний нагрівач.

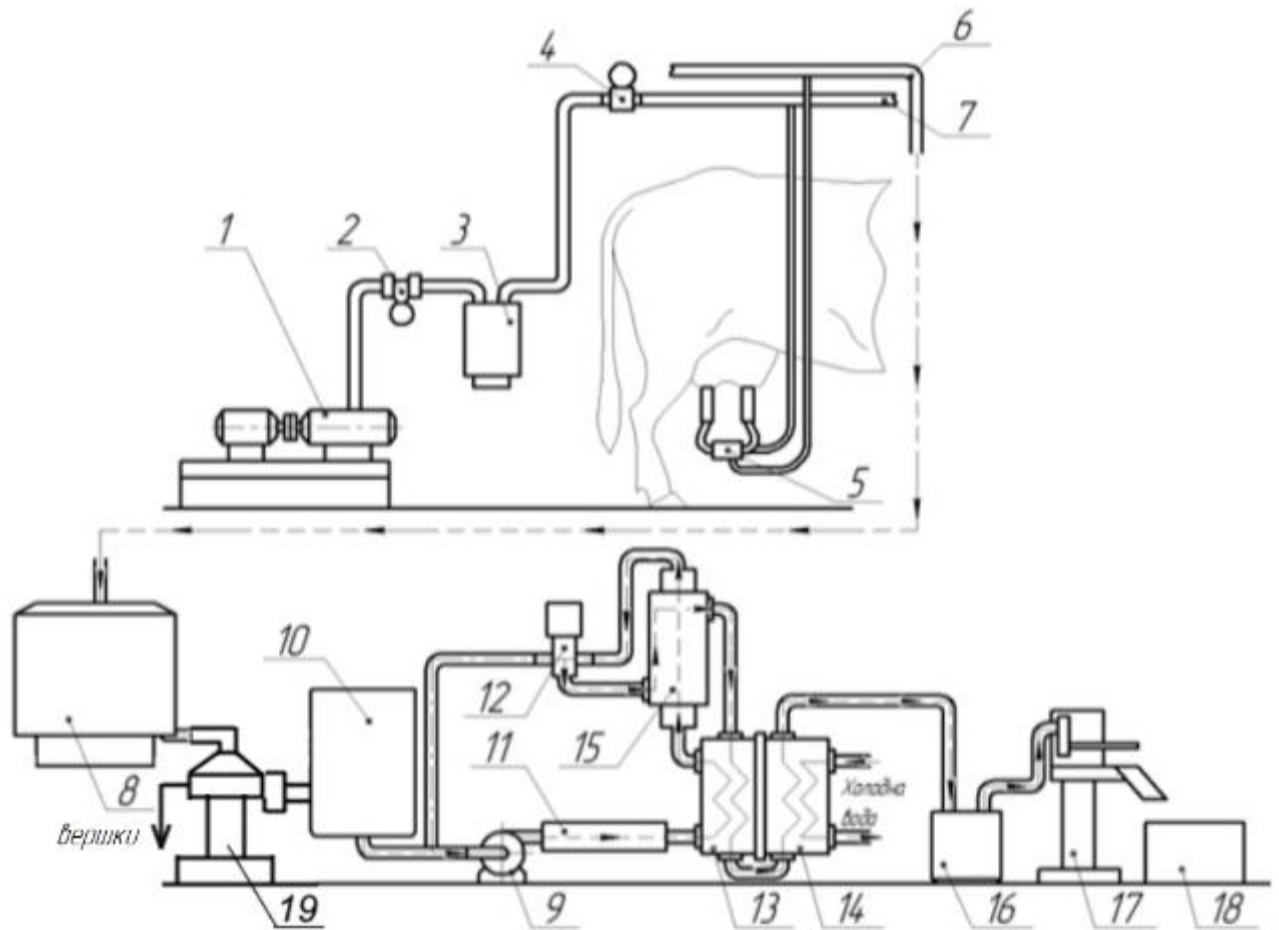


Рисунок 2.1 - Лінія виробництва питного молока: 1 – вакуумний насос; 2 – вакуумний регулятор; 3 – вакуумний балон; 4 - вакуумметр; 5 – доїльний апарат; 6 – молокопровід; 7 вакуум-провід; 8 - повітророзділювач; 9 – молочний насос; 10 - приймальний бак; 11 - молочний фільтр; 12 – клапан повернення; 13 – секція рекуперації; 14 – секція охолодження водою; 15 - індукційний нагрівач із витримувачем; 16 - проміжний бак; 17 – установка для розливу молока; 18 - пакувальна тара, 19 – сепаратор-нормалізатор

Процес виробництва молока відбувається так: молоко від доїльного апарату 5 по молокопроводу 6 надходить у повітророзділювач 8, звідки через сепаратор-нормалізатор 19 прямує в приймальний бак 10. Молоко з

приймального бака 10 насосом 9 подається через фільтр 11 пластинчастий теплообмінний апарат. У секції регенерації 13 апарата молоко підігрівається за рахунок теплоти, що передається від продукту, що надходить з витримувача, і подається нагрівач 15 (нагрівач та витримувач об'єднані в одній конструкції).

Далі молоко проходить через проміжну ємність 16 і надходить на апарат розливу в пакети 17. Упаковане молоко 18 направляється на короткочасне зберігання, та був реалізацію. Як джерело тепла в пастеризаційній установці ми застосовуємо індукційний нагрівач, де попередньо підігріте в регенератор молоко нагрівається до температури пастеризації. Основною особливістю індукційного нагріву є виділення теплоти в самих тілах, що нагріваються, що дозволяє передати в них більше потужності, отримати високий термічний коефіцієнт корисної дії за рахунок виділення теплоти лише у необхідних частинах об'ємів.

У ряді випадків отримати температурні розподіли, недосяжні за інших способи нагрівання (наприклад, зі зворотним теплоперепадом - коли внутрішні шари нагріваються до температури більшої, ніж максимальна температура поверхні за весь період нагріву).

Розглянемо електротехнологічний процес первинної обробки пастеризаційної установки з індукційним нагрівачем молока. Індукційний нагрівач із витримувачем представлений на рис. 2.2. Індукційний нагрівач молока з витримувачем включає в себе корпус 1, виконаний з харчових пластмас, нижню вхідну камеру 2 і верхню вихідну камеру 3, забезпечені вхідним та вихідним патрубками 4 і 5. Рух рідини, що нагрівається здійснюється через кільцеві зазори 6, утворені коаксіально розташованою трубою 7 і стрижнем 8, виконаними з нержавіючої сталі. Зовні корпусу розміщена обмотка індуктора 9, поверх якої розташовується витримувач 10, що являє собою кільцеву ємність. З нагрівача рідина надходить у витримувач через обвідну трубу 11. Вихід пастеризованого молока здійснюється через вихідний патрубок

12. Зовні пристрій захищений теплоізоляційним шаром.

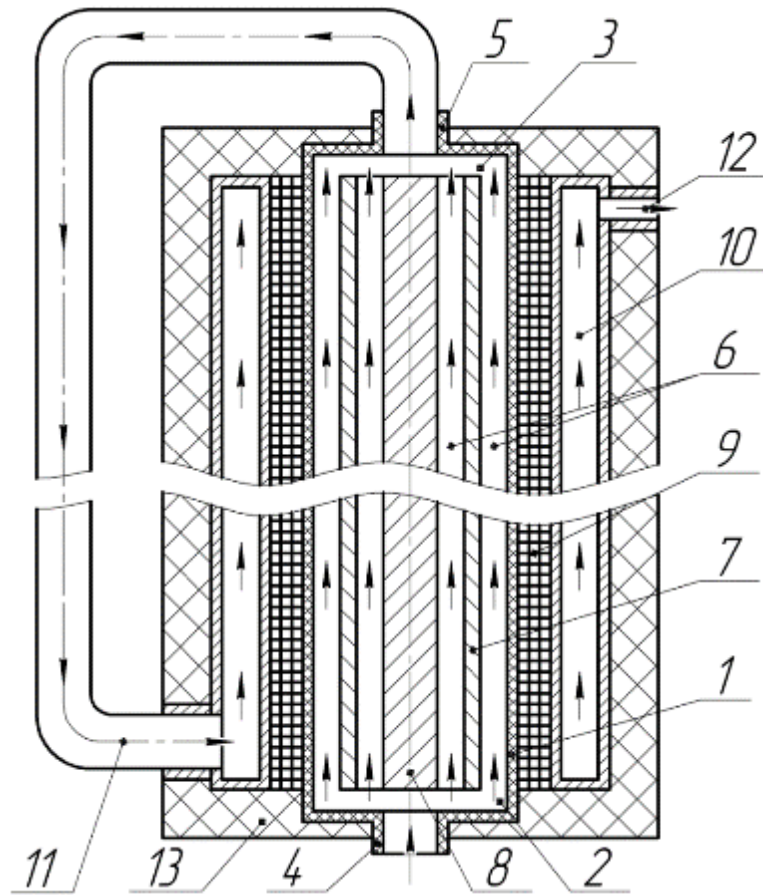


Рисунок 2.2 – Індукційний нагрівач молока з витримувачем

При такій конструкції нагрівання молока здійснюється від стінок коаксіально розташованих труб у кільцевих зазорах між ними. До якості пастеризації пред'являються жорсткі вимоги, тому теплова обробка повинна бути однаково ефективна для всього об'єму продукту (молока), що обробляється, тобто температура і час нагрівання повинні бути однаковими всім потоків. Втрати енергії на всіх етапах перетворення будуть пропорційні площі контакту нагрітих поверхонь (корпусів, трубопроводів) із навколишнім середовищем. Ми вважаємо, що зменшити площу поверхні можливо, об'єднавши в одній конструкції нагрівач і витримувач. Таким чином, передача

та перетворення енергії проходять в одному пристрої, де з докільлям контактує тільки витримувач. За рахунок цього підвищується коефіцієнт корисної дії пастеризаційної установки та енергозбереження в електротехнологічному процесі теплової обробки молока з використанням індукційного нагрівача.

2.2 Визначення критерію пастеризації

Ефективність пастеризації молока залежить від температури нагрівання та тривалості дії температури. Відомо, що температура вище 60°C може пригнічувати мікрофлору молока. Нижче 60° будь-який апарат виконує лише функції нагрівання молока. При температурах вище 60° відбувається пастеризація, для завершення якої потрібно певний час, що залежить від температури нагрівання молока. Вихідними даними при обґрунтуванні потужності індукційного нагрівача є продуктивністю пастеризаційної установки.

Тепло $Q_{\text{п}}$, необхідне для обробки молока, у пастеризаційній установці виробляється індукційним нагрівачем потужністю $P_{\text{т}}$. На рис. 2.3 представлений спрощений графік зміни температури молока у всіх елементах досліджуваної пастеризаційної установки.

Розглянемо тепловий баланс установки за елементами. Теплова енергія індукційного нагрівача (I) витрачається на нагрівання молока $Q_{\text{п}}$, втрати тепла $Q_{\text{ос}}$ через зовнішні поверхні нагрівача, витримувача (II), регенератора (III) та трубопроводів у навколишнє середовище, а так само значна частина тепла $Q_{\text{ов}}$ йде з охолоджувальною рідиною секції охолодження регенератора (IV).

Регенератор (III) пастеризаційної установки є протиточний пластинчастий апарат, в який надходить нагріте пастеризоване молоко, що охолоджується вступником у пастеризаційну установку холодним молоком.

