

ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ

КАФЕДРА АВТОМАТИЗАЦІЇ, РОБОТОТЕХНІКИ І МЕХАТРОНІКИ

Кваліфікаційна робота бакалавра

на тему: «Автоматизація первинної обробки молока»

«Automation of primary milk processing»

Виконав: студент 4 курсу, групи 4А
спеціальності 151 – «Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології»
Ющенко О.М.

Керівник: к.т.н., доцент. Сарафаннікова Н.В.

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

Херсон – 2024 рік

ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ

КАФЕДРА АВТОМАТИЗАЦІЇ, РОБОТОТЕХНІКИ І МЕХАТРОНІКИ

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра

на тему: «Автоматизація первинної обробки молока»

«Automation of primary milk processing»

Виконав: студент 4 курсу, групи 4А
спеціальності 151 – «Автоматизація та
комп'ютерно-інтерновані технології»
Ющенко О.М.

Керівник: к.т.н., доцент. Сарафаннікова Н.В.

Рецензент к.т.н., доцент Корніловська Н.В.

(прізвище та ініціали)

Херсон – 2024 рік

Херсонський національний технічний університет

Факультет

Інженерії та транспорту

Кафедра

Автоматизації, робототехніки і мехатроніки

Освітньо-кваліфікаційний рівень

бакалавр

Спеціальність

151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри Автоматизації,
робототехніки і мехатроніки
Дмитрієв Д.О.

«___» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту

6. Дата видачі завдання « 15 » січня 2024 р.

Ющенко Олександр Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту: Автоматизація первинної обробки молока.
(Automation of primary milk processing).

керівник проекту: к.т.н., доцент Сарафаннікова Наталя Вікторівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «15» січня 2024 р. № 20-с

2. Строк подання студентом проекту « 10 » червня 2024 р.

3. Вихідні дані до проекту: Технологічна документація на
виробництво молочної продукції

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Показники якості молочної сировини та їх основні характеристики. 2. Первинна обробка молока на фермах. 3. Установки для первинної переробки молока. 4. Автоматизація процесів первинної обробки молока. 5. Вибір технічних засобів системи автоматичного управління.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Сортамент молочної продукції, що виробляється в Україні. 2. Чинники, що визначають якість молочної сировини. 3. Технологічна схема первинної обробки молока. 4. Технологічна схема пастеризатора ОПФ-1. 5. Принципова електрична схема управління установкою пастеризації. 6. Технічні засоби системи автоматичного управління для вимірювання температури. 7. Результати моделювання автоматичної системи регулювання температури.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1.	Підбір літератури	16.01.24-10.05.24	
2.	Аналіз існуючих рішень	26.01.24-25.02.24	
3.	Огляд і аналіз технологічних процесів виробництва молочних продуктів	26.02.24-12.03.24	
4.	Аналіз технологічних установок для виготовлення молочної продукції	13.03.24-20.03.24	
5.	Елементи і засоби автоматизації і регулювання процесу первинної обробки молока	21.03.24-04.04.24	
6.	Розрахункова частина	18.04.24-22.04.24	
7.	Оформлення креслень	03.05.24-18.05.24	
8.	Оформлення пояснювальної записки	19.05.24-02.06.24	
9.	Здача роботи на перевірку	03.06.24-10.06.24	

Студент

Ющенко О.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

[illegible]

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота складається із пояснювальної записки та графічної частини.

Пояснювальна записка містить – 65 сторінок, 13 рисунків, 9 таблиць.

Графічна частина – 7 аркушів.

Метою цього проекту є створення системи автоматизації первинної переробки молока.

Проведено аналіз показників якості молочної сировини та їхніх основних характеристик. Розроблено технологічну схему первинної обробки молока із зазначенням агрегатних установок по виконанню кожної технологічної операції. Виявлено основний технологічний параметр - температуру, який на всіх рівнях впливає на якість молока. Здійснено моделювання перехідного процесу нагрівача з регулюванням температури і без регулювання температури.

Запропоновано вибір сучасних технологічних засобів системи автоматизації первинної обробки молока.

ПЕРВИННА ОБРОБКА МОЛОКА, ФІЛЬТРАЦІЯ, ОЧИЩЕННЯ,
ПАСТЕРИЗАЦІЯ, ОХОЛОДЖЕННЯ, СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО
УПРАВЛІННЯ, РЕГУЛЮВАННЯ, ТЕМПЕРАТУРА, ТЕРМОРЕГУЛЯТОР,
АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

					ХНТУ 151.КРБ.24.04.РФ			
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реферат	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Ющенко О.М.						
Перевір.		Сарафаннікова Н.					5	2
						ХНТУ, гр.4А		
Н. Контр.								
Затверд.		Дмитрієв Д.О.						

THE ABSTRACT

The qualification work consists of an explanatory note and a graphic part.

The explanatory note contains 65 pages, 13 figures, 9 tables.

The graphic part is 7 sheets.

The goal of this project is to create an automation system for the primary processing of milk.

An analysis of the quality indicators of dairy raw materials and their main characteristics was carried out. A technological diagram of the primary processing of milk has been developed with the indication of aggregate installations for the performance of each technological operation. The main technological parameter - temperature, which affects the quality of milk at all levels - has been revealed. Modeling of the transient process of the heater with temperature control and without temperature control was carried out.

A selection of modern technological means of the system of automation of primary processing of milk is offered.

PRIMARY MILK PROCESSING, FILTRATION, CLEANING, PASTEURIZATION, COOLING, AUTOMATIC CONTROL SYSTEM, REGULATION, TEMPERATURE, THERMO REGULATOR, AUTOMATION OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS

					ХНТУ 151.КРБ.24.04.РФ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

	стор.
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ	9
ВСТУП	10
1. ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ МОЛОЧНОЇ СИРОВИНИ ТА ЇХ ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ	13
1.1 Основні заходи щодо отримання якісного молока	16
2. ПЕРВИННА ОБРОБКА МОЛОКА НА ФЕРМАХ	19
3. УСТАНОВКИ ДЛЯ ПЕРВИННОЇ ПЕРЕРОБКИ МОЛОКА	26
3.1 Ємності для молока.	26
3.2 Фільтруючі засоби.	27
4. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ПЕРВИННОЇ ОБРОБКИ МОЛОКА	30
5. ВИБІР ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ	39
5.1 Вимоги до системи автоматизації.	39
5.2 Вибір потужності нагрівальних елементів	40
5.3 Вибір допуску на відхилення температури	41
5.4 Розрахунок циркуляційного насоса молока	41
5.5 Проектування функціональної схеми автоматизації та її опис	44
5.6 Вибір технічних засобів системи автоматичного управління	46
5.7 Мікропроцесорний терморегулятор МТР-44	47
5.8 Датчик температури харчової промисловості	55
5.9 Рівнеміри	57
5.10 Аналіз застосування автоматичного регулювання температури	60
ВИСНОВКИ	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	64

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

АЕС – атомна електро станція,

АЦП - аналого-цифровий перетворювач,

ГХЦГ – гексахлорциклогексан,

ДСТУ – Державні стандарти України,

МТР - мікропроцесорний терморегулятор,

СУ – система управління,

ТЕН – трубчастий електричний нагрівач,

ТОМ – танк охолодник молока,

SCADA - Supervisory Control And Data Acquisition (диспетчерське управління і збір даних).

.

					ХНТУ 151.КРБ.24.04.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ВСТУП

Серед великого асортименту харчових продуктів тваринного і рослинного походження, найбільш досконалим і найбільш цінним в харчовому і біологічному плані є такий продукт як молоко та похідні від нього. Адже молоко це єдиний харчовий продукт, що забезпечує організм людини всіма необхідними живильними речовинами і мікроелементами від етапу народження до похилого віку людини. [1]

Заради справедливості необхідно зазначити, що у деяких державах таких як Китай, Японія і острова Полінезії молоко взагалі не вживають в переліку харчових продуктів, оскільки організм деяких людей монголоїдної раси не здатний засвоїти лактозу, генетично закладено неможливість засвоєння лактози. Але нам пощастило, близько 75-80 % європейців мають можливість і здатність споживати як молоко так і продукти похідні від молока. Багато людей середньої та північної Європи і частково Африки споживають молоко навідь в дорослому віці (що не у всіх є така здатність після періоду годування грудьми). У деяких народів молоко взагалі розглядалося як церемоніальне підношення в якості жертви божественним сутностям і святим духам. Така традиція жертвоприношення в давні часи застосовувалася і у слов'янських народах.

Отже генетично запрограмована здатність споживати молоко і висока харчова цінність молочної продукції обумовлена наявністю в ній білкових речовин, жиру, вуглеводів, мінеральних солей та різних корисних вітамінів виводять молочну продукцію на перше місце у сфері споживання в Україні. Головним завданням підприємств які переробляють молоко є задоволення споживацького попиту у високоякісних та безпечних корисних продуктах молочного походження із збереженням їхньої унікальної різнобарвної поживної цінності. Одним із факторів, що прямо впливає на рівень якості вироблених харчових молочних продуктів є якість сировини, яку використовують для їх виробництва. Сировину, яка незадовільняє технологічним стандартам якості неможливо застосовувати у виготовленні високоякісної біологічно цінної

					ХНТУ 151.КРБ.24.04.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

молочної продукції. Саме тому корисне і якісне за хімічним складом молоко, одержане за незадовільних санітарно-гігієнічних умов, швидко перетворюється у непридатне до вживання або навіть у шкідливий продукт для здоров'я споживача. Для виробників молока та продуктів його переробки актуальним питанням залишаються проблеми надходження на виробництво якісної за всіма технологічними стандартами молочної сировини. До переліку продуктів переробки молока відносять так звану групу «Молочних товарів» сировинної ознаки:

- питне молоко, вершки;
- кисломолочні продукти (кефір, сметана, йогурти, ряжанка, простокваша, кумис, ацидофілін, варенець і т.ін);
- коров'яче масло вершкове та коров'яче масло топлене;
- кисломолочні і сичужні сири;
- молочні згущені консерви і сухі продукти з молока;
- морозиво.

І це ще недовершений перелік продукції, в якій сировиною виступає молоко. В останні роки проблема нестачі молочної сировини лише посилювалася, оскільки обсяги виробництва сирого молока через економічні обмеження з року в рік зменшувалися. За таких умов підприємства з переробки молочної сировини змушені приймати сировину незадовільної низької якості, щоб тільки якось задовольнити свої потреби в сировині та попередити перебої і простої у виробничих процесах. [2]

До 2004 року Україна входила в передову десятку найбільших світових виробників коров'ячого молока. Адже географічно Україна має одні з найкращих у світі умов для вирощування поголів'я дойної скотини і виробництва молока та молочних продуктів, однак проблему достатньої насиченості ринку молочними виробами не вдавалося повністю вирішити навіть у найсприятливіші для розвитку молочного господарства роки. Обсяги виробництва через конкуренцію у світовій економіці в Україні з плином часу зменшувалися, а попит на молочні вироби в світі навпаки зростав. Але сумний

					ХНТУ 151.КРБ.24.04.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

досвід показав, що українські виробники і переробники молока навіть у часи активної війни в Україні, руйнацію і окупацію територій і молочних господарств можуть самостійно задовільнити потребу споживачів у такій продукції на внутрішньому ринку. Також під час фази активного воєнного вторгнення росії виникли проблеми з імпортом молочної продукції в Україну, через що багато підприємств з переробки молока переорієнтувалися на внутрішній ринок споживачів і стали спроможні заміщувати імпорт молочної продукції в найближчий час. А блокада морських шляхів України через агресію росії спонукає експорт переорієнтуватися на нові альтернативні шляхи через західний кордон України. В таких сучасних складних умовах необхідно відроджувати економічні і виробничі потужності.[3] І відродження виробництва молочної продукції можливе лише за стандартної, всім відомої, простої умови - це стати конкурентноспроможними, а конкурентноспроможність виробників України складатиметься з наступних складників:

1 - перш за все потрібно покращувати і контролювати якість продукції на всіх етапах виробництва і переробки, тобто керувати якістю виробничих процесів;

2 - економічно врегулювати і шукати нові внутрішні і зовнішні ринки збуту молочної продукції;

3 - впроваджувати інноваційність на переробних підприємствах молочної сировини.