Коефіцієнт регенерації (відношення повернутого тепла при регенерації до

загального тепла на пастеризацію молока) дорівнюватиме:

$$\xi = \frac{t_p - t_H}{t_H - t_H} = 1 - \frac{\tau}{t_H - t_H}, \quad (2.1)$$

де τ - різниця температур між потоком, що нагрівається і охолоджується,
 $\tau = (1 - \xi)(t_H - t_H)$

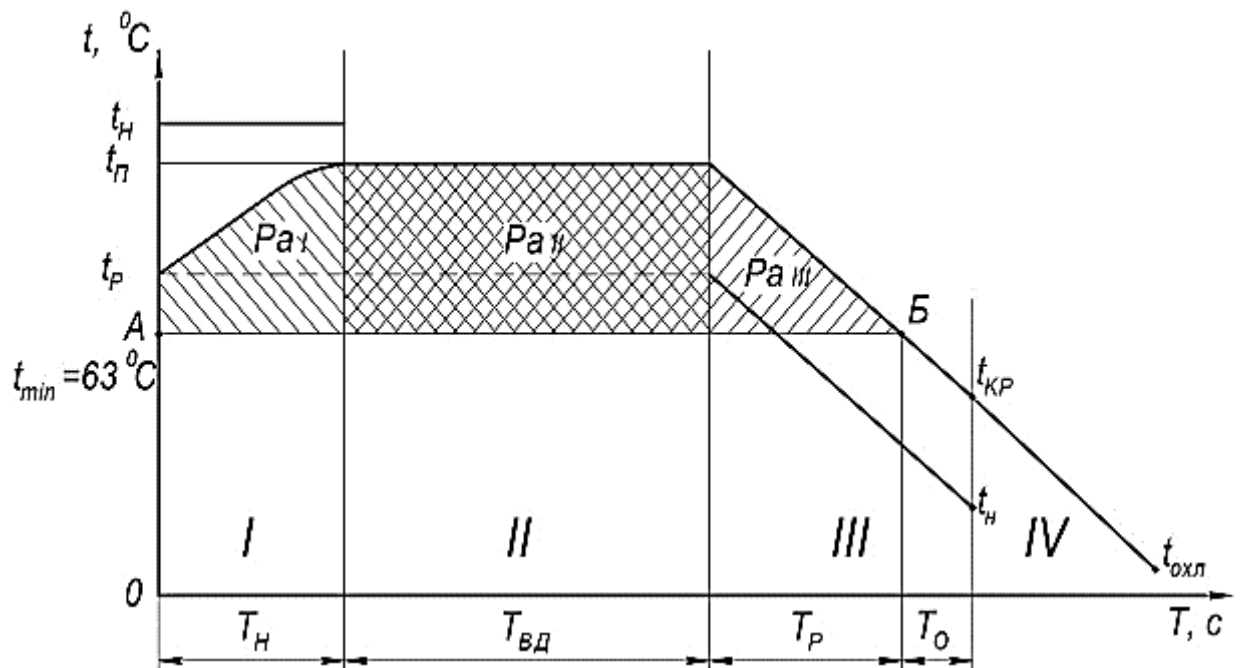


Рисунок 2.3 - Графік зміни температури в елементах установки теплової обробки молока з індукційним нагрівачем: I – індукційний нагрівач; II – витримувач; III – регенератор; IV – охолоджувач.

Температури:

t_H - нагрівача, t_P - пастеризації, t_P - на вході в нагрівач, $t_{кр}$ - на виході з регенеративної секції теплообмінного апарату, $t_{охл}$ - холодного молока на виході із установки. T_H – час перебування молока в нагрівачі; $T_{ВД}$ - час перебування в витримувачі; T_P - час охолодження в секції регенеративного теплообміну; T_O – час охолодження водою.

Знайдемо теплову потужність, яка передається в регенераторі від теплого потоку до холодного

$$Q_p = Mc(t_p - t_H) = F_p k_p \tau, \quad (2.2)$$

де k_p – коефіцієнт теплопередачі через пластини регенератора від потоку гарячого молока до холодного, Вт/(м² К).

M – маса молока, що проходить через регенератор за одиницю часу, кг/год;

c – теплоємність молока, кг·Дж/К;

F_p – площа поверхні теплообміну, м².

Рівняння коефіцієнта регенерації набуде вигляду

$$\xi = \frac{F_p k_p}{F_p k_p + Mc}. \quad (2.3)$$

Виразимо з формули (2.3) площу поверхні теплообміну F_p і отримаємо

$$F_p = \frac{\xi Mc}{k_p(1 - \xi)}. \quad (2.4)$$

Аналіз цього виразу показує, що зі збільшенням коефіцієнта регенерації площа поверхні нагрівання молока в регенераторі інтенсивно зростає. Зона доступних значень для ξ у промислових регенераторах не перевищує 0,85. При збільшенні коефіцієнта регенерації понад 0,85 спостерігається різке зростання площі теплообміну F_p , що призводить до значного збільшення габаритів та вартості регенератора. Таким чином, при збільшенні коефіцієнта регенерації

знижується потужність нагрівача, але з іншого боку збільшується вартість регенератора.

Таким чином, ми задаємося коефіцієнтом регенерації при виборі регенеративного теплообмінника та теплової продуктивності Q_{Π} нагрівача складе

$$Q_{\Pi} = Mc\tau = Mc(1 - \xi)(t_{\Pi} - t_{H}). \quad (2.5)$$

Звідки теплова потужність індукційного нагрівача дорівнюватиме P_T

$$P_T = Wc(1 - \xi)(t_{\Pi} - t_{H}), \quad (2.6)$$

де W - масова витрата молока в установці, кг/с.

В охолоджувачі (IV) відводиться залишкове тепло від пастеризованого молока після виходу з регенератора за рахунок застосування холодної води. Кількість енергії, яка має бути відведена з холодною водою, визначається з виразу

$$Q_{OB} = Mc(t_{KP} - t_{OXL}), \quad (2.7)$$

де t_{OXL} - задана температура охолодження пастеризованого молока. Таким чином, з урахуванням формул (2.2, 2.5, 2.7), рівняння теплового балансу в пастеризаційній установці з індукційним нагрівачем прийме вигляд

$$Q = Q_{\Pi} + Q_{OC} + Q_{OB} = Mc(t_{sp} - t_{max}) + \frac{Mc(t_n - t_n)(1 - \xi_n)}{\eta_r}. \quad (2.8)$$

Складові цієї залежності приблизно рівні, якщо в пастеризаційній

установці звести до мінімуму втрати тепла в нагрівачі, витримувачі та регенераторі. Ступінь завершеності пастеризації визначається критерієм Пастера P_a .

$$P_a = \frac{T_{\dot{q}_i}}{T_n} \quad (2.9)$$

Молоко, що надходить у протиточний регенератор (III) (рис. 2.3), нагрівається до температури регенерації t_p , далі нагрівається в індукційному нагрівачі (I) до температури пастеризації t_n за час T_n , витримується (II) при цій температурі протягом $T_{вд}$ і транспортується на вхід регенератора (III), де охолоджується потоком зустрічного молока до температури $t_{кр}$, далі в секції охолодження досягає температури $t_{охл}$.

Умова достатньої пастеризації молока у такій установці буде представлено, як:

$$P_a = P_{a_I} + P_{a_{II}} + P_{a_{III}} \geq 1, \quad (2.10)$$

де P_{a_I} , $P_{a_{II}}$ та $P_{a_{III}}$ – окремі ефекти пастеризації в індукційному нагрівачі, витримувачі та регенераторі.

Допускаючи зміну температури в пластинах регенератора лінійним зміни площі охолодження та виключаючи втрати тепла в навколишнє середовище, можна записати для нього:

$$\frac{t_{II} - t}{t_{II} - t_{\min}} = \frac{F_P^1}{F_P} \quad (2.11)$$

де t_{II} – температура пастеризації, °С;

t - поточна температура молока в регенераторі в межах до t_{\min} (63°C);

F_p^1 - площа поверхні регенератора, у якій температура молока знижується від t_{Π} до t ;

F_p - те саме в межах температур від t_{Π} до t_{\min} .

Час перебування молока в регенераторі також пропорційний площі поверхні нагріву:

$$\frac{t_{\Pi} - t}{t_{\max} - t_{\Pi}} = \frac{T_p}{T_{OP}}, \quad (2.12)$$

де T_p і T_{OP} - час пастеризації, що відповідає F_p^1 та F_p .

Звідси

$$dT_p = - \frac{dt}{t_{\Pi} - t_{\min}} = \frac{T_p}{T_{OP}} .$$

Відомо, що час витримки T_{Π} для повного пригнічення мікрофлори в молоці при температурі t його нагрівання має вигляд:

$$\ln T_n = \alpha - \beta t .$$

де α та β - коефіцієнти, для молока рівні $\alpha=36,84$, $\beta=0,48$.

Тоді

$$T_n = e^{\alpha - \beta t}, \text{ а } 1/T_n = e^{-\alpha + \beta t} .$$

Інтегральне значення критерію Пастера $R_{a\Pi}$ для регенератора буде:

$$Pa_{III} = \int \frac{dT_p}{dT_{OP}} = \frac{T_{OP}}{t - t_{min}} \cdot \frac{1}{\beta} \left| e^{-\alpha + \beta t} \right|_{t_{min}}^{t_{II}} \quad (2.13)$$

Звідси для $Pa_{III} = 1$ отримаємо час пастеризації молока лише за рахунок регенератора:

$$T_{OP} = (t - t_{min}) \beta \frac{1}{\left| e^{-\alpha + \beta t} \right|_{t_{min}}^{t_{II}}} \quad (2.14)$$

Отже:

$$Pa_{III} = \frac{t_{II} - t_{min}}{t_{II} - t} \quad (2.15)$$

Час перебування молока в регенераторі T_p не залежить від продуктивність установки, але залежить від методу пастеризації. Як було сказано вище ми застосовуємо метод високотемпературної короткочасної пастеризації. Потік молока нагрівається до 75-80 ° С і витримується при цій температурі 15 с.

2.3 Обґрунтування необхідної потужності індукційного нагрівача

Електромагнітні поля (ЕМ) описуються в квазістаціонарному наближенні, яке добре виконується у всіх пристроях індукційного нагріву, причому розглядаються в основному усталені синусоїдальні процеси. Розрахункова схема індукційного нагрівача представлена на рис. 2.4.

Періодичне електромагнітне поле соленоїда 5, породжене квазістаціонарним струмом промислової частоти 50 Гц, що індукує струми в металевій трубі 2, яка має зовнішній r_1 та внутрішній r_2 радіуси. У ній розвивається теплова потужність P_T та відбувається нагрівання.

У центральному стрижні - витіснювачі 1 радіусом r_B тепло не виділяється, так як електромагнітне поле повністю поглинається у металі труби нагрівача. Молоко рухається по кільцевим зазорам 3 і нагрівається в результаті теплообміну з трубою та корпусом. Корпус 4 є трубу з внутрішнім радіусом r_K , виготовлену з харчової пластмаси. Під дією електромагнітного поля не гріється. Із зовнішнього боку корпусу розташовується індукційна котушка 5, в якій під дією струму, що протікає, виділяється тепло потужністю P_K .