З огляду технічних науковців з систем контролю і управління можемо розв'язувати перший і третій складники задачі.

Хоча підвищення якості і відносять до задач управління, але управління якістю доцільно здійснювати тільки інноваційними сучасними методами і засобами. Таким чином два складники поєднуються в одну задачу.

					ХНТУ 151.КРБ.24.04.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1. ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ МОЛОЧНОЇ СИРОВИНИ ТА ЇХ ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Молочна промисловість – одна з провідних галузей агропромислового комплексу України. В загальному обсязі харчової та переробної промисловості питома вага молочної галузі складає 19%. Молочна продукція є обов’язковою складовою раціону харчування середньостатистичної людини. Науково обґрунтовано, що нормою споживання молокопродуктів та молока є біля 380 кг на одну людину в рік, із них незбираного молока – 120 кг, знежиреного – 6,8 кг, кисломолочного сиру – 8 кг, сичужних сирів та бринзи – 6,6 кг, сметани – 5,8 кг, вершкового масла – 6 кг. Рациональну норму споживання молока перераховано з огляду на погіршення екологічної ситуації в Україні після катастрофи Чорнобильської АЕС, яку встановлено 403 кг на людину в рік.

Якість молока, яке надходить для промислової переробки на підприємства з виробництва молочної продукції, впливає не тільки на економічні показники, але і на якість готової продукції. До основної сировини для молочної промисловості згідно ДСТУ 3662-97 зі змінами від 1.08.2007 р. пред’являються вимоги за мікробіологічними, фізико-хімічними і органолептичними показниками. Цей стандарт поширено на незбиране сире коров’яче молоко, під час закупівлі підприємствами з переробки молока для переробки та виготовлення молочної продукції. Відповідно до ДСТУ 2212:2003 термін «сире молоко» – це продукт здорової фізіологічної секреції молочних залоз молочних тварин, одержаний за декілька доїнь, без додавання до нього будь-яких добавок та без вилучення певних складників, а головне продукт який не піддавався тепловій обробці. В залежності від органолептичних, мікробіологічних та фізико-хімічних показників молоко ділять на ґатунки: екстра, вищий, перший та другий. Молоко отримують від здорових тварин на фермах, які контролювані щодо будь-яких інфекційних захворювань; після доїння молоко має бути профільтроване та охолоджене; за якістю воно повинне відповідати ДСТУ 3662-97. Таке молоко має бути чистим, натурально незбираним, без сторонніх

						7

присмаків і запахів. На вигляд та за консистенцією молоко має бути однорідним рідким від білого до ясно-жовтого кольору, не має містити осаду або згустків. Не припустимо змішувати молоко здорових та хворих тварин або заморожувати молоко. За фізико-хімічними показниками молоко має відповідати нормам, які зведено в таблицю 1.

Таблиця 1. Фізико-хімічні показники заготівельного молока

Показник	Екстра	Вищий ґатунок	Перший ґатунок	Другий ґатунок
Кислотність, °Т	16-17	16-17	≤ 19	≤ 20
Ступінь чистоти за еталоном, група	1	1	1	2
Загальне бактеріальне обсіменіння, тис./см ³	≤ 100	≤ 300	≤ 500	≤ 3000
Температура, °С	≤ 6	≤ 8	≤ 10	≤ 10
Масова частка сухих речовин, %	≥ 12,2	≥ 11,8	≥ 11,5	≥ 10,6
Кількість соматичних клітин, тис./см ³	≤ 400	≤ 400	≤ 600	≤ 800

В молоці не припустима наявність інгібувальних речовин: консервантів, антибіотиків, мийно-дезінфікуючих засобів, формаліну, соди, аміаку, перекису водню як передбачено ДСТУ 3662-97.

За показниками безпеки молоко має відповідати наступним вимогам, що зведено у таблицю 2.

Молоко яке призначається для на переробку для дитячого харчування, має бути вищого та першого ґатунку, але з кількістю соматичних клітин не більше 500 тис см³, термостійкістю не нижче II групи. Загалом сировина всіх ґатунків повинна мати густину не менше ніж 1027 кг/м³ за температури 20 °С.

Таблиця 2. Показники безпеки молока заготівельного

						8

зберігання молока у виробників до закупівлі має не перевищувати 24 год за температури менше 4 °С, 18 год – за температури менше 6 °С, 12 год – за температури менше 8 °С.

1.1 Основні заходи щодо отримання якісного молока

Через те, що молоко є сприятливим і поживним середовищем для розвитку будь-яких мікроорганізмів, необхідно максимально обмежувати можливість попадання їх в молоко. Для цього обмеження необхідне суворе дотримання і ветеринарних і санітарних норм утримування і годування тварин на фермах, санітарні і гігієнічні умови отримання, зберігання і транспортування молока. Суворе дотримання правил і норм сприяє належному рівню якісного молока. Основне джерело забруднення молока це вим'я і шерстяний покрив тварини, руки і одяг самого персоналу, обладнання і посуд. Тому висока якість молока - це постійне утримання тварини в чистоті. Також джерелом забруднення молока є корм для тварин. Бо в повітрі можуть міститися дрібні частинки корму і далі потрапляти в молоко при доїнні. Через це для доїння рекомендовано мати спеціальні окремі приміщення. Персонал на фермі має проходити медичні огляди для допуску до роботи. Щорічно усіх обстежують на туберкульоз, бацилоносійство і гельмінтоз.

Основна передумова отримання якісного молока полягає в здорових коровах. Тварин з будь-якими ознаками захворювань ізолюють. Молоко хворих корів має знищуватися відразу на фермі.

Сучасні умови дозволяють використовувати машинне доїння, коли молоко подається через закриту систему по трубопроводу в ємність для зберігання молока. Це убезпечує забруднення молока і адсорбцію ним сторонніх запахів і присмаків, за умови дезінфікування обладнання та інвентару.

Отже для отримання молока високої якості необхідно не лише відповідально годувати і утримувати корів, але і суворо дотримуватися санітарно-гігієнічних умов на фермі.

						10

Бактерицидна фаза молока, способи її подовження.

Молоко, яке є біологічним секретом має одну важливу особливість – бактерицидність, або бактеріостатичність. Це властивість середовища затримувати розмноження або знищувати ті мікроорганізми, які потрапляють у свіже молоко в процесі його виробництва. Бактерицидність молока пояснюється наявністю в ньому захисних складників, таких як лізоцими, лактелина, антитоксини, імунні тіла, бактеріолізину і таке інше. Вони викликають склеювання клітин, осадження, послідовну дію на мембрану клітини з її подальшим руйнуванням. Бактерицидні властивості деактивуються при температурах вище 90 °С. Період, впродовж якого відбувається затримка росту бактерій, називається бактерицидною або бактеріостатичною фазою. Під час цієї фази молоко зберігає свої основні первинні властивості. У теплому неохолодженому молоці такі властивості зберігаються всього від 2 годин до 3 годин. Звісно тривалість бактеріостатичної фази в молоці залежить від фізіологічного стану корови, періоду лактації і санітарно-гігієнічних умов його отримання, а основне від температури зберігання.

Тривалість бактерицидної фази в залежності від температури зберігання молочної сировини представлено в таблиці 3.

Таблиця 3. Бактерицидність молока залежно від температури зберігання

Температура зберігання, °С	37	30	25	15	10	5	2-0
Період бактерицидної фази, годин	2	3	6	9	24	36	48

Але якими б не були ідеальними умови отримання молока, тривалість бактерицидної фази в натуральному свіжому молоці у рази коротше за період, якщо в умовах молочного виробництва охолодити сировину.

Для збереження природних властивостей молока впродовж 24 годин температура його зберігання має бути меншою 6 °С за умови, що воно отримане з дотриманням всіх вище зазначених санітарних і гігієнічних умов. Велике значення в цьому випадку має первинний вміст бактерій в молоці. Вплив бактеріального складу і температури охолодження свіжого молока на

якість молока під час зберігання наведено в таблиці 4.

Таблиця 4. Вплив бактеріального складу і температури охолодження свіжого молока на якість молока під час зберігання

Кількість бактерій в молоці після доїння, тис. в 1 г	Температура охолодження, °С	Приблизна кількість бактерій в молоці після зберігання, тис. в 1 г	
		24 години	48 годин
4	5	4	4
	10	12	120
	16	1488	18800
40	5	80	120
	10	200	840
	16	4520	101600
150	5	300	600
	10	1200	15000
	16	27000	705000

З таблиці 4 видно, що молоко зі вмістом бактерій до 40 тисяч в 1 г через 24 години при температурі 10 °С відповідає вищому ґатунку за ДСТУ 3662-97. Молоко ж зі вмістом бактерій 150 тисяч в 1 г відноситься до другого ґатунку, і навіть глибоке охолодження не гарантує його збереження. У міру зниження температури свіжовидоєного молока збільшується тривалість дії бактеріостатичності. Отже, найважливішою умовою збереження початкових властивостей молока є його негайне охолодження після очищення від механічних домішок. У відповідності зниження температури сирого молока зберігається також велика частина вітамінів. Після зникнення бактерицидних властивостей молока починається наступна стадія розвитку змішаної мікрофлори.

Аналізуючи всі властивості і параметри молока виявляється що якісні показники складаються з цілого комплексу заходів, умов, показників, технічних параметрів. Основним технологічним параметром, за яким можливо здійснювати управління якістю молочної сировини є його температурні показники.

2. ПЕРВИННА ОБРОБКА МОЛОКА НА ФЕРМАХ

Молоко, що є основною сировиною для молочної промисловості, вважають якісним, якщо збережено його первинні властивості, і тоді сировина може бути перероблена з максимальним використанням корисних його компонентів. Виконання такого завдання значною мірою залежить саме від первинної обробки молока: чим ефективніша первинна обробка, тим краща якість молока і усієї в подальшому виробленої молочної продукції.

Первинна обробка молока – це комплекс технологічних операцій, спрямованих на збереження натуральних і поживних властивостей свіжого молока. До технологічних операцій первинної обробки молока відносять:

- 1 - очищення від можливих механічних домішок;
- 2 - пастеризація;
- 3 - охолодження до необхідних температур;
- 4 - зберігання або транспортування.