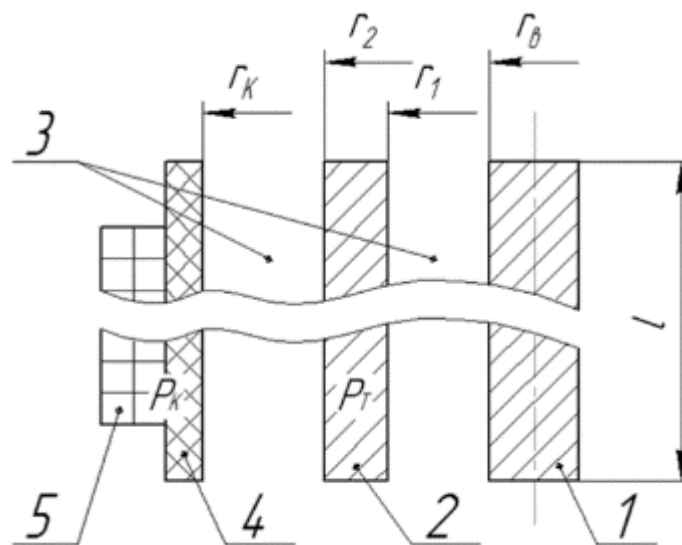


Рисунок 2.4 - Розрахункова схема індукційного нагрівача: 1 – центральний стрижень; 2 – металева труба; 3 - кільцеві зазори з молоком; 4 – корпус нагрівача; 5 – індукційна котушка

Розглянемо теплову потужність у трубі 2.

Середня індукція $B_{m,sp}$ для труб дорівнюватиме

$$B_{m,sp} = \frac{(H_{\epsilon} e^{0,894L\delta_1})^{1/2,4}}{d\alpha} \text{sh} \alpha d . \quad (2.16)$$

де δ_1 - товщина шару середовища.

Для сталі глибина проникнення, на якій хвиля практично повністю згасає, коли вектор Умова-Пойтинга має 0,05 свого значення на поверхні буде дорівнювати:

$$\delta_e = \sqrt{\frac{2}{\omega \mu_e}} \quad (2.17)$$

До конструктивних параметрів індукційного нагрівача так само відноситься і кількість витків в обмотці індуктора, які ми знайдемо з виразу

$$n = \frac{H_e \cdot U \cdot \cos \varphi}{P_r} \quad (2.18)$$

де U - напруги живлення нагрівача,

H_e - напруженість електромагнітного поля на поверхні соленоїда, згідно з рекомендаціями приймається в межах 20 000...25 000 А/м;

$\cos \varphi$ - коефіцієнт потужності, визначається експериментально.

Виходячи з технологічних вимог, визначивши потужність нагрівача, ми можемо знайти його геометричні параметри: довжину індуктора, внутрішній та зовнішній радіуси. У стінці труби забезпечується повне згасання електромагнітної хвилі та її товщина має бути більше або дорівнює величині, що визначається за виразом (2.17).

2.4 Забезпечення рівномірного нагрівання молока

Обов'язковою умовою рівномірного нагрівання всього об'єму молока є рівність температур у кільцевих зазорах на вході та виході нагрівача. Якщо температура на вході t_1 у всі кільцеві зазори однакова, температура на виході t_2

для кожного потоку буде визначатися витратою та кількістю теплоти переданої потоку. При використанні індукційного нагрівача як пастеризатора важливо не тільки передати необхідну теплову потужність оброблюваному продукту, а й забезпечити рівномірне його нагрівання. Цього можна досягти, підібравши оптимальні діаметри кільцевих зазорів, через які протікає пастеризований продукт. Завдання ускладнюється тим, що при індукційному нагріванні теплова потужність із перерізу труби виділяється нерівномірно і нелінійно зменшується по радіусу від зовнішньої поверхні до внутрішньої.

У завдання даного дослідження входить визначення геометричних розмірів осердя індукційного нагрівача, залежно від заданої теплової потужності з урахуванням нерівномірно розподілених джерел тепла у матеріалі труби. Проведемо розрахунок розподілу теплових потоків для труби 3 (рис. 2.5).

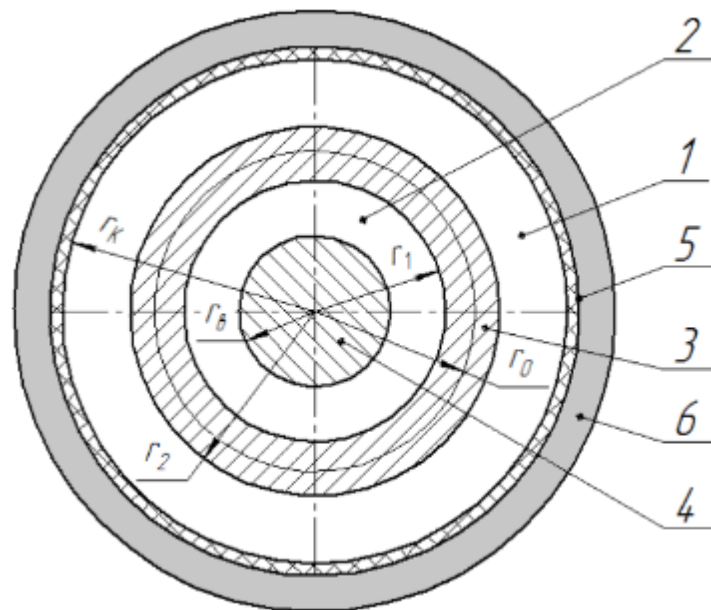


Рисунок 2.5 - Схема поперечного перерізу осердя індукційного нагрівача рідини: 1 – зовнішній кільцевий зазор; 2 - внутрішній кільцевий зазор; 3 – труба - сердечник нагрівача; 4 – витискувач; 5 – корпус; 6 – індуктор

Розглянемо нескінченно довгу циліндричну трубу, яка має внутрішній

радіус r_1 , зовнішній радіус r_2 , постійний коефіцієнт теплопровідності λ та нерівномірно розподілені джерела тепла продуктивністю q_v .

Тепло віддається навколишньому середовищу як із зовнішньої поверхні, так і з внутрішньої, при цьому має існувати максимум температури усередині стінки труби. Ізотермічна поверхня, відповідна максимальній температурі t_0 , поділяє циліндричну стінку на два шари - зовнішній та внутрішній, які передають тепло назовні та всередину труби відповідно.

Максимальне значення температури відповідає умові $dt/dr = 0$ та $q = 0$. Введемо радіус r_0 , який відповідає максимальній температурі t_0 . По радіусу r_0 проходить ізотермічний шар, який поділяє теплові потоки на внутрішній та зовнішній - q_1 і q_2 відповідно.

Середня продуктивність джерел тепла для шарів знайдеться з виразів:

$$q_{v1} = \frac{\int_{r_1}^{r_0} q_v dr}{r_0 - r_1}, \quad (2.19)$$

$$q_{v2} = \frac{\int_{r_0}^{r_2} q_v dr}{r_2 - r_0}. \quad (2.20)$$

Відомо вираз, отриманий Дрейфусом при постійних во часу джерелах теплоти, розподілених за експонентою:

$$q_v(r) = \frac{\gamma E_{me}^2}{2} e^{-2r/\delta} \quad (2.21)$$

де γ - провідність, См;

E_{me} – напруженість електромагнітного поля на поверхні нагрівається, А/м².

Розглянемо графік зміни теплової продуктивності від перерізу труби (рис. 2.6).

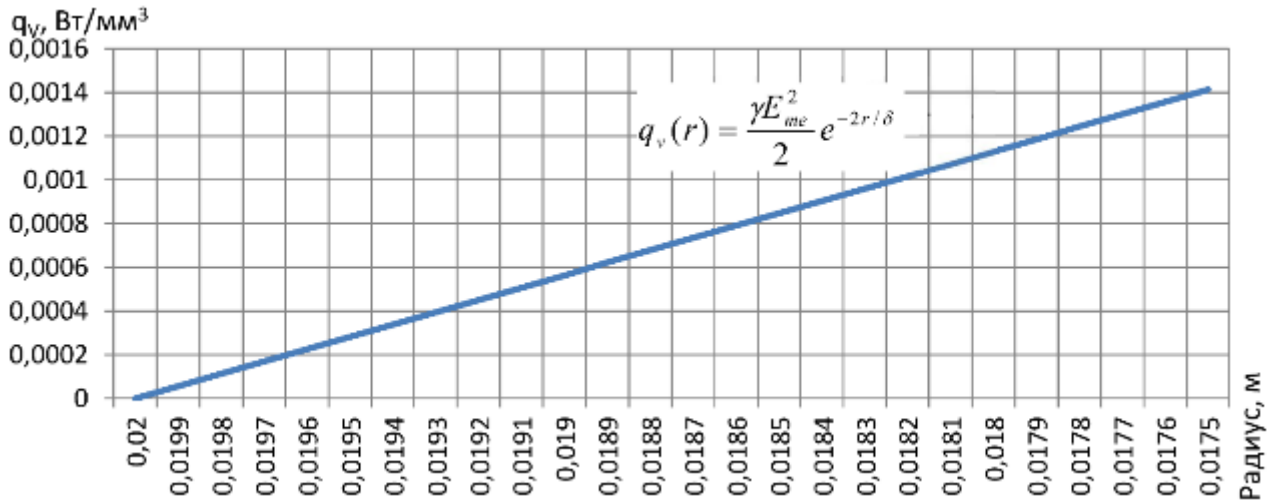


Рисунок 2.6 - Залежність теплової продуктивності в стінці циліндричної труби нагрівача від зовнішнього радіусу

Як видно з графіка, функція на ділянці величина радіусу від 0,0175 м до 0,02 м має практично лінійний характер. Заміна її на лінійну функцію виду $y=ax+b$ не дасть значної похибки на аналізованому інтервалі.

Тоді отримаємо рівняння для середнього теплового значення продуктивності:

- для зовнішнього шару

$$q_{v2} = \frac{q_{v \max} (r_2 - r_0)}{\delta}, \quad (2.22)$$

де $q_{v \max}$ – тепла продуктивність біля поверхні труби.

- для внутрішнього шару

$$q_{v1} = \frac{q_{v \max} (r_0 - r_1)}{\delta} \quad (2.30)$$

У конструкції індукційного нагрівача нами передбачено витримувач. Вище ми визначили критерій пастеризації витримувача $R_{\text{ап}}$ і час витримування $T_{\text{вд}}$. Задаючись продуктивністю установки Q та довжиною витримувача L знайдемо його площу поперечного перерізу за формулою

$$F = \frac{Q \cdot T_{\text{вд}}}{3600 \cdot \rho_{\text{м}} \cdot L}, \quad (2.31)$$

де Q – продуктивність установки, кг/год;

$\rho_{\text{м}}$ – щільність молока, кг/м³;

$T_{\text{вд}}$ - час витримування, с;

L - Довжина витримувача, м.

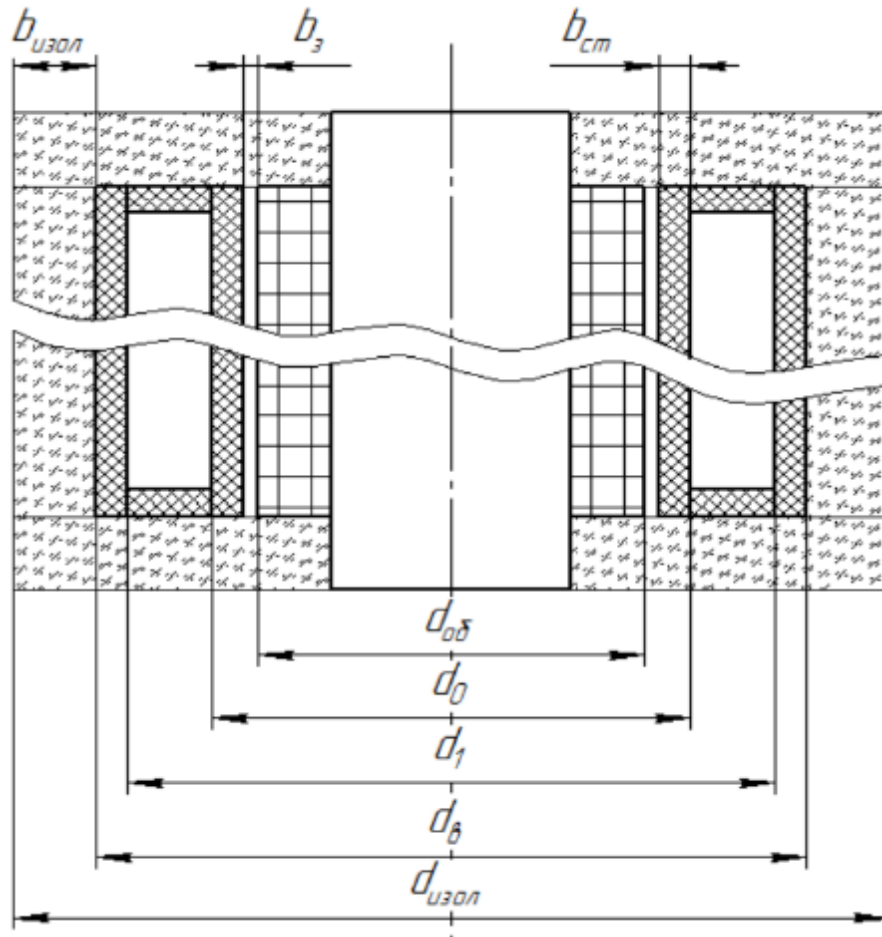


Рисунок 2.7 - Розрахункова схема витримувача

Витримувач є ємністю сорочкового типу (ємність утворена двома коаксіально розташованими циліндрами з кільцевим фланцями), і його довжина дорівнюватиме довжині індуктора. Внутрішній діаметр порожнини витримувача буде більшим за діаметр індуктора на величину зазору та товщину стінки (рис. 2.7).

Визначимо внутрішній діаметр витримувача

$$d_0 = d_{об} + 2b_з + 2b_{ст}, \quad (2.32)$$

де d_0 – внутрішній діаметр витримувача, м;

$d_{об}$ – діаметр обмотки індуктора, м; $b_з$ – величина зазору, м;

$b_{ст}$ – товщина стінки витримувача.

Величина зазору між обмоткою індуктора та внутрішньою поверхнею витримувача має бути в межах 1..3 мм, що забезпечить, з одного боку, зручність монтажу витримувача на індукторі, та з іншого боку, відведення тепла з поверхні індуктора до витримувача.

Зовнішній діаметр порожнини витримувача знайдеться за виразом

$$d_1 = \sqrt{\frac{4F}{\pi} + d_0^2}, \quad (2.33)$$

Знайдемо діаметр корпусу

$$d_s = d_1 + 2b_{\text{ст}},$$

Товщину теплової ізоляції знайдемо за формулою

$$b_{\text{изол}} = \frac{\lambda_{\text{из}} (t_{\text{ст}} - t_{\text{из}})}{\delta_0 (t_{\text{из}} - t_0)} \quad (2.34)$$

де $\lambda_{\text{из}}$ - теплопровідність ізоляційного матеріалу, Вт/(м²К);

δ_0 - сумарний коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої стінки поверхні апарату до повітря, Вт/(м²К);

$t_{\text{из}}$ – температура на поверхні теплоізоляції, °С;

$t_{\text{ст}}$ – температура стінки витримувача, °С;

t_0 - температура у приміщенні, °С.

Витримувач доцільно виконувати таким чином, щоб його довжина дорівнювала або була більше довжини індуктора. Це забезпечить абсорбцію тепла, що походить від індуктора, корпусом витримувача. Таке інженерне

рішення дозволяє підвищити тепловий коефіцієнт корисного дії установки. У той же час обмотка індуктора працюватиме в умовах підвищених температур (10...200 °C вище температури оброблюваного продукту), і це потрібно враховувати при виборі обмотувального дроту. Вітчизняною промисловістю випускаються дроти з гранично допустимими робочими температурами до 1500 C. Таких характеристик буде достатньо для забезпечення надійної роботи нагрівача навіть при високотемпературних режимах обробки молока.

2.5 Висновки

1. Розроблено конструктивно-технологічну схему лінії для теплової обробки молока, з використанням нагрівача з витримувачем;
2. Визначено частки участі у процесі пастеризації молока нагрівача, витримувача та регенератора, які характеризуються окремими ефектами пастеризації P_{aI} , P_{aII} та P_{aIII} , що визначаються за залежностям 2.13, 2.17, 2.19;
3. Отримано вираз (2.21) теплової потужності, що розвивається індукційним нагрівачем промислової частоти в залежності від діаметра та товщини стінки труби нагрівача;
4. Встановлено залежності, що визначають внутрішній радіус корпусу та радіус витіснювача, що впливають на рівномірність теплової обробки молока у новій конструкції нагрівача;
5. Встановлено, що обсяг витримувача змінюється пропорційно часу витримання та продуктивності пастеризаційної установки.

3 Лабораторні дослідження пастеризатора

3.1 Обладнання для проведення досліджень

Фізичне моделювання є одним із основних методів дослідження індукційних механізмів. Експерименти на фізичних моделях та натурних пристроях застосовуються для перевірки адекватності математичних моделей реальних об'єктів, знаходження або уточнення фізичних властивостей матеріалів, визначення впливу прийнятих припущень, а також вирішення питань технологічного та конструктивного характеру.

Метою експериментальних досліджень є підтвердження та уточнення достовірності прийнятих припущень під час виведення теоретичних залежностей, визначення похибки у розрахунку параметрів пастеризаційної установки за пропонованими нами виразами, встановлення ряду показників

процесу пастеризації в установці з індукційним нагрівачем, аналітична оцінка яких утруднена.

У зв'язку з цим до програми експериментальних досліджень входили наступні завдання щодо визначення:

- коефіцієнта нерівномірності теплових потоків;
- характеру розподілу теплового потоку за товщиною стінки труби;
- раціональних параметрів роботи технологічної лінії.

У лабораторних умовах застосовувалися як однофакторні експерименти при варіюванні одного з факторів, що впливають на процес теплової обробки молока, так і багатофакторні за знаходженням раціональних поєднань конструктивних параметрів нагрівача, при яких досягається зниження енергетичних витрат.

Для дослідження параметрів та режимів роботи пастеризаційної установки з індукційним нагрівачем використовувалося обладнання лабораторії кафедри інжинірингу технічних систем ДДАЕУ. Загальний вигляд установки показано на рис. 3.1.



Рисунок 3.1 – Загальний вид установки

Лабораторна установка (рис. 3.2) виконана на промисловій базі пастеризаційної установки ПМР-02 ВТ, в якій роторний нагрівач замінений індукційним нагрівачем промислової частоти, виконаним у вигляді циліндричної котушки, намотаної на циліндричний корпус, харчової термостійкої пластмаси, усередині якого знаходиться сталева труба та центральний стрижень. Через зазор між ними протікає молоко, що нагрівається. Зовні котушки індуктора розташовується витримувач сорочкового типу, що є кільцевою ємність.

Датчик T_{E1} контролює температуру t_H у приймальному баку, тобто температуру продукту, що входить на обробку. Датчик T_{E2} вимірює температуру t_P на виході з секції регенерації перед індукційним нагрівачем. Датчик T_{E3} вимірює температуру t_{II} на виході з нагрівача, ця температура

повинна відповідати температурі заданої пастеризації (75°C). Датчики T_{E4} та T_{E5} контролюють температури (t_{Π} та t_{PK}) на вході та виході регенеративного теплообмінника, а датчик T_{E6} контролює кінцеву температуру охолодженого продукту $t_{охл}$ на виході з установки. Для проведення експериментальних досліджень з метою зміни частоти обертання електродвигуна молочного насоса використовується перетворювач частоти 8. При зміні продуктивності насоса змінюється температура молока, яка контролюється датчиком T_{E3} . Таким чином, підтримується постійна температура пастеризації, а продуктивність стає функціонально залежною від конструкції нагрівача.

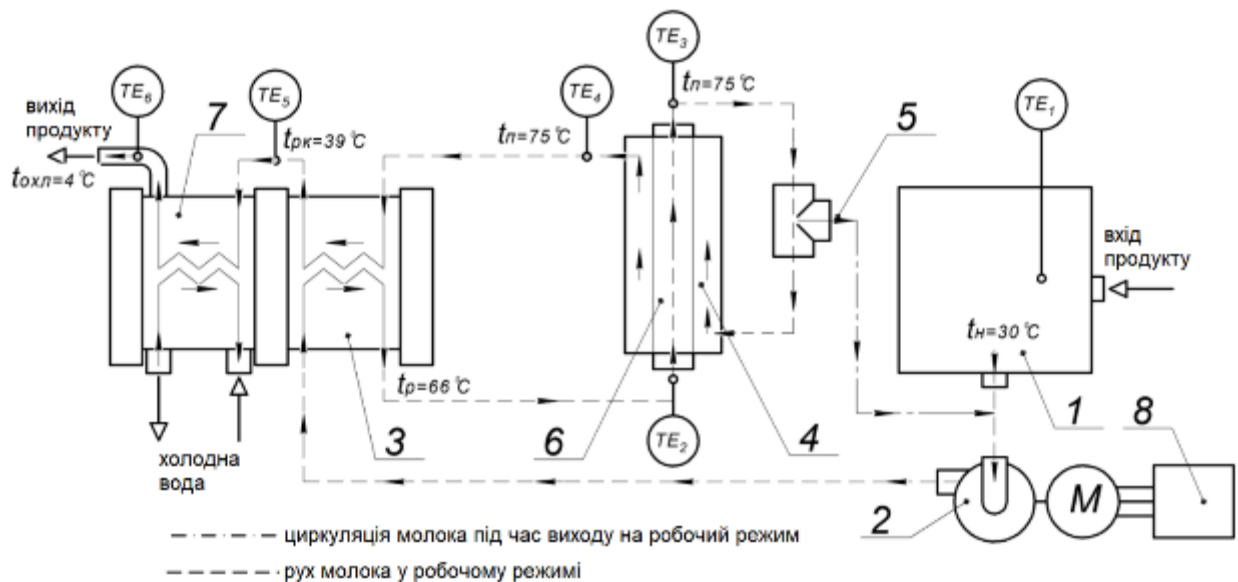


Рисунок 3.2 - Схема експериментальної установки: 1 – приймальний бак; 2 – молочний насос; 3 – секція регенерації теплообмінника; 4 – індукційний нагрівач; 5 – клапан рециркуляційний; 6 – витримувач; 7 – секція охолодження; 8 – перетворювач частоти, $T_{E1} \dots T_{E6}$ – датчики температури TSM-100

При проведенні досліджень використовувався вимірювальний обчислювальний комплекс, до складу якого входять: вимірювальні перетворювачі TSM - 100 ($T_{E1} \dots T_{E6}$), аналого-цифровий перетворювач АЦП, ПЕОМ, перетворювач частоти та терморегулятор 2ТРМ-1

Використання вимірювально-обчислювального комплексу забезпечує отримання та первинну обробку результатів вимірювання; управління окремими вузлами в ході експерименту, включаючи встановлення пріоритетів, черг; контроль працездатності окремих ділянок комплексу; контроль метрологічних показників; зберігання одержуваної інформації; подання результатів як графіків, таблиць тощо.

Контроль температури здійснюється за допомогою датчиків ТСМ-100, підключених через аналогово-цифровий перетворювач (АЦП) персонального комп'ютера (ПК).

На основі формули (2.2, 2.3, 2.4) визначення теплової потужності індукційного нагрівача, було встановлено, що як регульовані параметри можуть виступати: число витків індуктора, діаметр d і товщина сталевий труби h .

Для контролю температури обмотки індуктора застосовувався термодатчик ТСМ-100 підключений до терморегулятора 2ТРМ-1.78 У процесі експериментів у лабораторній установці змінювалися конструктивні параметри індукційного нагрівача з витримувачем: довжина активної зони нагрівача, прохідний переріз, число витків обмотки індуктора, потужність нагрівача, продуктивність, температура пастеризації, час витримування.