Технологічну схему первинної обробки молока зображено на рисунку 1. [4]

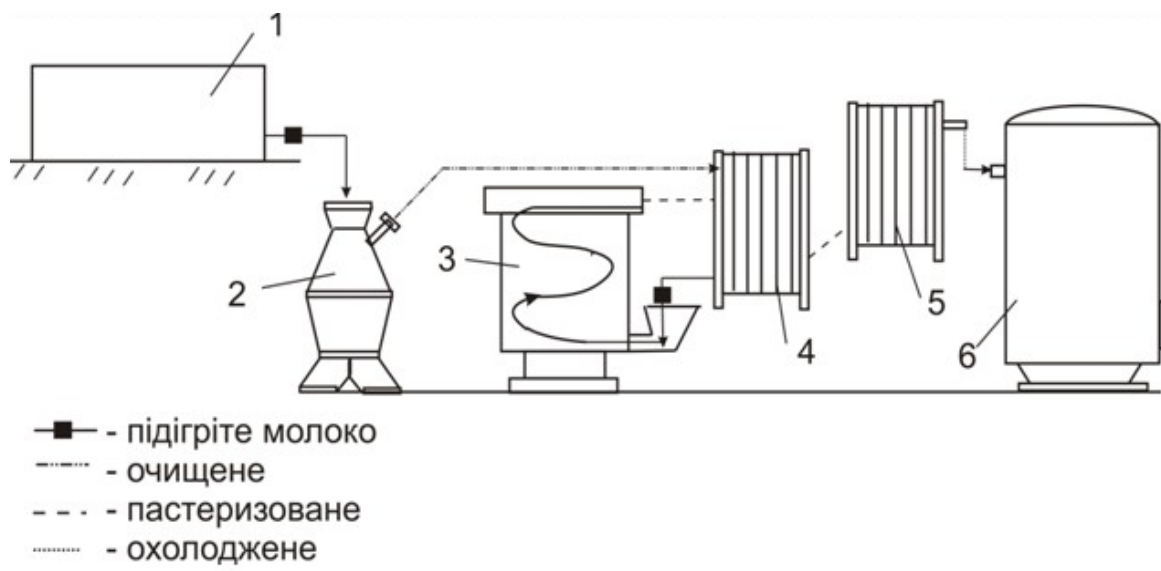


Рис. 1. Технологічна схема первинної обробки молока

- де 1 – молокозбірник;
- 2 – сепаратор-очисник;
- 3 – пастеризатор;
- 4 – регенеративний теплообмінник;
- 5 – охолодник;
- 6 – молочний танк.

Як бачимо технологічний процес первинної обробки доволі не проста процедура, і для підвищення якості сировини молочного виробництва має проходити за суворого контролю температурних показників, який має бути реалізований інноваційними счасними засобами і технологіями, що дозволить підвищити і особливо важливо на довший проміжок часу зберегти якість сировини. для подовження терміну застосування і зберігання під час транспортування сировини на подальшу виробничу переробку.

Проаналізуємо кожну технологічну операцію.

Очищення. При будь-якому способі доїння навіть при суворому дотриманні санітарії та гігієни неможливо виключити потрапляння в молоко таких домішок, як шерсть тварини, пил приміщення, епітелій, слиз; у молокопроводі в молоко потрапляють частинки комбікормів, підстилки, пилу і т.ін. Через цей факт натуральне молоко завжди містить деяку кількість механічних домішок, характер яких обумовлено специфікою утримання та годування тварин. На молочних фермах використовуються два способи очищення молока: фільтрування і відцентрове очищення. Технологічний процес первинної обробки молочної сировини необхідно будувати так, щоб стадія очищення передувала всім наступним стадіям (пастеризації, охолодженню, зберігання, транспортуванню). В процесі фільтрування молока необхідно віддавати перевагу бязі або нетканим матеріалам в якості фільтруючої основи. За можливості рекомендовано виключати фільтрування молока способом

						14

продавлювання крізь фільтрувальну тканину за допомогою насоса.

Пастеризація молочної сировини. Пастеризація це обов'язкова технологічна операція при переробці і виробництві молочних продуктів. Метою пастеризації є комплекс цілей: 1. Знищення патогенної мікрофлори для отримання безпечного для споживання в санітарно-гігієнічному відношенні продукту. 2. Зниження загальної бактеріальної забрудненості, рушення ферментів сирого молока, які викликають псування пастеризованого молока і зменшують його стійкість при зберіганні. 3. Зміни фізико-хімічних властивостей молока для надання запланованих властивостей готової продукції, зокрема, органолептичних властивостей, в'язкості, щільності згустку і таке інше. Основним критерієм надійності пастеризації є режим термічної обробки, при якому забезпечується загибель найбільш стійкого з патогенних мікроорганізмів – туберкульозної палички. Доведено, що руйнування в молоці ферменту фосфатази, відбувається після відмирання неспортивірних патогенних бактерій. До прикладу, за температури 75 °C збудник туберкульозу гине через 10...12 с, а фосфатаза за тієї ж температури руйнується тільки через 23 с. Звідси основним показником ефективності пастеризації є руйнування в молоці ферменту фосфатази, який має температурний оптимум вищий, ніж у туберкульозної палички.

Також ефективність пастеризації виражають у відсотках відношенням кількості знищених клітин до кількості бактеріальних клітин в сирому молоці. При оптимальному процесі пастеризації її ефективність досягає 99,99 %. Режимми пастеризації молока На підприємствах молочної промисловості застосовують наступні режими пастеризації:

1. - Тривала пастеризація здійснюється при температурі 63...65 °C з витримкою 30 хв. Недоліками є тривалий термін процесу і те, що вся мікрофлора не знешкоджується.

2. - Короткочасна пастеризація здійснюється при температурі 76(±2) °C з витримкою 20 с. Перевагою короткочасної пастеризації є той аспект, що процес здійснюється в потоці без доступу повітря і таким чином зберігаються вітаміни

						15

в молоці.

3. - Моментальна пастеризація здійснюється при температурі 85...87 °С без витримки. Недоліком є відсутність у апараті секції регенерації.

При виборі режиму пастеризації разом з необхідністю пригнічення мікрофлори необхідно враховувати і особливість технології виробництва виду молочного продукту.

Так, при виготовленні сичужних сирів температура пастеризації встановлюється в межах 72...76 °С, щоб не викликати денатурації і переходу в сирну масу сироваткових білків. При виробництві кисломолочних продуктів, навпаки, температуру пастеризації підвищують до 95 °С, щоб зробити теплову дію на білкову систему молока, з метою забезпечення хорошої консистенції кисломолочних продуктів. Опірність мікроорганізмів тепловому оброблянню збільшується при підвищенні вмісту жиру і сухих речовин в продуктах, такі як вершки, суміш для морозива, оскільки білкові та жирові речовини чинять захисну дію на мікробні клітини. Тому для продуктів з підвищеним вмістом жиру і сухих речовин температура пастеризації має бути збільшена на 10-15 % в порівнянні з температурою пастеризації молока. Підвищена температура при пастеризації вершків, що йдуть на виробництво масла, потрібна для повної руйнації ферментів ліпази, протеази та ін., які викликають псування масла.

Після процесу пастеризації мікрофлора в потрібній мірі деактивована, молочну сировину відразу піддають охолодженню. Це робиться з таких причин:

} у молоці одночасно з бактеріями при нагріві руйнується природна антибактеріальна система, через що загострюється потреба в застосуванні основних прийомів захисту від розвитку мікроорганізмів, що зберегли свою життєдіяльність; } молоко необхідно оберегати від зараження вторинною мікрофлорою, яка з часом адаптується до умов експлуатації обладнання для пастеризації і розвивається в місцях, які ускладнені для миття і дезінфекції, а саме під гумовими прокладками; } молоко необхідно захистити від розмноження в ньому патогенних мікроорганізмів, які можуть потрапляти в молоко після пастеризації з повітря, рук персоналу, погано промитих частин обладнання.

						16

Чинники, що впливають на ефективність пастеризації. Основними чинниками, що впливають на ефективність пастеризації є температура нагрівання і час її дії на молоко. Встановлено залежність тривалості витримки Z від температури

$$\text{пастеризації } t: \ln Z = 36,84 - 0,48t \quad (1)$$

Режими пастеризації, визначені за цим рівнянням, гарантують дезактивацію туберкульозної і кишкової палички. Знаючи температуру пастеризації, з цього рівняння визначають час. Дані представлені в таблиці 5.

Таблиця 5

Температура, °C	60	62	64	66	68	70	72	74	76
Час, с	3100	1188	455	174	67	25,6	9,8	3,8	1,4

З наведених даних видно, що досить витримати молоко впродовж 3,7 с при 74 °С, щоб повністю знищити усі мікроорганізми в молоці. У промисловості для забезпечення повної гарантії безпеки продукту в мікробіологічному відношенні час витримки молока при цій температурі збільшений до 20 с. Але окрім температури нагрівання і тривалості процесу, ефективність пастеризації залежить також від цілого ряду другорядних чинників: ступінь забрудненості; вік бактеріальної клітини; механічна забрудненість молока; період отримання молока; склад продукту; кислотність молока і його піноутворення.

Охолодження. Для охолодження свіжого молока на фермерських господарствах використовують механізовані охолоджувачі різних конструкцій і спеціальні резервуари. Механізовані способи охолодження найбільш ефективні і менш трудомісткі в порівнянні з охолодженням у флягах з льодом, тому, вони широко впроваджуються на тваринницьких комплексах. Працюють охолоджувачі за принципом протитечії рідин. Найбільш поширені в сучасних доїльних установках пластинчаті охолоджувачі молока, в яких охолодження здійснюється в тонкому 2 мм...4 мм шарі. Раніше широке застосування на фермах мали резервуари для охолодження молока. Проте в таких резервуарах охолоджувачах молоко знижує до заданої температури тривалий час, що саме і призводить до зниження якості молока. Найбільш раціональним вважається

двоступінчате охолодження: перший ступінь попереднє охолодження водою в потоці з доїнням; другий ступінь – доохолодження на пластинчастому або трубчастому охолоджувачі розсолом.

Для збереження бактеріальної насиченості свіжого молока в процесі його охолодження слід максимально скорочувати розрив між процесами видоювання і охолодження. Найбільш ефективним є охолодження в потоці з доїнням. Розриви в часі між видоюванням і охолодженням не мають перевищувати 2 години. При механізованому способі охолодження слід віддавати перевагу пластинчастим охолоджувачам.

Резервуари доцільніше використовувати для зберігання вже охолодженого молока, а не для його охолодження. Найбільш економічним і технологічно ефективним є двоступінчате охолодження. Кінцева температура охолодження молока на фермі до $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$ забезпечує збереження якості молока при транспортуванні і зберіганні до 24 годин. Більш глибоке охолодження молока призводить до непродуктивних витрат і технологічно не обґрунтовано і не вигідно.

Зберігання. Для зберігання молока використовуються два види обладнання: відкриті резервуари-охолоджувачі і закриті резервуари-термоси. Відкриті резервуари-охолоджувачі служать для охолодження і зберігання молока, але вони мають суттєвий недолік – це занадто тривалий період охолодження (від 4 годин і більше), цей термін часу перевищує тривалість бактерицидної фази молока. Після 20 годин зберігання в молоці у декілька разів збільшується вміст бактерій, кислотність підвищується на $1-3^\circ\text{T}$, погіршуються органолептичні властивості молока. Не захищено молоко і від потрапляння домішок у вигляді пилу і інших часток.