У дослідах з визначення витратних характеристик потоку рідини елементах встановлення та втрат напору в них замість молока використовувався його замітник чи імітатор. До складу замінника молока входили (у %): вода - 82,9, гліцерин - 11,4, хлористий натрій - 0,7, синтетичний порошок - 0,3, густина імітатора молока становила $1,03 \text{ т/м}^3$. За в'язкістю, щільністю, поверхневому натягу, утворенню осаду та піни вона відповідала фізико-механічним властивостям молока корів чорно-рябої породи, що піддається пастеризації.

До складу лабораторної установки входили такі теплові апарати: індукційний нагрівач, витримувач, регенератор та охолоджувач молока. Температура на вході та виході цих апаратів вимірювалася та контролювалася термодатчиками ТСМ-100. В установці використовувалися: ємність для

пастеризованого молока, насос для подачі його в пастеризаційну установку, ємність для збору молока після пастеризації, ємність для холодної води, оснащеної відцентровим насос. Витрата молока регулювалася частотою обертання молочного насоса, а вимірювався лічильником СГВ-15.000 пропускною здатністю до 1,5 м³/год з похибкою трохи більше 2 %.

Для вимірювання температур в елементах індукційного нагрівача застосовувалися безкорпусні термодатчики ТСМ-100 із похибкою $\pm 0,5$ %. Сигнал від термодатчиків подавався на вхід перетворювача сигналів (АЦП) і далі надходив на ПК для подальшої обробки. Похибка приладів для визначення температур молока та елементів індукційного нагрівача не перевищувала 1%.

Показання температури фіксувалися ПЕОМ у програмі LGraph. При цьому використовувався аналоговоцифровий перетворювач АЦП NI USD 6008 16-ма диференціальними каналами або 32-ма каналами із загальною "землею". Перетворення сигналу в приладі відбувалося за час, перевищує 7 мкс, коефіцієнт посилення можна було регулювати в межах 1...10.

Робота АЦП підтримувалась програмним забезпеченням LGraph. Його функціональна плата мала аналогово-цифровий канал (АЦК), використовується в режимі з укороченим циклом перетворення сигналів, що знижувало помилки вимірів до $\pm 2\%$. Визначення електричних параметрів індукційного нагрівача здійснювалося за допомогою мережевого аналізатора UMG-96S. Мережевий аналізатор UMG 96S є універсальним вимірювальним пристроєм, призначеним для вимірювання, зберігання та контролю електричних параметрів мережі з низькою та середньою напругою. Вимірювання можна проводити в однофазній та трифазній системі з нейтральним проводом: у мережі з низькою напругою для діапазону L-N = 85...300 В; L-L= 148...250 В та в мережі із середньою напругою для діапазону L-N = 49...140 В; L-L = 85 ... 242В.

На ПК застосовувалася програма LGraph, яка дозволяє обробляти та відображати показання датчиків, що підключаються через прилад E14-140м. Програма LGraph є закінченим програмним комплексом, що реалізує у поєднанні з вимірювальними модулями АЦП функції багатоканального аналого-

цифрового самописця, осцилографа та аналізатора. Програма дозволяє за досить розвиненою системою синхронізацій реєструвати дані у файли з подальшим експортом даних у такі популярні програми як Matlab, Origin тощо. Під час реєстрації даних програма дозволяє здійснювати одночасну візуалізацію даних, що вводяться у вигляді графіків.

3.2 Результати досліджень

Час нагріву молока в індукційному нагрівачі досліджуваної пастеризаційної установки знаходиться в межах 2...5 с (залежно від обраної продуктивності). У цьому за даними Кука Г.А. температура пастеризації для повного придушення мікрофлори повинна становити не менше 72°C, тому у проведених нами дослідах вона прийнята дорівнює 75°C і підтримується постійним шляхом регулювання подачі молока в індукційний нагрівач за рахунок зміни частоти обертання (подачі) молочного насоса.

Нехтуючи деякими втратами тепла у довкілля через утеплені стінки витримувача, отримаємо на вході в регенератор температуру гарячого молока 75°C. Величина коефіцієнта регенерації молока в регенераторі становить 0,8 і згідно з виразом (2.3) при пастеризації молока з початковою температурою $t_{II}=30^{\circ}\text{C}$, різницю температур молока на виході складе:

$$\tau = (1 - \varepsilon)(t_{II} - t_{II}) = (1 - 0,8)(75 - 30) = 9^{\circ}\text{C}, \quad (3.1)$$

де ε - коефіцієнт регенерації теплообмінного апарату.

Тоді температура молока на вході в індукційний нагрівач складе $t_p=66^{\circ}\text{C}$, а на виході пастеризованого молока, що охолоджується, $t_{PK} = 39^{\circ}\text{C}$. У цьому режимі температури молока на вході та виході у всіх теплових апаратах установки були досить стабільними (рис. 3.3). Відхилення від встановлених

величин становили 2...4% через коливань подачі молока та його тиску на виході регульованого молочний насос.

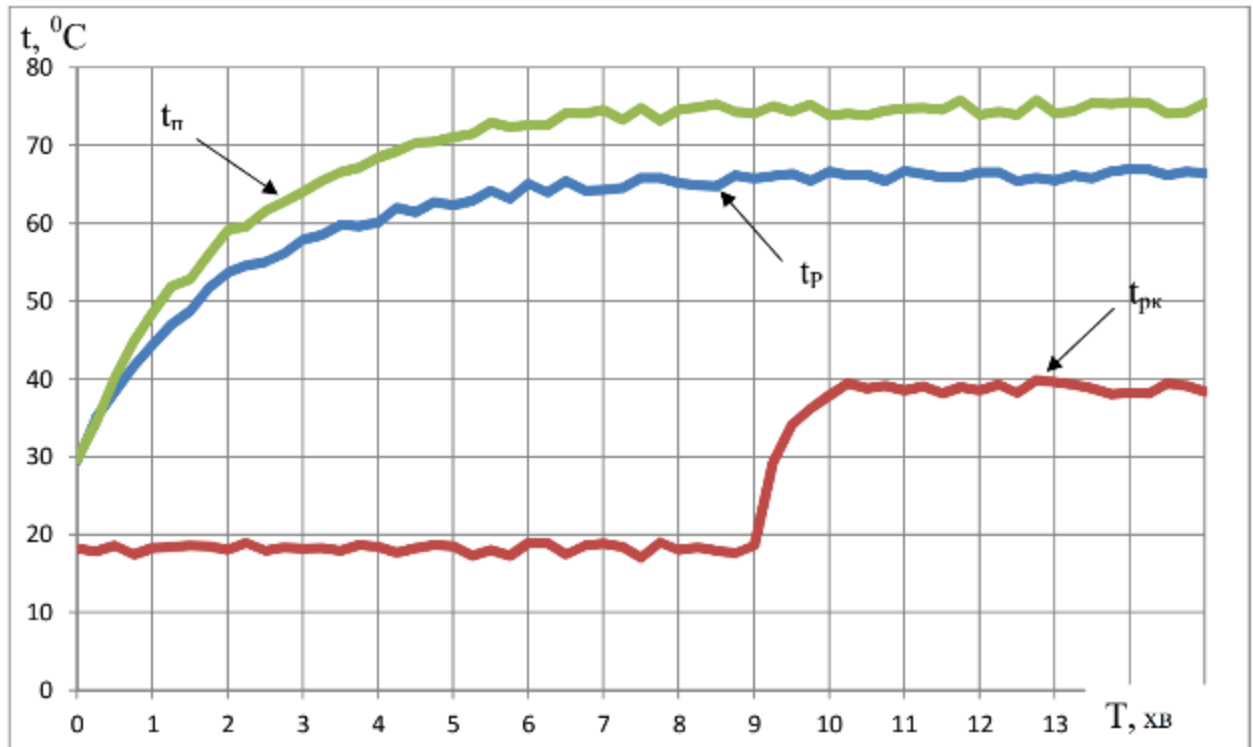


Рисунок 3.3 - Температурні графіки роботи нагрівача з витримувачем та регенератора пастеризаційної установки при виході на робочий режим: t_p - температура на виході з витримувача; t_r - температура на виході з регенератора; t_{pk} - температура на вході в секцію охолодження

При пуску пастеризаційної установки в роботу автоматично відключаються витримувач та охолоджувач. Молоко циркулює по малому колу через насос, нагрівач, регенератор, поступово нагрівається до температури пастеризації, після чого установка виходить на робочий режим з подачею молока з нагрівача у витримувач і далі в регенератор та охолоджувач. Об'єм, молока в цьому замкнутому малому колі складає 18 літрів.

Тривалість виходу на робочий режим установки залежить від теплопродуктивності нагрівача та при $Q_H=450$ л/год займає 9 хвилин. Температура молока під час розігріву нагрівача підвищується нелінійно і до

дев'ятої хвилини вона досягає встановленого значення температури пастеризації Температури молока на виході з пастеризатора $t_{п}$ і регенератора $t_{р}$ протягом перших 1,5 хвилин збільшуються практично лінійно, в надалі (1,5...9 хвилин) процес нагрівання уповільнюється. Це пов'язано з витратами теплоти на нагрівання елементів пастеризаційної конструкції установки. На 9-й хвилині досягається температура пастеризації на виході з індукційного нагрівача та розподільний клапан перекладає встановлення у робочий режим.

При цьому молоко починає вступати до секції регенерації для охолодження, де температура на вході до секції охолодження $t_{рК}$ до 10-ї хвилини досягає розрахункового значення.

Далі нами проведено дослідження залежності теплового коефіцієнта корисної дії нагрівача η_T від швидкості перебігу рідини. Результати вимірів представлені на рис. 3.4.

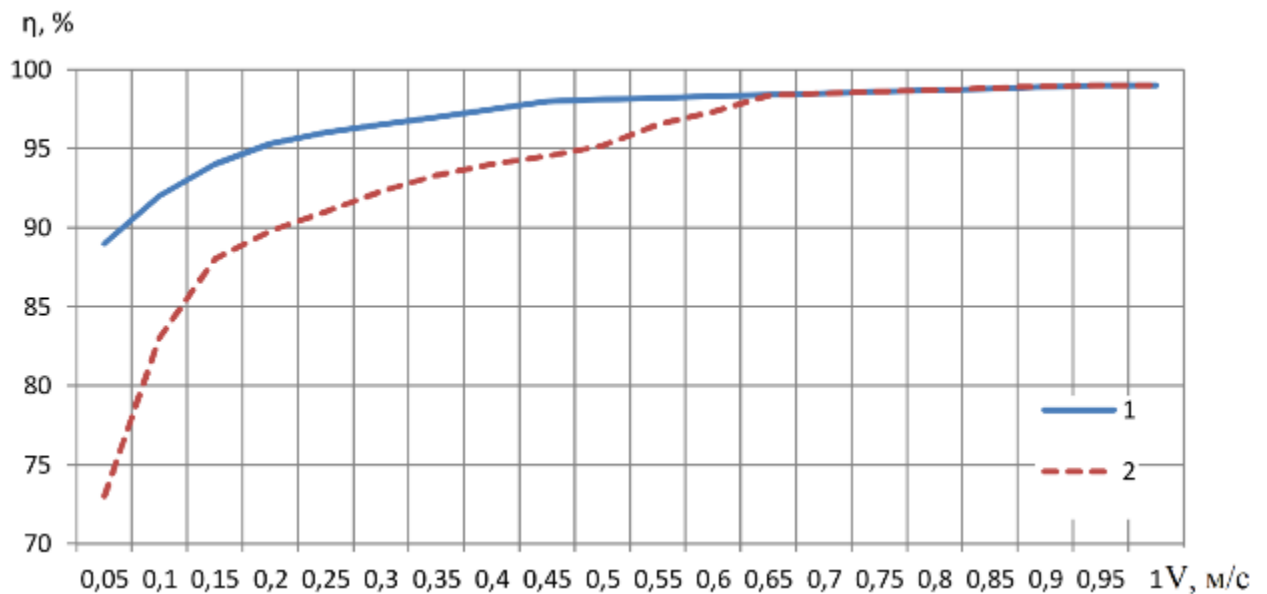


Рисунок 3.4 – Залежність теплового ККД нагрівача від швидкості течії рідини: 1 – за наявності додаткових елементів; 2 - за відсутності додаткових елементів витіснювача усередині труби

Отримані результати показують, що при швидкостях перетікання рідини 0,25...1,0 м/с і за відсутності витіснювача всередині труби нагрівача коефіцієнт корисної дії збільшується від 97% до 99%, але на швидкостях 0,05...0,25 м/с спостерігається різке зниження теплового коефіцієнта корисної дії, аж до 73% за швидкості 0,05 м/с. За наявності осердя в просвіті труби графік залежності теплового коефіцієнта корисної дії не має провалу при низьких швидкостях, змінюється рівномірно та прямолінійно від значень $\eta_T=96,5\%$ за $v=0,05$ м/с до $\eta_T=99\%$ за $v=1,0$ м/с.

Отримана залежність пояснюється тим, що за малих швидкостей течії, коли зменшуючись величина швидкості наближається до критичної, турбулентний процес перебігу змінюється ламінарним. У внаслідок цього різко зменшується коефіцієнт теплопередачі, що призводить до зменшення теплового коефіцієнта корисної дії.

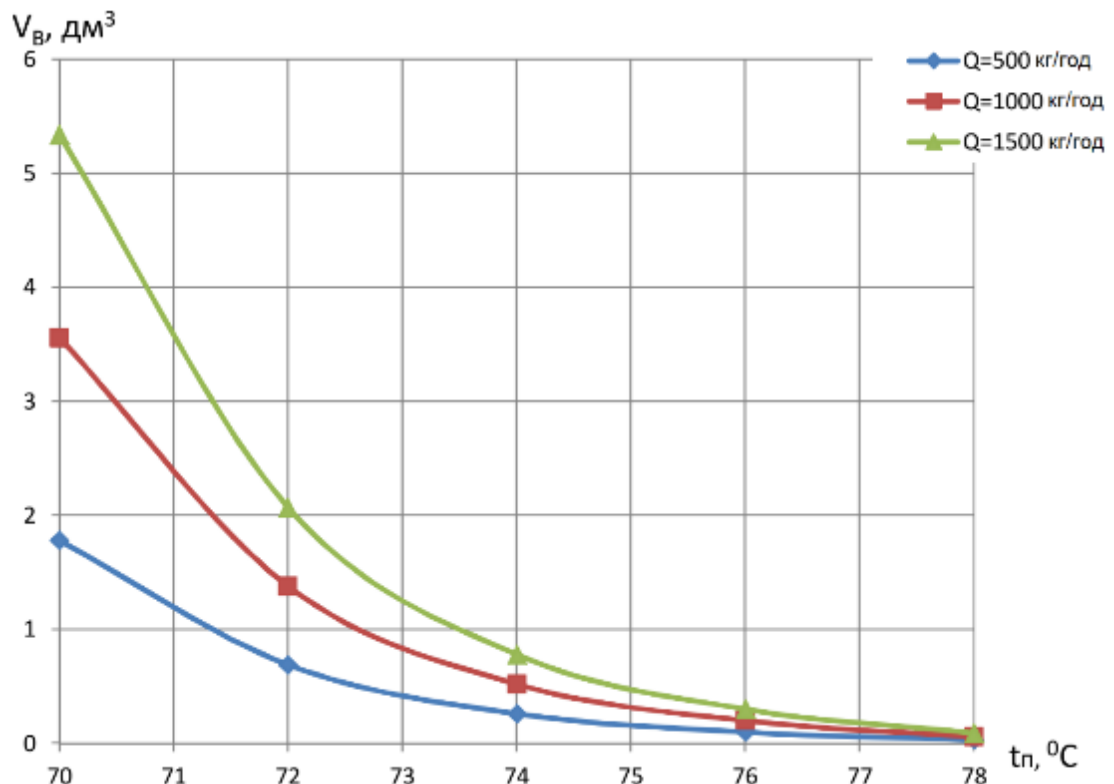


Рисунок 3.5 – Залежність об'єму витримувача від температури пастеризації молока

Введення в трубу додаткових елементів осердя (стрижня) призводить до виникнення додаткових циркуляцій рідини, у результаті критичне значення швидкості, коли він відбувається зміна характеру перебігу рідини, що зміщується в область менших швидкостей. З технологічної точки зору наявність стрижня-витіснювача всередині труби нагрівача забезпечує більш рівномірне нагрівання потоків. молока. Як показав дослід за швидкості потоку до 0,4 м/с (що відповідає продуктивності до 300 кг/год) не створюється умов для турбулентного характеру перебігу молока. Таким чином застосування індукційних нагрівачів в установках теплової обробки молока з продуктивністю менше 300 кг/год недоцільно.

При температурі теплової обробки 72 ... 80 ° С і $P_{aIII} = 0,5$ об'єм витримувача не перевищує 0,5 літри; у зв'язку з чим з'являється можливість монтажу його безпосередньо у корпусі індукційного нагрівача у вигляді кільцевої ємності.

3.3 Висновки

1. Визначено приватні критерії пастеризації P_a , що характеризують внесок у процес теплової обробки молока елементами установки: індукційний нагрівач - $P_{aI}=0,26$, витримувач - $P_{aII}=0,5$, регенератор - $P_{aIII} = 0,24$.

2. Встановлено вплив конструктивно-технологічних параметрів індукційного нагрівача на рівномірність нагрівання молока. Визначено значення поправочного коефіцієнта, що вводиться в аналітичний вираз теплових потоків із зовнішньої та внутрішньої циліндричної поверхні нагрівача $k_H=1,853...2,966$ в інтервалі швидкостей перетікання молока $V=0,43...2,12$ м/с.

3. Коефіцієнт нерівномірності теплових потоків k_H має дві складові. Перша складова визначається як відношення площ зовнішньої поверхні труби нагрівача до внутрішньої. Друга складова функціонально пов'язана зі

швидкістю протікання молока, що омиває трубу і має значення $k_c=0,618...1,731$ в інтервалі швидкостей течії молока $V=0,43...2,12$ м/с.

4. Результати експериментальних досліджень підтвердили основні висновки теоретичних передумов і дозволили отримати математичні моделі процесу теплової обробки молока. На підставі аналізу отриманих моделей визначено раціональні параметри та режими роботи установки теплової обробки молока: ширина кільцевих зазорів – $2...4$ мм; довжина нагрівача – $1,5$ м; швидкість потоку молока $0,4...2$ м/с, в інтервалі продуктивності лінії $300...1500$ л/год.

4 Охорона праці

4.1 Загальні визначення та поняття

Одним із найважливіших напрямів охорони праці на підприємствах є забезпечення працівників інструкціями з охорони праці. Нагляд та контроль за дотриманням правил та інструкцій з охорони праці здійснюється федеральними органами нагляду.

Служба охорони праці організації здійснює контроль за своєчасною розробкою та переглядом інструкцій для працівників. Видача інструкцій керівникам підрозділів організації провадиться службою охорони праці з реєстрацією в журналі обліку видачі інструкцій. У керівника підрозділу організації повинен постійно зберігатися комплект інструкцій, що діють у підрозділі, для працівників усіх професій і за всіма видами робіт.

Контроль організації праці для підприємства здійснюється:

- роботодавцем та керівниками підрозділів;
- через спільний адміністративно-суспільний контроль;
- інспекторами державного спеціального нагляду;
- інспекторами державної служби з охорони праці.

Навчання працюючих безпеки праці має проводитися на всіх підприємствах та організаціях незалежно від ступеня небезпеки та характеру виробництва. Воно проводиться під час підготовки робітників, проведення різних видів інструктажу, підвищення кваліфікації. Реєстрація проходження навчання з охорони праці провадиться в журнал обліку навчальної роботи.

За характером та часом проведення система стандартів безпеки праці підрозділяє інструктаж на вступний, первинний робочому місці, повторний, позаплановий, поточний.

Вступний інструктаж проводить інженер з ОП підприємства для робітників, що знову надходять. Мета інструктажу – дати загальні знання з

техніки безпеки, виробничої санітарії, правил проведення на території підприємства.

Первинний інструктаж на робочому місці проводить керівник ділянки, на яку спрямований працюючий. Він повинен проводитись перед допуском до роботи в цеху або на ділянці для новоприйнятих робітників. Інструктаж проводиться індивідуально з кожним працюючим за програмою, затвердженою головним інженером підприємства. Він підкріплюється прикладами безпечних методів роботи, випадками порушення виробничої дисципліни, правил та інструктажів щодо безпечних методів роботи та наслідків, які можуть статися внаслідок порушення. Після інструктажу та перевірки знань робітники протягом перших 2-5 змін працюють під наглядом майстра, після чого оформляється допуск їх до самостійної роботи.

Повторний інструктаж на виробництві проводиться за графіком та в строки, встановлені правилами та інструкціями з техніки безпеки в залежності від складності обладнання, технологічного процесу та можливої небезпеки, не рідше ніж через 3 місяці, проводиться під контролем начальника цеху.

Позаплановий інструктаж проводиться індивідуально чи з групою працівників однієї професії. Проводиться за зміни правил з ОП; при зміні технологічного процесу чи модернізації устаткування, вихідної сировини, матеріалів, у результаті змінюються умови праці; при порушенні вимог безпеки, які можуть призвести до травми, аварії, вибуху, пожежі. Поточний інструктаж проводиться з працівниками під час виконання робіт, виконання яких оформляється наряд-допуск.

4.2 Заходи захисту оператора від дії небезпечних факторів

До обслуговування пастеризаційної установки допускається робітники, які ознайомилися з правилами експлуатації. Заземлення пульта не повинно мати пошкоджень. Апаратник пастеризації та охолодження молока повинен бути на робоче місце в спецодязі, застібнутим на всі гудзики і зав'язаним на всі застібки. Волосся

забирається під головний убір. Спецодяг міститься під час роботи у належному стані, і після роботи здається у прання. Забороняється включати молокоочисник не закріплений на фундаменті. Перед пуском молокоочисника необхідно відвести гальма та стопори у неробоче положення.

У разі сторонніх шумів, стуків, сильних вібрацій у молокоочиснику, його слід негайно зупинити. Категорично забороняється знімати, спрямовувати чи встановлювати приводно – вивідні пристрої молокоочисника під час обертання барабана.

На паропроводі має бути встановлений справний манометр. Тиск пари не повинен бути більше 0,5 атм. Розчин каустичної соди для миття пастеризатора повинен зберігатися в емальованому посуді, у певному місці.

До обслуговування гомогенізатора допускаються робітники, які ознайомилися з правилами експлуатації. Гомогенізатор та електро – шафа необхідно заземлювати згідно правил. При появі підвищеного шуму та сторонніх стуків негайно зупинити гомогенізатор. Працювати без справного манометра та робити ремонт на ходу забороняється.

Не залишати працюючий гомогенізатор без нагляду. Працювати зі знятою огорожею забороняється. Перед будь-якою зупинкою гомогенізатора пружини I та II ступеня гомогенізуючої головки повністю послабити. Установка трубчаста пастеризаційна. Паропроводи мають бути ізольовані термічно. Не допускається просочування пари через з'єднання труб з арматурою та приладами, течі гарячого молока та води.