Доцільно здійснювати тривале перемішування молока мішалкою в процесах охолодження і зберігання, це певною мірою активізує ліполіз. Таким чином, відкриті резервуари-охолоджувачі найдоцільніше використовувати для охолодження невеликих об'ємів молока. В цьому випадку ефективність зберігання підвищується із зменшенням температури.

						18

Закриті резервуари в основному призначені для зберігання молока. Вони є циліндричними ємностями з двома сферичними днищами, по усій поверхні резервуари покриті термоізоляційним матеріалом і вмонтовані в захисний сталевий кожух. Вони добре зберігають температуру охолодженого молока. За період зберігання впродовж 20 годин температура молока підвищується на 1...2 °С. Молоко в резервуар подається заздалегідь охолодженим на пластинчатому охолоджувачі до температури зберігання з урахуванням тривалості зберігання і міри підвищення температури за період зберігання. В закритих резервуарах молоко обмежується від потрапляння механічних домішок і сторонніх запахів в рідину. При виборі обладнання для зберігання молока слід віддавати перевагу закритим резервуарам з термоізоляцією.

Транспортування. Молокопроводи. Важливою складовою ланкою технологічного процесу в молочних лініях є транспортні молокопроводи. Вони застосовуються як сполучні ланки між апаратами технологічного процесу і для транспортування молока з доїльних приміщень до приміщень охолодження і зберігання. Молокопроводи для цих цілей застосовують зі скла, сталі, з полімерних матеріалів, а іноді це можуть бути гумові шланги, але використання таких шлангів вважається грубим порушенням правил санітарії і гігієни. В залежності від матеріалу транспортні молокопроводи по-різному впливають на бактеріальне обсіменіння і далі на зміну температури молока. Міра впливу на бактеріальний склад молока залежить від профілю внутрішньої поверхні трубопроводів і її санітарної обробки. При аналізі поверхні труб сталевих, скляних і поліетиленових виявлено, що для кращого збереження якості молока найбільшу перевагу мають скляні молокопроводи в порівнянні з поліетиленовими і сталевими. Транспортування молока з господарства на молокопереробний завод здійснюється зазвичай автомобільним транспортом і по молокопроводах. Коли перевозять молоко, то тарою служать фляги або цистерни.

Транспортування у флягах має ряд недоліків: при високій температурі молоко нагрівається, а при низькій може замерзнути, тому рекомендовано фляги

						19

з молоком перевозити в герметичних автомобілях. Найбільш раціонально молоко перевозити в спеціальних автомобільних цистернах. Молоко в них добре зберігається. Транспортування в цистернах обходиться дешевше. Втрати молока при перевезенні в автомобільних цистернах складають 0,03 %, а у флягах – 0,34 %.

3. УСТАНОВКИ ДЛЯ ПЕРВИННОЇ ПЕРЕРОБКИ МОЛОКА

3.1. Ємності для молока.

Для збору і зберігання молочної сировини застосовують горизонтальні резервуари-термоси (рис.2). Горизонтальні резервуари чинять менший тиск на опорну поверхню, ніж вертикальні, їх можна вмонтовувати в стіни переробного підприємства, тим самим заощадивши корисну площу. У середині приміщення розміщують лише передню частину резервуара з приймальним і зливальним патрубками, люком і контрольними приладами. Іншу частину розташовують поза приміщенням і встановлюють над нею навіс для захисту від опадів і сонячних променів.

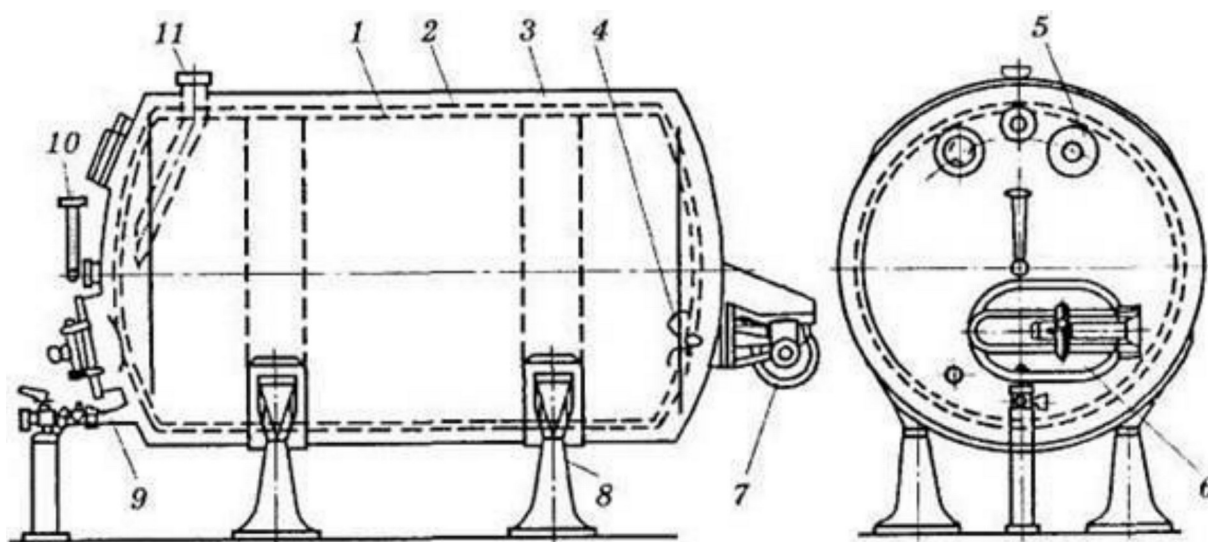


Рисунок 2. - Схема горизонтального резервуара-термоса для зберігання молока:
1 – робочий резервуар; 2 – теплоізоляція; 3 – кожух; 4 – мішалка; 5 – оглядове

вікно; 6 – люк; 7 – привід мішалки; 8 – опорні ніжки; 9 – зливальний патрубок; 10 – термометр; 11 – заливна труба

На великих переробних підприємствах доцільно застосовувати ємкості для зберігання молока місткістю 25 (Г6-ОМГ-25), 50 (В2-ОХР-50) і 100 м³ (В2-ОХР-100). За конструктивним виконанням резервуари спеціального призначення поділяють на вертикальні та горизонтальні; за призначенням – на резервуари-охолодники молока, ванни для нагрівання молока й універсальні теплові апарати; за типом перемішувального пристрою – з лопатевими, пропелерними і спеціальними мішалками. Залежно від конструкції системи теплового оброблення продукту (охолодження або нагрівання) резервуари поділяють на ємкості з теплообмінною оболонкою, зі зрошувальною системою і теплообмінником у вигляді змійовика і комбінованим теплообмінним пристроєм. Молоко в резервуарах-охолодниках охолоджують двома способами: безпосередньо киплячим у випарнику холодоагентом або за допомогою проміжного холодоносія, тобто води або розсолу від холодильної установки. У ваннах тривалої пастеризації або в універсальних теплових апаратах молоко нагрівається подаванням у теплообмінну оболонку резервуара гарячої води або пропусканням через воду, що є в оболонці, пари.

						21

3.2. Фільтруючі засоби.

Очищення молока відбувається за допомогою спеціалізованих фільтрів. Частіше застосовують циліндричні фільтри із фільтрувальним елементом багаторазової дії (рис. 3 а), які мають вигляд циліндричного корпусу з конічним днищем і сферичною кришкою. Знизу корпусів розташовані патрубки для підведення продукту і відведення очищеного молока. У середині корпусу влаштовано дві латунні сітки з фільтрувальною тканиною: внутрішньою і зовнішньою. Молоко під тиском надходить через патрубок у фільтр і послідовно проходить внутрішню і зовнішню сітки. З фільтра молоко видаляється через патрубок. Дісковий фільтр періодичної дії (рис. 3 б) складається з корпусу, зверху закритого кришкою і клапаном. Збоку корпусу розміщено патрубок для входу молока, знизу – патрубок із трубою для відведення молока з фільтра. У середині корпусу встановлено набір дисків з отворами, між якими затиснуті фільтрувальні елементи.

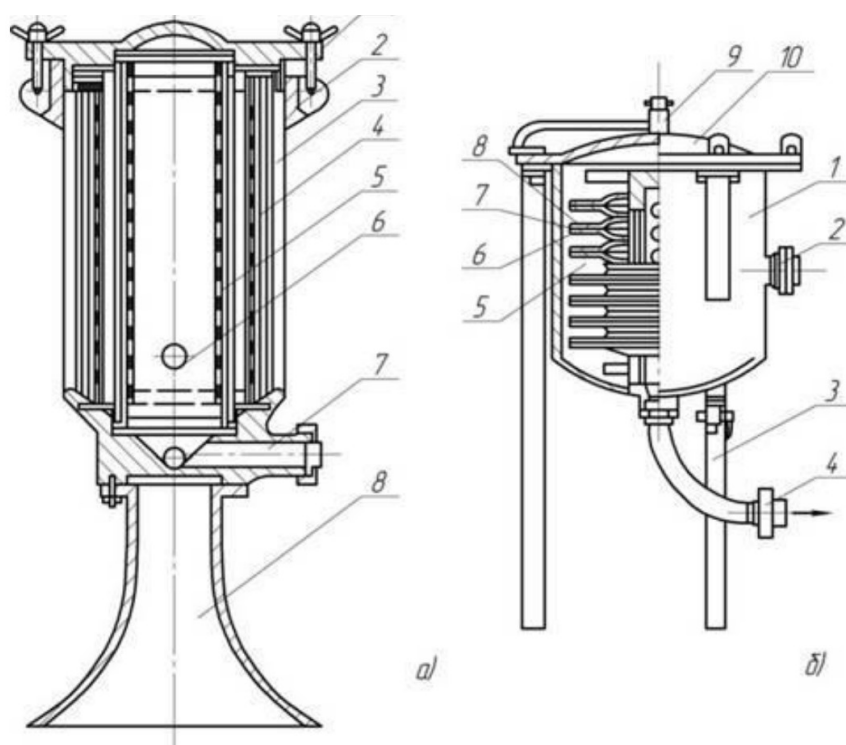


Рисунок 3. - Фільтри.

де а) циліндричний фільтр: 1 – кришка; 2 – гумова прокладка; 3 – корпус; 4 –

зовнішня сітка; 5 – внутрішня сітка; 6 – відвідний патрубок; 7 – підвідний патрубок;

б) дисковий фільтр: 1 – корпус; 2 – патрубок для введення молока; 3 – стояк; 4 – патрубок для відведення молока; 5 – циліндричний стакан; 6 – фільтрувальний елемент; 7 – отвір; 8 – диск; 9 – клапан для випускання повітря; 10 – кришка.

Сепаратори. Фізична суть процесу сепарування молока, як і будь-якої гетерогенної системи, полягає в осадженні дисперсної фази в полі дії гравітаційних і відцентрових сил. Молочні сепаратори за призначенням поділяють на вершковіддільники, нормалізатори, сепаратори для отримання високожирних вершків, молокоочисники й універсальні зі змінними барабанами. За способом подавання молока і відведення продуктів сепарування розрізняють відкриті, напівзакриті, закриті. У відкритих сепараторах подавання молока, відведення вершків і молочних відвійок відбуваються в зіткненні з повітрям. У цьому разі утворюється молочна піна, що погіршує умови експлуатації сепараторів. Продуктивність становить до 0,3 кг/с. У напівзакритих сепараторах молоко подається відкритим способом, а продукти відводяться закритим, під напором, який створює барабан сепаратора. Продуктивність становить 0,5–1,0 кг/с. 29 У закритих (герметичних) сепараторах подавання молока і відведення продуктів сепарування відбуваються без доступу повітря під тиском по трубах. Продуктивність становить понад 1,0 кг/с. Для первинної обробки молока доцільно застосовувати сепаратор - молокоочисник, конструкція якого наведено на рис. 4.

						23

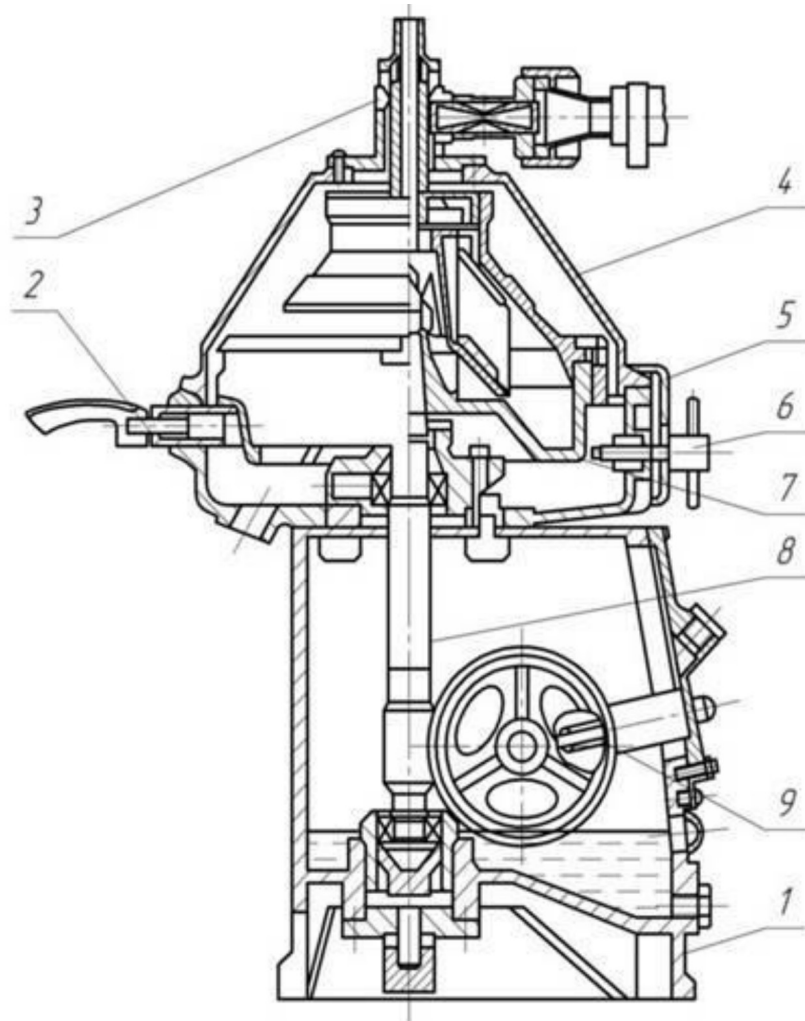


Рисунок 4. - Сепаратор-молокоочисник напівзакритого типу з ручним вивантаженням осаду.

де 1 – корпус станини; 2 – гальмо; 3 – приймально-вивідний пристрій; 4 – кришка сепаратора; 5 – чаша станини; 6 – стопор барабана; 7 – барабан; 8 – вертикальний вал (веретено); 9 – зубчасте колесо горизонтального вала

4. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ПЕРВИННОЇ ОБРОБКИ МОЛОКА

Молоко, особливо свіжонадоєне має температуру 35...36°C, і тому воно є комфортним і поживним середовищем для розвитку будь-яких шкідливих і корисних мікроорганізмів. Бактеріальне забруднення молока залежить від умов утримання тварин, способу доїння, чистоти приміщень, технологічної апаратури тощо. Мікроорганізми у молоці швидко розмножуються навіть при нетривалому терміні його зберігання. Щоб запобігти збільшенню кількості

мікроорганізмів, особливо молочнокислих, слід швидко видалити молоко з корівника, очистити і охолодити його до температури 4...6 °С і зберігати при низьких температурах, а також впровадити додержання санітарно-гігієнічних правил утримання доїльних апаратів і доїння, та дотримання теплової обробки (пастеризації). Первинна обробка молока, яку проводять для поліпшення санітарно-гігієнічних властивостей молока, підвищення його стійкості при транспортуванні і зберіганні, полягає в очищенні молока від сторонніх домішок (фільтрування), пастеризації і охолодженні. Для очищення молока використовують фільтри та сепаратори молокоочисники. Пастеризація молока може бути тривалою, що проходить в спеціальних ваннах, та швидкісною, що проходить в проточних пластинчастих апаратах. Для охолодження молока в молочних відділеннях тваринницьких ферм використовують водоохолоджувальні установки АВ-30, УВ-10, ТХУ-14, які працюють з резервуарами-охолодниками молока та проточними пластинчастими охолоджувачами. Автоматизована пастеризаційна установка ОПФ-1 видаляє механічні і частково бактеріальні домішки, здійснює пастиризацію нагрівом молока, витримує його і охолоджує. В автоматизованій пластинчатій пастеризаційно-охолоджувальній установці, яку наведено на рисунку 5 робочий процес проходить наступним чином. З молокозбірника молоко надходить в урівнювальний бак 1. Насосом 2 молоко подається в секцію I пластинчатого апарата (секцію рекуперації), де воно нагрівається за рахунок теплообміну з гарячим молоком, що йде від секції пастеризації через витримувач 5. Нагріте до 37...40 °С молоко спрямовується в молокоочисник 4, а звідти далі подається в II секцію рекуперації, де проходить його донагрів пастеризованим молоком. З другої секції молоко переходить в секцію III пастеризації, де за рахунок теплообміну з гарячою водою нагрівається до температури 76 чи 90 °С (в установці ОПФ-1-300). Після секції пастеризації молоко проходить через витримувач в I і II секції рекуперації, де віддає частину тепла холодному молоку і його температура знижується до 20...25 °С. Далі це молоко послідовно проходить секції охолодження IV та V, де його температура знижується до 5...

						25

8 С залежно від початкової температури охолоджуючої води.

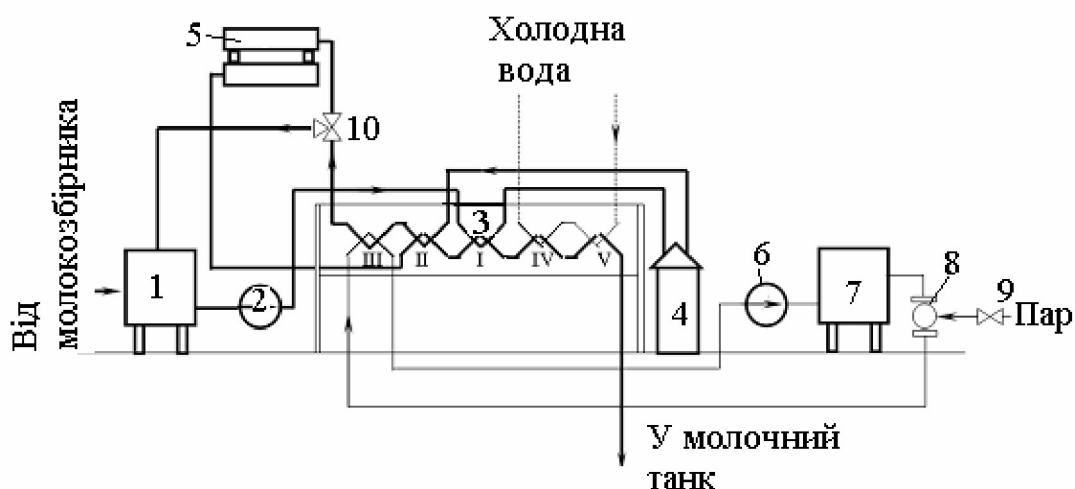


Рисунок 5. - Технологічна схема пастеризатора ОПФ-1

1 – урівнювальний бак; 2 – молочний насос; 3 – пластинчатий апарат; 4 – молокоочисник; 5 – витримувач; 6 – водяний насос; 7 – бойлер; 8 – інжектор; 9 – електрогідравлічний клапан; 10 – перепускний клапан; I – перша секція рекуперації; II – друга секція рекуперації; III – секція пастеризації; IV, V – секції охолодження

Тоді вже холодне молоко спрямовується в танки для зберігання. Витримувач в установці служить для посилення пастеризаційного ефекту. Гаряча вода готується в бойлері 7. Вона нагрівається паром, що надходить в систему циркуляції гарячої води через інжектор 8 паропроводу котельної установки. При зниженні температури молока, яке виходить із секції пастеризації, перепускним клапаном молоко спрямовується в вирівнювальний бак на повторну пастеризацію. Регулювання подачі пару здійснюється автоматично електрогідравлічним клапаном залежно від температури пастеризованого молока.

Розглянемо принцип функціонування установки. За принциповою електричною схемою що наведено на рисунку 6 підготовка установки до роботи здійснюється за допомогою ввідного вимикача QS. При цьому загорається

сигнальна лампа HL1, яка сигналізує про наявність напруги на пульті керування. Вимикачем SA1 готується до роботи логометрична установка Р, яка призначена для контролю температури охолодженого молока. Перемикачами SA2, SA3 задається ручний чи автоматичний режим керування пастеризацією молока, а перемикачем SA4 в ручному режимі здійснюється керування кількістю пари, що подається для забезпечення необхідної температури пастеризації.

В автоматичному режимі керування за допомогою кнопок постів SB1-SB6 вмикаються електродвигуни молочного насоса, насоса гарячої води та молокоочисника. Кнопкою SB7 вмикаються кола сигналізації режимів пастеризації. В початковий момент, коли температура молока на виході з секції пастеризації менше 76 (90) °С терморегулятор А1 своїм замикаючим контактом подає напругу на котушку проміжного реле KL2 і електромагніт Y1 перепускного клапана. Молоко з секції пастеризації направляється на урівнювальний бак на повторну пастеризацію. При цьому в колах сигналізації блокується котушка проміжного реле KL1 і сигнальна лампа HL5 сигналізує про подачу молока на допастеризацію. Після первинного циклу пастеризації, якщо температура молока відповідатиме нормі, А1 вимкне реле KL2 та Y1, молоко з секції пастеризації через витримувач буде направлено в секції II, I і далі через секції охолодження IV, V в молочний танк.