При видаленні пари з парових сорочок, циліндрів потрібно попередньо перекрити паровий вентиль перед регулятором «РТ» і відкрити повітряні краніки. Пульт керування, пастеризатор та електродвигуни насосів повинні бути заземлені, а дроти ізольовані. Частини електродвигунів, що обертаються, повинні бути закриті.

Надання першої допомоги. Перша допомога при ураженні електрострумом. Звільнення від електричного струму. Для відділення потерпілого від струмопровідних частин або дроту слід скористатися сухим одягом, мотузкою, палицею, дошкою або будь-яким іншим сухим предметом, що не проводить електричний струм. Користуватись у таких випадках металевими та мокрими предметами не допускається.

Для того, щоб відірвати постраждалого від струмопровідних частин, можна взяти за його одяг (якщо він сухий) і відстає від тіла потерпілого, наприклад, за підлогою піджака, або пальто, уникаючи дотику до металевих предметів і частин тіла, не вкритих одягом.

Для ізоляції рук при порятунку, особливо якщо необхідно торкнутися тіла потерпілого, не вкритого одягом, слід надіти діелектричні рукавички та калоші, або обмотати собі руки шарфом, надіти на руки сукняний кашкет, спустити на руки рукава і т.п.

4.3 Правила безпеки праці при пастеризації молока

Апаратником пастеризації та охолодження можуть бути особи не молодші 18 років, які пройшли медичне обстеження, курс навчання та стажування за робочим місцем, які склали іспит на допуск до самостійної роботи кваліфікаційної комісії. Чергову перевірку знань апаратник проходить щороку.

Апаратник пастеризації та охолодження молока не допускається до роботи у таких випадках: не має допуску до самостійної роботи; без спец. одягу; у нетверезому стані; хворий.

Апаратник пастеризації та охолодження молока крім цієї інструкції повинен знати вимоги інструкції. Інструкцію з правил безпечного обслуговування електроустаткування на комбінаті. Інструкцію з експлуатації манометрів та приладів КВП.

Апаратник пастеризації та охолодження молока повинен знати:

- Склад, фізико-хімічні властивості цільномолочної та кисломолочної продукції.
- Конструкцію пастеризаційно – охолоджувальних установок, сепараторів, молокоочисників, гомогенізаторів, принцип їх дії та правил обслуговування.
- Інструкцію з обслуговування автоматичних контрольно-вимірювальних приладів.

- Інструкцію з миття обладнання, що обслуговується.
- Склад та призначення миючого розчину.
- Правила ведення технологічних журналів.

Апаратник пастеризації та охолодження молока зобов'язаний:

- Вести технологічний процес пастеризації та охолодження молока (суміші) до необхідної температури на пастеризаційно-охолоджувальній лінії (молокоочисник, сепаратор, гомогенізатор, пластинчаста пастеризаційно-охолоджувальна установка, трубчастий пастеризатор).

- Регулювати надходження молока (суміші), а також тиску.
- Регулювати подачу пари, крижаної води до апаратів.
- Стежити за роботою гомогенізатора за режимом встановленого для кожного окремо продукту, регулювати необхідний тиск у гомогенізаторі за манометром.

- Направляти охолоджене молоко (суміші, вершки) за виробничим призначенням або молоко - зберігальні танки.

- Усунути несправності в роботі апаратів, брати участь у чищенні та миття миючими розчинами обладнання з розбиранням та збиранням його.

- Слідкувати за чистотою робочого місця.
- Своєчасно заповнювати технологічний журнал.
- Перед роботою пропарювати обладнання та лінії.

Апаратник пастеризації та охолодження молока несе відповідальність:

- За якість продукції, що випускається.
- За збереження устаткування, що обслуговується.
- За справність устаткування, що обслуговується.
- За виконання правил внутрішнього трудового розпорядку.
- За чистоту робочого місця та устаткування, що обслуговується, приладів КВП.

- За якість пропарювання обладнання та лінії.

Перед початком роботи на трубопроводах для пари та конденсації повинна

бути встановлена запірна арматура, що вільно відкривається і закривається від руки. Пастеризатор повинен бути забезпечений манометром та запобіжним клапаном. Без манометра, а також у разі несправності його, працювати не можна.

Перед розбиранням апарата необхідно попередньо охолодити його шляхом подачі холодної води.

Щоб уникнути опіків, паровий вентиль у пастеризатора треба відкривати поступово та плавно.

Під час роботи пастеризатора забороняється: вішати додатковий вантаж на запобіжний клапан, відкручувати затискачі кришок, відлучатися від апарата.

У разі припинення подачі електроенергії слід негайно припинити подачу пари та включити електродвигуни, пов'язані з роботою пастеризаційної установки.

Танки, резервуари, призначені для зберігання молока, охолодженого до температури $+4 - +6^{\circ} \text{C}$ та приготування кисломолочних продуктів.

Танк складається з корпусу, миючого пристрою, оглядового скла, світильника, крана відбору проб, пристрою, що переміщує. У корпусі резервуара є люк. Миття танків проводять після кожного циклу зберігання. Миття поверхні проводять згідно з інструкцією. Якість миття визначається мікробіологічним аналізом змивів із поверхні резервуара.

Сепаратор вершковідокремлювач призначений для поділу молока на вершки та знежирене молоко. Сепаратор вершковідокремлювач у герметичному виконанні. Герметизація досягається конструкцією пристрою для подачі молока та відведення продуктів сепарування.

Складається сепаратор - вершковідокремлювач з наступних деталей: ротора, комплекту тарілок, тарілотримача, кришки барабана.

Продукти сепарування відводяться під дією надлишкового тиску на виході із сепаратора.

Гомогенізатор призначений для подрібнення та рівномірного розподілу

жирових кульок у рідких молочних продуктах.

За принципом дії гомогенізатор являє собою триплунжерний насос високого тиску з головкою, що гомогенізується. Молоко по трубопроводах потрапляє у всмоктувальний канал, далі продукт під тиском до 200 клс/см² подається через нагнітальний канал гомогенізовану головку і з великою швидкістю проходить через зазор, що утворюється між притертими поверхнями гомогенізованого клапана і його сідла. У цьому відбувається дисперсування (дроблення) жирової фази продукту.

Миття проводити в наступній послідовності:

Циркуляційним способом прополоскати від залишків продукту шляхом пропускання водопровідної води протягом 10-25 хв.

Промити лужним розчином при температурі 75-80° С протягом 30-40 хв.

Промийте теплою водою 40-50° С до повного зникнення слідів лужного розчину.

Періодично відкривати кришки плунжерного блоку для огляду деталей, що торкаються продукту, за наявності залишків видалити їх йоршом. Перед початком роботи продезінфікувати гарячою водою за температури 80° С протягом 10-15 хв. Миття розчином заборонено.

Усунення несправностей здійснюється тільки після повного зняття тиску та зупинки гомогенізатора.

4.4 Висновки

На підставі нормативних документів та відповідно до існуючих вимог нами було проведено огляд розробленого пастеризатора, визначено вплив небезпек та шкідливих факторів на оператора та запропоновано відповідні заходи щодо їх усунення.

5 Економічна оцінка розробленого пастеризатора

У зв'язку з поставленою задачею застосування розробленого пастеризатора передбачається у невеликих приватних господарствах. У зв'язку з цим порівнюємо розроблений пастеризатор з найближчим за призначенням аналогом – пастеризатором ОКЛ-0,3.

Так як переваги нового пастеризатора носять технічний характер (вища продуктивність, менша потужність), їх порівнюють за експлуатаційними витратами, без урахування якісних характеристик. Ми визначаємо експлуатаційні витрати такими способами:

Витрати на заробітну плату визначимо з виразу

$$Z = n \cdot t \cdot f \cdot \delta \cdot D, \text{ грн.}, \quad (5.1)$$

де n – чисельність обслуговуючого персоналу, люд.;

f – годинна тарифна ставка одного працівника, грн/год.;

t – тривалість роботи машини на добу, год.;

D – кількість робочих днів на рік;

δ – коефіцієнт нарахування на заробітну плату;

Добовий час роботи машини визначається виходячи з добового надою по фермі на 100 корів.

$$t = \frac{G_{\text{доб}}}{Q_0} = \frac{n \cdot g}{365 \cdot Q_0}, \text{ год.}, \quad (5.2)$$

де $G_{\text{доб}}$ – добовий надій по фермі, кг;

Q_0 – продуктивність пастеризатора, кг/год.

n – поголів'я корів на фермі, гол;

g – річний надій, кг/гол.

Амортизаційні відрахування

$$A = \frac{B \cdot \alpha}{100}, \text{ грн.}, \quad (5.3)$$

де B – балансова вартість пастеризатора, грн.

α – коефіцієнт відрахувань на амортизацію, %.

Відрахування на ремонт і ТО пастеризатора

$$P = \frac{B \cdot \beta}{100}, \text{ грн.}, \quad (5.4)$$

де β – коефіцієнт відрахувань на ремонт та ТО, %.

Витрати на електроенергію визначимо за формулою

$$E = N \cdot t \cdot D \cdot c_e, \text{ грн.}, \quad (5.5)$$

де N – потужність пастеризатора, кВт.;

c_e – вартість електроенергії, грн/кВт·год.

Загальні витрати

$$EB = Z + A + P + E, \text{ грн.} \quad (5.6)$$

Економія витрат

$$EEB = EB_1 - EB_2, \text{ грн.} \quad (5.7)$$

де EB_1 , EB_2 – експлуатаційні витрати для ОКЛ-0,3 та розробленого пастеризатора відповідно, грн.

Термін окупності нової пастеризатора

$$P = \frac{B_2 - B_1}{EEB}, \text{ грн.}, \quad (5.8)$$

де B_1 , B_2 – балансова вартість ОКЛ-0,3 та проектної пастеризатора, грн.

Вихідні дані та результати розрахунків приведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Показники економічної ефективності пастеризатора

№ з.п.	Показник	ОКЛ-0,3	Пастеризатор за розробкою
1	2	3	4
1.	Кількість операторів, люд.	1	1
2.	Годинна тарифна ставка, грн/год.	54,2	54,2
3.	Кількість робочих днів на рік	365	365
4.	Поголів'я корів на малій фермі, гол.	100	100
5.	Річний надій на голову, кг	6500	6500
6.	Середній добовий надій по фермі, кг	1780,82	1780,82
7.	Продуктивність пастеризатора, кг/год	300	300
8.	Тривалість роботи пастеризатора на добу, год.	5,94	5,94
9.	Балансова вартість пастеризатора, грн.	33800	25600
10.	Потужність на привід, кВт	8,0	5,2
11.	Витрати на заробітну плату, грн.	143268,67	143268,67

12.	Амортизаційні відрахування, грн.	3380,00	2560,00
13.	Відрахування на ремонт і ТО, грн.	2704,00	2048,00
14.	Витрати на електроенергію, грн.	40213,33	26138,67
15.	Експлуатаційні витрати, грн.	189566,00	174015,33
16.	Економія експлуатаційних витрат, грн.	-	15550,67
17.	Строк окупності нового пастеризатора, років	-	1,65

Висновки

При роботі на невеликій фермі зі стадом у 100 корів, як показала економічна оцінка нового пастеризатора, він споживає менше електроенергії порівняно з серійним, отже має менші експлуатаційні витрати. Річне скорочення операційних витрат становило 15550,67 грн. Термін окупності удосконалення складає 1,65 року.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Отримання кормових матеріалів заданого гранулометричного складу з мінімізацією некондиційних фракцій є найактуальнішим завданням у спільній проблемі подрібнення зернових матеріалів. Отримання тваринами якісних поживних концентрованих кормів можливо при використанні роторної дробарки, що працює на принципі зрізу (сколювання) матеріалу, тому дослідження з розробки такої конструкції дозволить отримувати вирівняний за розміром частинок готовий продукт, що відповідає зоотехнічним вимогам, за мінімальних витрат енергії, часу та праці.