						27

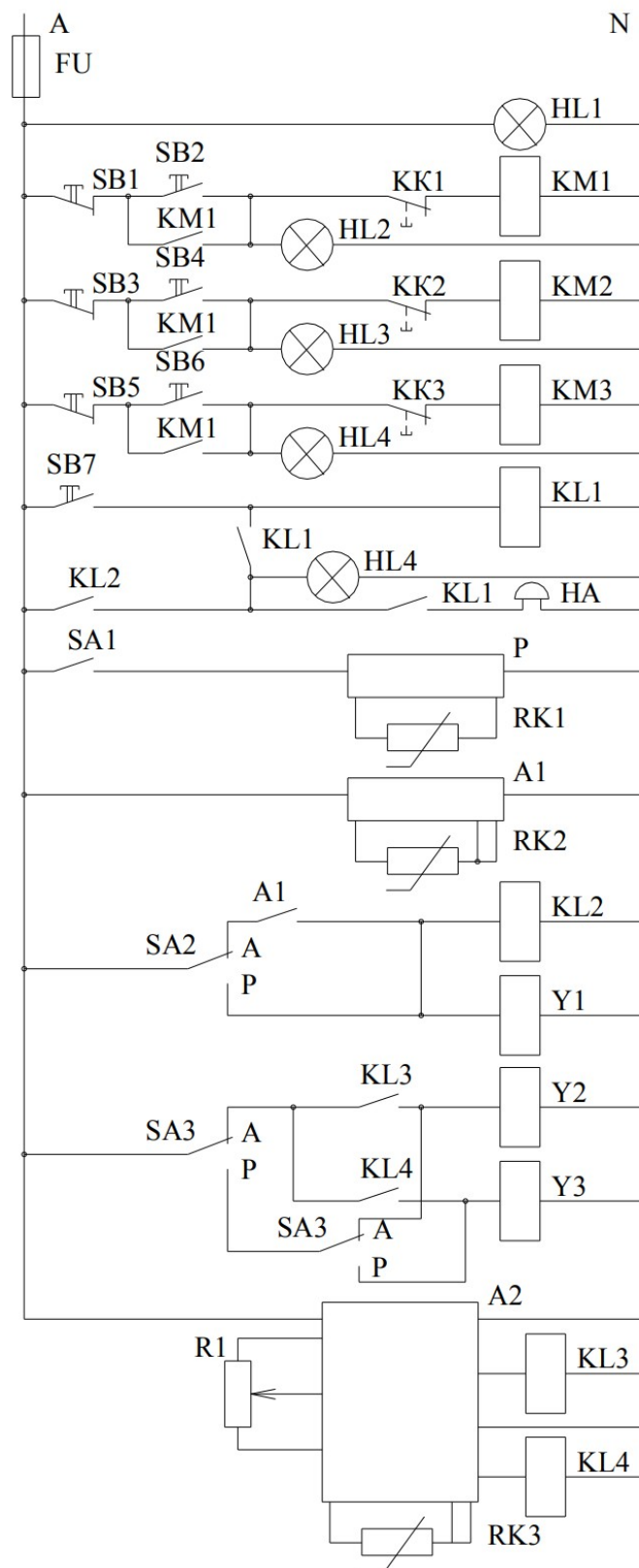


Рисунок 6. - Принципова електрична схема установки ОПФ-1

В процесі пастеризації при недопустимих зниженнях температури молока, воно

також відправляється на повторну пастеризацію. Схема автоматизації працюватиме аналогічно, але крім того разом з сигнальною лампою HL5 вмикається також звукова сигналізація НА. При незначних відхиленнях температури пастеризовного молока, яка контролюється на виході з витримувача за допомогою РКЗ, імпульсним регулятором А2 типу ЭР-СС-63 через вихідні реле КЛЗ та КЛ4 здійснюється автоматичне керування подачею пари в систему підігріву води, що використовується для пастеризації молока. Закриття подачі пари здійснюється електромагнітом У2, а відкриття – електромагнітом У3. Також принциповою електричною схемою передбачено захист силових кіл від коротких замикань, який здійснюється запобіжниками, захист електродвигунів – тепловими струмовими реле КК1-КК3, захист кіл керування від коротких замикань за допомогою FU та світлова сигналізація при роботі відповідного електродвигуна, яка здійснюється лампами HL2-HL4.

Танк-охолодник молока ТОМ-2А призначений для збирання, охолодження і зберігання молока на фермі, де розміщується до 400 корів наведено на рисунку 7.

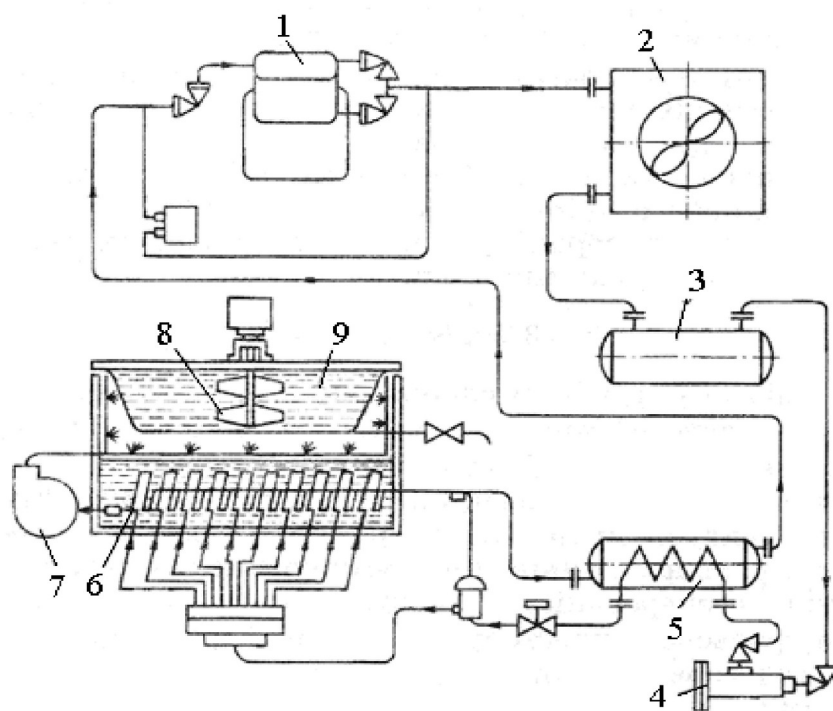


Рисунок 7. - Технологічна схема танка-охолодника молока ТОМ-2А
де 1 – компресор; 2 – конденсатор; 3 – ресивер; 4 – фільтр-осушник; 5 –

теплообмінник; 6 – випарник; 7 – водяний насос; 8 – мішалка; 9 – молочна ванна.

Танк-охолодник складається з молочної ванни 9, з мішалки 8, фреонового компресора 1, конденсатора 2, ресивера 3, фільтра-осушника 4, теплообмінника 5, випарника 6, водяного насоса 7, акумулятора холоду. За 3–4 год до початку доїння вмикають компресор й здійснюють попереднє охолодження води в акумуляторі холоду та наморозування льоду на панелях випарника. Це відбувається внаслідок руху фреону по замкненому контуру. Пари фреону, які відсмоктуються з випарника 6, компресором 1 стискаються, нагріваються й нагнітаються у конденсатор 2. У ньому фреон охолоджується повітряним потоком, який утворюється за допомогою вентилятора, віддає тепло, стає рідким й зливається до ресивера 3. Під тиском він надходить до фільтра - осушника 4, очищується від парів масла, охолоджується зустрічним потоком парів фреону у теплообміннику 5 і крізь отвір у терморегулювальному вентилі впорскується у внутрішню порожнину пластин випарника 6. Коли фреон опиняється у розрідженому просторі, то він кипить (переходить з рідкої у газоподібну фазу) і споживає теплоту. При цьому пластини випарника охолоджуються до мінус 8–10 С і на них наморозується вода, в яку вони занурені. Перед початком подавання молока вмикають мішалку 8 і водяний насос 7. Холодна вода омиває дно молочної ванни та охолоджує молоко, що надходить до неї.

Принципову електричну схему силового кола керування танком-охолодником молока ТОМ-2А наведено на рисунку 8. А електрична схема управління танка-охолодника молока наведено на рисунку 9.

При вмиканні автоматичного вимикача QF напруга живлення подається на головні контакти магнітних пускачів КМ1-КМ 4 та на коло керування, при цьому загоряються лампи НЛ1, НЛ2. Схема передбачає три режими роботи: ручний, автоматичний, миття. У положенні перемикача SA “Ручний” керування електроприводами здійснюється тумблерами S1, S2, S3, S4 у колах відповідних

						30

магнітних пускачів. Вмиканням тумблера S1 у ручному режимі здійснюється початкове наморожування льоду на панелях випарника.

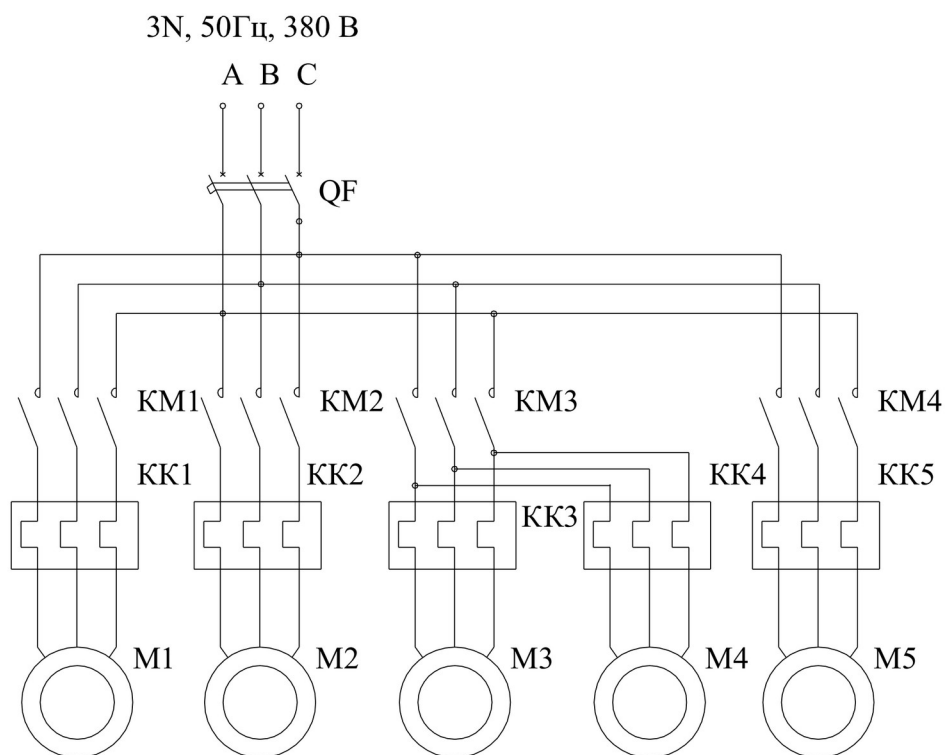


Рисунок 8. - Принципова електрична схема силового кола танка-охолодника молока TOM-2A.

У положенні перемикача SA “Автоматичний” керування технологічним циклом реалізується за допомогою блока логічного керування Е залежно від стану контакту датчика температури SK2. Блок Е призначений для вироблення тимчасових сигналів необхідної тривалості, забезпечення технологічного алгоритму та організації вихідних сигналів у вигляді “сухих” контактів герконових реле К2 і К3. Як датчик температури використовується термоконтакт SK2, контакт якого замкнено ртутним стовпчиком при температурі + 4 °С та вище. Логічний сигнал про необхідність вмикання системи охолодження, надходячи до блока Е, викликає спрацювання вихідних реле К2 і К3. Замикаючий контакт реле К2, який увімкнено в коло котушки магнітного пускача KM1, забезпечує роботу мішалки, а контакт К3 вмикає

пускач КМ2 і подає команду на ввімкнення насоса охолодження.

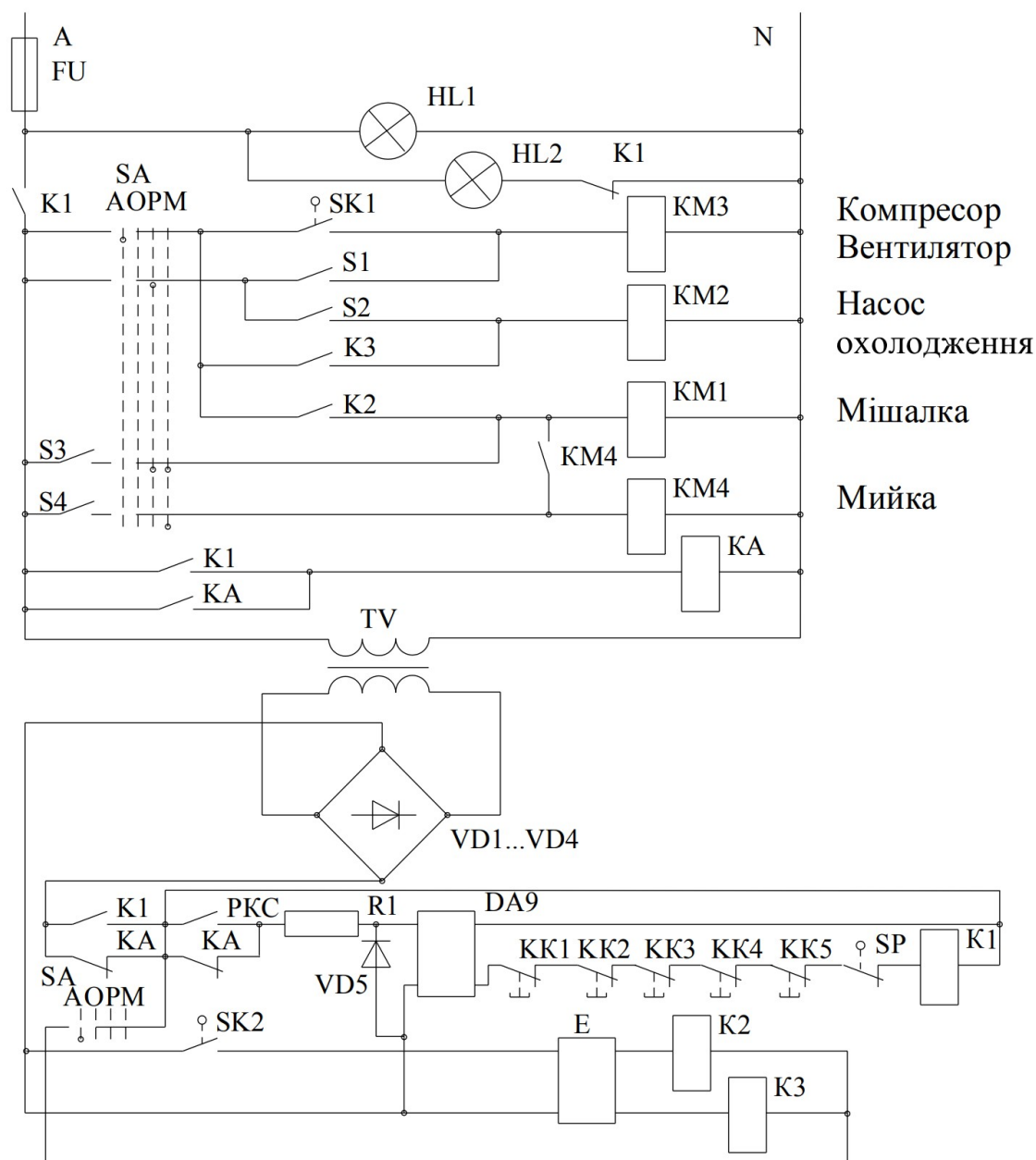


Рисунок 9. - Принципова електрична схема управління танка-охолодника
молока ТОМ-2.

Алгоритм керування передбачає таке функціонування схеми управління:

- За умов досягнення в процесі охолодження молока температури, нижчої за + 4 С, контакт SK2 розмикається, вихідне реле K3 вимикається і відповідно розмикає свій контакт у колі котушки пускача KM2, що викликає

вимикання насоса охолодження.

- Мішалка після вимикання системи охолодження працюватиме, а після закінчення часу 3 ± 1 хвилин блок Е згенерує команду вимикання вихідного реле K2, контакт якого вимкне пускач для рамки премішування КМ1.

- При зберіганні охолодженого молока блок Е повинен вмикати рамку мішалки кожні пів години на 3 хвилини перемішування.

- Через зменшення кількості льоду на панелях випарника, після охолодження молока, температура вихідних парів фреону з випарника підвищується, контакти температурного реле SK1 у колі магнітного пускача КМ3 замикаються і вмикається привод компресора і вентилятора.

- Для контролю системи змащування компресора призначене реле РКС. При кожному пуску компресора реле РКС має замкнутися протягом 20 секунд, що контролюється елементом ДА9 (J-312), який при успішному функціонуванні системи замикає контакту РКС не дозволяє вимкнутися проміжному реле К1. У випадку, коли контакт РКС за 20 секунд від початку запуску компресора не замкнеться, електромагнітне реле в елементі ДА9 знеструмиться, контакт його розімкнеться вимикаючим реле К1, замкне контакти К1, розмикаючись вимкнеть ланцюг живлення, що забезпечить аварійне вимкнення устаткування ТОМ-2А.

- За умов неприпустимого підвищення тиску, який контролюється датчиком реле тиску SP, та спрацюванні теплових реле КК1-КК4 при можливих перевантаженнях електродвигунів М1-М5 їх розмикаючі контакти знеструмлюють коло живлення реле К1 і відбувається аварійне вимкнення устаткування ТОМ-2А, загоряється сигнальна лампа HL2 “Аварія”. Деблокування сигналу “Аварія” відбувається шляхом вимикання ввідного автоматичного вимикача QF та його повторного вмикання.

- Технологічна операція “Миття” починається якщо маємо відповідне положення перемикача SA. У цьому режимі передбачено керування електроприводом насоса мийки та електроприводом мішалки. Вмикання мішалки та насоса здійснюється за допомогою тумблера S4; при підвищенні температури молока контакти SK2 замикаються і робота схеми повторюється. Від струмів короткого замикання захист електроприводів та

						33

електроустаткування блоку керування забезпечується автоматичними вимикачами.

5. ВИБІР ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ

5.1 Вимоги до системи автоматизації.

Через те що пастеризація і охолодження є основними технологічними операціями, що формують якісні фізико-хімічні властивості молочної сировини і визначають у великому ступені якість в подальшому виготовлених харчових продуктів, то визначення і підтримка оптимальних параметрів первинної обробки молока - температурні показники і тривалість транспортування молочної сировини до готовності τ_p - мають велике практичне значення [41].

Для точного визначення технологічних параметрів первинної обробки молока необхідно мати сучасні методи контролю, регулювання і підтримки температури сировини і санітарії довколишнього повітря.

Проектована система керування первинною обробкою повинна забезпечувати оптимальні параметри нагріву і охолодження молочної сировини. Для цього необхідно забезпечити безперервний контроль за температурними показниками і забезпечити їхню підтримку із заданою точністю. При цьому бажано запобігти налипанню чи пригорянню молока до стінок баку пастеризації і осаду у лініях транспортування. Важливим з погляду теплопередачі є швидкість руху сировини транспортуючими трубами і потужність нагрівальних елементів. Такі технологічні параметри у великому ступені впливають на якість молочної сировини і подальшого готового молочного продукту. Тому в системі керування повинна бути передбачена можливість зміни швидкості молока по трубкам і потужності нагрівальних елементів шляхом регулювання швидкості обертання приводного двигуна циркуляційного насосу.

						34

Проектована система керування повинна також забезпечувати безпеку роботи первинної обробки молока, запобігаючи наслідкам замикань і обривів проводки, перегріву нагрівачів, зниження або підвищення рівнів молока за припустимі межі.

5.2 Вибір потужності нагрівальних елементів

Потужність ТЕНів у системі керування пастеризацією повинна задовольняти наступним умовам:

- Повинний бути забезпечений швидкий вихід у сталий режим роботи пастеризаційної частини обробки;
- Періодичність циклів вмикання-вимикання ТЕНів не повинна бути дуже високою і занадто низькою;
- Припустима температура нагрівання ТЕНів не повинна перевищуватися.

Шляхом перебору декількох значень потужності підтримки температури молочної сировини і наступного розрахунку перехідного процесу за допомогою програми [13] було з'ясовано, що оптимальної для даного обсягу баку пастеризаційної утановки і заданого допуску на відхилення підтримуваної температури є потужність ТЕНів,

$$P_{\text{ТЕН}} = 2000 \text{ Вт.}$$

При такій потужності ТЕНів підтримки температури молока процес виходу в сталий стан займає приблизно 15 хвилин, періодичність циклів включення- вимикання складає біля 2-х хвилин, а перегрів ТЕНів вище максимально припустимої температури не відбувається.

Вибір потужності ТЕНів підтримки температури зробимо з умови, що нагрівши води, що випаровується, з температури початку запуску до температури пастеризації повинний відбуватися не більш ніж за 5-10 хв із початку прогрівання пастеризатора:

$$T_{\text{ТЕН вл}} = c_{\text{води}} \times m_{\text{води}} \times (100 - T_1)/t,$$

						35

де $C_{\text{води}}$ - теплоємність води: $C_{\text{води}}$ дорівнює $4200 \text{ Дж/(кг} \times \text{гр)}$;

$m_{\text{води}}$ - маса води в блоці підігріву:

$m_{\text{води}}$ дорівнює 5 кг ;

T_1 - температура води на початку обробки:

T_1 дорівнює 20°C .

$$T_{\text{ТЕН вл}} = 4200 \times 5 \times (100 - 20) / 450 = 3733 \text{ Ут.}$$

$T_{\text{ТЕН вл}}$ дорівнює 4000 Вт .

5.3 Вибір допуску на відхилення температури

При моделюванні процесів у пастеризаторі було з'ясовано, що необхідно вибирати допуск на відхилення підтримуваної температури від заданої, по границях якого система керування включає і виключає ТЕНи, менше ніж даний у завданні. Це зв'язано з тим, що при підтримці температури в пастеризаторі присутні великі запізнення, викликані характером моделюемого об'єкту. За результатами моделювання з різними допусками на відхилення температури стало зрозуміло, що оптимальним для даного випадку є допуск на відхилення підтримуваної температури в 2 рази більш строгий, чим даний у завданні. Такий допуск забезпечує невихід температури за припустимі межі і, у той же час, не робить занадто коротким цикл умикання-вимикання ТЕНів, що позитивно позначається на їхньому ресурсі і ресурсі реле яке їх вмикає .

5.4 Розрахунок циркуляційного насоса молока

Підбір циркуляційного насоса здійснюється по його об'ємній продуктивності ($V_{\text{цир}}$) і напорів ($H_{\text{цир}}$) [23].