2. Запропоновано енергоефективну конструктивно-технологічну схему руйнування зернових матеріалів: заклинювання – вплив – висновок. Контакт ротора з вихідним зерновим продуктом відбувається за кутом $\gamma_{в,р}$, який визначає як тривалість поділу зернівок до необхідного розміру, а й час утворення пилоподібних фракцій. При завантаженні зерна організовано подачу матеріалу у зону зрізу. При цьому взаємне розташування рифлів ротора і статора відповідає схемі - «вістря-вістря». Досліджено кінетику процесу подрібнення зернівок у робочій порожнині дробарки. Теоретична оцінка руйнівної дії (рівнодіюча сил F_p) на зернівку пшениці показала, що складові сили тертя $F_{тр}$ та сили інерції F_i дуже малі (менше 1% від F_p) порівняно зі значенням руйнівного зусилля $F_{ср}$, яке і визначатиме енергетичні складові процесу сколу одиничного зернівки.

3. Сукупними експериментальними дослідженнями встановлено критичну окружну швидкість ротора $v_p = 4,5...6,5$ м/с, оптимальний робочий зазор $\delta = 0...0,5$ мм. При цьому розрахований коефіцієнт заповнення зони подрібнення (Приймальна камера) склав $k_z = 0,037...0,058$, а динамічний коефіцієнт $k_d = 0,31...0,66$. При роздільному подрібненні (середній помел) зернового матеріалу (пшениця, ячмінь, овес, кукурудза) у горизонтальній роторній дробарці фракція з частинками необхідного розміру становила 91...98%, що відповідає фактичній результативності процесу $\Phi_{pi} = 9,2...61,5$, при

продуктивності $Q = 97...267$ кг/год, $N_{\text{пит}} = 1,3 \dots 2$ Вт·год/кг. Переробка одночасно всіх культур менша ефективна, ніж кожній окремо, проте навіть у цьому випадку кількість борошняних фракцій (менше 0,25 мм) не перевищувало 5%.

4. На підставі нормативних документів та відповідно до існуючих вимог нами було проведено огляди розробленої зернодробарки, визначено вплив небезпек та шкідливих факторів на оператора та запропоновано відповідні заходи щодо їх усунення. Розроблений подрібнювач кормів має правила безпечної експлуатації та порядок дій в аварійних ситуаціях..

5. При роботі на невеликій фермі зі стадом у 100 свиней, як показала економічна оцінка нової зернодробарки, вона більш продуктивна та споживає менше електроенергії на один привід порівняно з порівнянними фермами, менші експлуатаційні витрати. Річне скорочення операційних витрат становило 7361,94 грн. Термін окупності удосконалення складає 0,63 року.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Директива 92/46/ЄЕС від 16.06.92 «Медико-санітарні правила з виробництва та розміщення на ринку сирого молока, термічно обробленого молока і продуктів на молочній основі».
2. Організація ветеринарно-санітарного контролю виробництва молока коров'ячого на фермі відповідно до вимог СОР / В. Касянчук, О. Бергілевич, Я. Крижанівський, М. Кухтин // Ветеринарна медицина України. – 2006. - № 7. – С. 38-40.
3. Оксамитний М.К., Даниленко І.П. Технологія одержання високоякісного молока. - К.: Урожай, 1976. - 94 с.
4. Остапів Н.М. Ветеринарно-санітарне обґрунтування технології одержання молока за ДСТУ 3662-97: Автореф. дис ... д-ра с.-г. наук / ЛДАВМ. - Львів, 1999. -19 с.
5. Кравців Р.Й., Козак М.В., Островський Я.Ю. та ін. Методичні вказівки для лабораторно-практичних занять з гігієни одержання молока. — Львів, 1998. -40 с.
6. Власенко В.В., Касянчук В.В., Кольчак В.В. Ветеринарно-санітарна експертиза молока і молочних продуктів: Навчальний посібник. – Вінниця: ПП «Едельвейс і К», 2008. – 132с.
7. Офіційний сайт Державної служби статистики України / Статистична інформація [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2019/zb/11/zb_yearbook_2020.pdf
8. Виробництво продукції тваринництва за 2022 рік [Електронний ресурс] Режим доступу: https://ukrstat.org/uk/operativ2020/sg/ksgt/arh_ksgt2020_u.html
9. Молоко-сировина коров'яче. Технічні умови: ДСТУ 3662:2018 – [Чинний від 2017-01-01]. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 16 с.
10. Молоко та молочні продукти. Правила приймання, відбирання та

- готування проб до контролювання: ДСТУ 4834:2407. – [Чинний від 2008-01-10]. – Київ: Держспоживстандарт України, 2008. – 17 с. – (Національні стандарти України).
11. Молоко коров'яче. Визначення кількості соматичних клітин методом проточної цитометрії (експрес-метод): ДСТУ 7672:2014. – [Чинний від 2015-01-07]. – Київ: Держспоживстандарт України, 2015. – 13 с. – (Національні стандарти України).
 12. Молоко і молочні продукти. Методика підрахування кількості мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів, дріжджів і плісневих грибів за допомогою пластин: ДСТУ 7089:2009. – [Чинний від 2009-27-10]. – Київ: Держспоживстандарт України, 2009. – 12 с. – (Національні стандарти України).
 13. «Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности»: ГОСТ 3624:92 – [Действующий от 1994-01-01] – м.: Стандартінформ, 2009. – с.7
 14. Молоко і молочні продукти. Методи визначення густини: ДСТУ 6082:2009. – [Чинний від 2009–20–01]. – Київ : Держспоживстандарт України, 2009. – 18 с. – (Національні стандарти України).
 15. Молоко. Методи визначення соди: ДСТУ 8378:2015. – [Чинний від 2015–21–08]. – Київ : Держспоживстандарт України, 2015. – 9 с. – (Національні стандарти України).
 16. Молоко і молочні продукти. Методи якісного визначання антибіотиків, сульфаніламідів та інших інгібіторів термінів : ДСТУ 8397:2015. – [Чинний від 2018–01–06]. – Київ : Держспоживстандарт України, 2018. – 29 с. – (Національні стандарти України).
 17. Про молоко та молочні продукти: Закон України від 5 квітня 2015 р. № 1870-IV// Відомості Верховної Ради України. – 2015. – № 21. – Ст. 133.
 18. По затвердження вимог до безпечності та якості молока і молочних продуктів: наказ Мінагрополітики від 12 березня 2019 р. № 593/33564 // Офіційний вісник. – 2019. – 12 липня. – С. 10.

19. Селяни позбуваються худоби, бо живуть краще [Електронний ресурс] // Високий Замок. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://wz.lviv.ua/news/396368-seliany-pozbuvaiutsia-khudoby-bo-zhyvut-krashche>.
20. Козак І. В. Молока хочеться всім, а корів — ні [Електронний ресурс] // Голос України. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.golos.com.ua/article/316292>.
21. Способи виявлення фальсифікації молока в домашніх умовах [Електронний ресурс] // «ІСТV». – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://ranok.ictv.ua/ua/2019/12/04/yak-pereviriti-yakist-moloka-v-domashnihumovah/>.
22. Як визначити якість молока та переконатися в його екологічній безпеці [Електронний ресурс] // Український науковий портал. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <http://labprice.ua/statti/statti-pro-tovari-ta-poslugi/yakviznachiti-yakist-moloka-ta-perekonatisya-u-yogo-ekologichniy-bezpetsi/>. Закон України «Про охорону праці»
23. НПАОП 0.00-4.21-04. «Типове положення про службу охорони праці»
24. ДСТУ 2293-99 «Охорона праці. Терміни та визначення основних понять»
25. НПАОП 0.00-6.03-93 «Порядок опрацювання і затвердження роботодавцем нормативних актів з охорони праці, що діють на підприємстві»
26. Положення «Про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту» (Наказ Держгірпромнагляду від 24.03.2008 року № 53).
27. Ashton T. R. Ultra-high temperature treatment of milk and milk products / T.R. Ashton. //World animal, review, 1977. - No. 23. - p. 37 – 43
28. Robe K. Umprave flourord of pasteriged products, food process. Packaging, pp. 84-86, March, 1966.
29. Rowe M.T. Bacteriological quality of row milk effect on the quality of dairy products / M.T. Rowe // 7-th Agr. North. Irel. 1985. - V.60. - №8. -P. 178-210.

30. Schneider S. A. Stability of Vitamin D in fluid milk / S. A. Schneider, J. J. Warthesei. - University of Minnisota: Teaming Up for animal Agriculture, 1989. - 124 p.
31. Thayer D. W., Josephson E. S., Brynjolfsson A., Giddings G. G., Radiation pasteurization of food. – USA, Ames (IA): Issue paper, 1996. - No. 7. – 10 p.
32. Yang H.X. Electric pasteurization of wine / H.X. Yang, J.H. Wiegand/ - *Truit Pood J. Am. Food M.* 26, 1947.
33. Knyazkova, I.I. (2014). Profilaktika vnezapnoy serdechnoy smerti pri serdechnoy nedostatochnosti fokus na blokatoryi AT1–angiotenzinovyih retseptorov. *Liki UkraYini.* 3–4, 74–80
34. Rudyk, B.I. (2002). *Vybrani lektsiyi z kardiolohiyi.* – Ternopil': Ukrmedknyha
35. Dudnyk, S. (2015). Sertsevo–sudynni zakhvoryuvannya v Ukrayini. *Vseukrayins'ka medychna hazeta «Vashe zdorov"ya».* 1–2, 18–19 (in Ukrainian).
36. Tkachenko, N.A., Nazarenko, YU.V., Okunevs'ka, S. O. (2015). Obgruntuvannya ratsional'noho spivvidnoshennya monokul'tur *B.animalis Bb–12* zi zmishanymy kul'turamy laktobakterii u tekhnolohiyakh fermentovanykh funktsional'nykh molochnykh produktiv dlya lyudei z sertsevo–sudynnymy zakhvoryuvannymy [Elektronnyy resurs]. *KHarchova nauka i tekhnolohiya.* 4, 16–23 (in Ukrainian).
37. Stepanova, L.I. (1999). *Spravochnik tehnologa molochnogo proizvodstva. Tehnolo–gii i receptury. Tom 1 Cel'nomolochnie produkti [Tekst].* St. Petersburg: GIORD (in Russian).
38. Krasnikova, L.V., Gunkova, P.I., Markelova, V.V. (2013). *Mikrobiologiya moloka i molochnyih produktov: Laboratornyiy praktikum: Ucheb.–metod. posobie.* SPb. NIU ITMO; IHiBT
39. Chagarovs`kyj, O.P., Tkachenko, N.A., Lisohor, T.A. (2013). *KHimiya molochnoyi syrovyni [Tekst] : navchal'nyy posibnyk.* – Odesa: OOO Simeks–print (in Ukrainian).
40. Nazarenko, YU.V. (2011). *Biotekhnolohiya kyslomolochnoho syru*

dītyachoho kharchuvannya z podovzhenīm terminom zberihannya. KHarchova nauka i tekhnolohiya. Odesa. ONAKHT. 2(15), 41–45 (in Ukrainian).

41. Didux, N.A., Chagarovs`kyj, O.P., Lysogo, T.A. (2008). Zakvashuval`ni kompozyciyi dlya vyrobnyctva molochnyx produktiv funkcional`nogo pryznachennya. Odessa: Vydavnyctvo «Poligraf» (in Ukrainian).