Об'ємна продуктивність $V_{\text{цир}}$,

						36

$$V_{\text{цир}} = v_{\text{возд}} \times f_{\text{шк}} / 2 ,$$

де $v_{\text{возд}}$ - швидкість руху молока і лопатів замішувача в пастеризаторі:

$v_{\text{возд}}$ дорівнює 0,4 м/с

$f_{\text{шк}}$ - площа живого перетину баку пастеризатора:

$f_{\text{шк}}$ дорівнює 1 м²,

$$V_{\text{цир}} = 0,4 \times 1/2 = 0,2 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Напір визначається шляхом гідродинамічного розрахунку молочного тракту циркулюючого середовища $H_{\text{цир}}$:

$$H_{\text{цир}} = 1,2 \times \sum \Delta P ,$$

де ΔP - основні місцеві опори:

$$\Delta P = \xi \times v_{\text{возд}}^2 \times \rho_{\text{возд}},$$

де ξ - коефіцієнт місцевого опору;

$\rho_{\text{возд}}$ - щільність циркулюючого струменя молока.

$$H_{\text{цир}} = 1,2 \times 3099 = 3719 \text{ Па}.$$

Цей напір при об'ємній продуктивності

$$V_{\text{цир}} = 0,2 \text{ м}^3/\text{с},$$

						37

може забезпечити відцентровий двигун лопатів замішувача із приводним мотором потужністю:

$$N_{\text{ел}} = V_{\text{цир}} \times H_{\text{цир}} / \eta_{\text{цир}},$$

де $\eta_{\text{цир}}$ - КПД приводного двигуна замішувача:

$\eta_{\text{цир}}$ дорівнює 0,75.

$$N_{\text{ел}} = 0,2 \times 3719 / 0,75 \cong 1000 \text{ Вт.}$$

Обґрунтування і вибір параметрів контролю, реєстрації, керування, регулювання, захисту, блокування та сигналізації.

Виходячи з вимог, пропонованих до системи керування пастеризатором, що входить до складу первинної обробки молока, у даній кваліфікаційній роботі була обрана наступна конструкція СУ, до складу якої входять наступні елементи:

1) Блок підігріву води (конструктивні елементи, герметична металева ємність, верхня кришка, кришка ТЕНів, кришка датчиків рівня молока і води нагріву)

2) Нагрівальні елементи –ТЕНи (ТЕН підігріву води, ТЕН до перетворення води в пар)

3) Елементи систем подачі і зливу молока (Фільтри молочної сировини, що надходить, електроклапан подачі молока для нагріву, наливні і зливальні трубопроводи, зливальний насос)

4) Датчики (Датчик температури молока; Датчик температури нагрівальних елементів; Датчик гранично припустимої температури ТЕНів; датчики рівня води (датчик максимального рівня води; датчик мінімального рівня води, при якому починається її долівка; датчик небезпечного, внаслідок оголення ТЕНів підтримки вологості, рівня води;))

5) Блок електронної системи автоматичного керування (Автоматичний вимикач; Запобіжники; Перетворювач частоти ACS 301-2P1-3 фірми АВВ [34]; Система автоматичного керування; Реле включення ТЕНів (Реле

						38

включення ТЕНа підтримки температури молочної сировини; Реле включення ТЕНа підтримки температури))

6) Трансформатор для живлення мотора зливого насоса (Задатчик швидкості обертання циркуляційного вентилятора; Задатчик допуску підтримуваної температури;))

7) Роз'єми (роз'єми живлення; роз'єми датчиків; роз'єми панелі керування; роз'єми сервісний, службовець для налагодження, контролю і пошуку несправності в системі керування пастеризатором)

8) Панель керування (Вимикачі (Вимикач живлення; Вимикач керування;))

9) Задатчики (Задатчик температури, індикатор температури; індикаторні лампи, Лампа включення живлення; Лампа виникнення несправності; Лампа включення зливого насоса; Лампа включення ТЕНа підтримки температури

10) Лампа включення ТЕНа перетворення оди на пару.

5.5 Проектування функціональної схеми автоматизації та її опис

Принцип роботи системи керування пастеризатором. При включенні вимикача живлення СУ пастеризацією запускає мотор циркуляційного насосу, що забезпечує циркуляцію молока по системі. При цьому на панелі керування загоряється лампа включення живлення. Швидкість обертання мотора циркуляційного насосу, що впливає на швидкість циркуляції молока, задається за допомогою задатчика швидкості циркуляційного насосу і підтримується за допомогою перетворювача частоти. Одночасно відбувається злив молока з блоку підігріву і охолодження циркулюючого молока з наступним набором нової партії молока і переходом у режим очищення ТЕНів від налипання і нагорання, шляхом їхнього короткочасного включення зі зливом, що не припиняється, і

						39

набором молока. Під час цієї операції на панелі керування горить лампа Злив/Очищення.

При включенні вимикача керування СУ переходить у режим підтримки температурних показників, заданих задатчиками температури.

При недостатній температурі циркулюючої сировини в пастеризаторі система керування видає сигнал на включення ТЕНів підтримки температури, що, знаходячись у потоці замішувача, нагрівають його, а він, у свою чергу, передає енергію тестовим заготівлям, розташованим на контрольних сигналах системи. Про роботу ТЕНів підтримки температури інформує відповідна лампа на панелі приладів, що горить при включених ТЕНах. При перевищенні температури циркулюючого молока заданої за допомогою задатчика температури на панелі керування на величину допуску, встановленого задатчиком допуску на підтримувану температуру, система керування видає сигнал на відключення ТЕНів підтримки температури. Циркулюючий у ємності лопатний перемішувач пастеризатора за рахунок втрат енергії через стінки і на прогрів охолодженого молока починає прохолоджуватися. При зниженні його температури до нижнього значення допуску, система керування видає сигнал на включення ТЕНів підігріву сировини. У такий спосіб забезпечується підтримка заданої температури циркулюючого молока в пастеризаторі.

Підтримка температури після охолодження сатуратором відбувається аналогічно. При недостатній температурі система керування видає сигнал на включення охолоджувача, який зменшуватиме температуру. При цьому частина охолоджувального льоду, що розтанув переходить в охолоджувач. При досягненні заданої за допомогою задатчика температури на панелі керування система керування видає сигнал на відключення, а при її зниженні (за рахунок конденсації) на величину допуску - на включення ТЕНів підтримки температури. Рівень води в блоці зволоження і охолодження підтримується автоматично [24].

Система керування забезпечує безпеку роботи первинної обробки молока. Для запобігання наслідків коротких замикань електричні кол живлення оснащені автоматичними вимикачами і запобіжниками. Для запобігання поразки обслуговуючого персоналу ферми електрострумом виконане захисне занулення. Для запобігання перегріву ТЕНів підтримки температури передбачений датчик припустимої температури даних ТЕНів, а для запобігання перегріву ТЕНів підтримки пароутворення передбачений датчик контролю мінімально припустимого рівня води в блоці підігріву і охолодження. При будь-якій несправності система керування відключає всі працюючі пристрої і подає сигнал шляхом запалювання на панелі керування індикації аварії.

5.6 Вибір технічних засобів системи автоматичного управління

Визначення поняття виміру можна було б сформулювати в такий спосіб: вимір є приписування числа об'єктам, процесам, явищам з метою наступної обробки одержуваної інформації, її представлення, опису [15].

Пристрої, що є виробами приладобудування, по виконуваним ними функціям розділяються на наступні функціональні групи: пристрої для одержання інформації про вимір контрольованих величин і її візуалізації (контрольна інформація); пристрої для первинного перетворення інформації (датчики); пристрої для нормування і передачі контрольної інформації; пристрою для збереження і переробки інформації, тобто її перетворення, порівняння з програмною інформацією, формування нової (керуючої, командної, вихідний) інформації; пристрою для передачі і прийому керуючої інформації; пристрою, за допомогою яких керуюча інформація використовується для робочого впливу на керований об'єкт (тобто реалізується керуючий вплив) шляхом зміни потоків енергії або речовини, що надходять у керований процес, або шляхом зміни характеристик робочих машин; допоміжні прилади і пристрої (для постачання енергією, для зв'язку з зовнішніми пристроями і т.ін.) [14].

						41

Функціональні прилади і пристрої поєднуються в системи, призначені для виконання заданої цільової послідовності дій з потоком інформації. Розрізняють системи автоматичного виміру і контролю (вимірювальні інформаційні системи).

Як відомо, кінцевою метою процесу вимірювання є порівняння даного значення вимірюваної величини з деяким її значенням, прийнятим за одиницю. Однак строго говорити про безпосереднє порівняння можна лише при вимірі лінійних розмірів, маси, часу і деяких інших величин.

Дослідження властивостей первинних вимірювальних перетворювачів (датчиків), а так само розробка нових їхніх видів істотно полегшуються, якщо розглядати датчики як сукупність найпростіших ланок.

Чутливі елементи первинних перетворювачів працюють у найбільш важких умовах, тому що перебувають у безпосередньому контакті з вимірюваним середовищем. Тому при їхньому монтажі необхідно врахувати наступні вимоги [13]:

1. при виборі місця установки врахувати достатню освітленість, зручність в обслуговуванні;
2. температура навколишнього середовища приладу повинна бути в межах $+5...+50^{\circ}\text{C}$;
3. при установці в місцях з підвищеною агресивністю середовища необхідна установка спеціальних шаф з герметизацією і підведенням чистого повітря для вентиляції.

5.7 Мікропроцесорний терморегулятор МТР-44

Система автоматичного регулювання температури рідин реалізована на стандартних елементах і блоках, які випускаються серійно промисловістю. У зв'язку з тим, що регулювання температури залежить від точно підтримуваної температури нагріву або охолодження, вважаю за доцільне використовувати у виді регулюючого приладу вітчизняний вимірник регулятор мікропроцесорний МТР – 44 [44].

						42

Терморегулятори МТР-44 складаються з блоку терморегулятора і клеммно-блочних поєднувачів.

Терморегулятор МТР-44 може використовуватися як регулятор різних технологічних параметрів по чотирьох незалежних каналах. Прилад може керувати системою охолодження об'єкта регулювання.

Для керування температурою, температурним режимом рідини по програмі завдання користувачем.

Для керування об'єктом може використовуватися 4-х канальний синхронний програмний регулятор.

Керування може вироблятися по П-, ПІ-, ПІД-ШІМ, ПІД - імпульсному, 2-х, 3-х позиційному закону регулювання. Тільки два регулятори можуть мати ПІД-закон регулювання.

Призначений для виміру 8-и вхідних параметрів, сигналів від датчиків, обробки, перетворення і відображення поточних значень на убудованому чотирьохрозрядному цифровому індикаторі.

До основних переваг варто віднести високу якість і надійність, багатофункціональність і гнучкість, мале енергоспоживання і компактність, простоту компонування, зручність монтажу й обслуговування, широкі комунікаційні можливості і невисоку вартість.

Терморегулятори МТР-44 являють собою новий клас сучасних цифрових регуляторів. Терморегулятори застосовуються для керування багатоступінчастими технологічними процесами при сушінні деревини, при виготовленні залізобетонних конструкцій, у хлібопекарській промисловості, при виробництві м'ясних і ковбасних виробів, в інкубаторах і ін.

Структура терморегулятора МТР-44 за допомогою конфігурації може бути змінена таким чином, що можуть бути вирішені наступні задачі регулювання і керування об'єктом, і терморегулятори можуть використовуватися в якості:

1. 8-ми канального вимірника,
2. 4-х канального програмного регулятора (2 з який можуть мати ПІД-закон регулювання),

						43

3. регулятор температури, регулятор різниці (дельта регулятор) двох параметрів,
4. регулятор являє собою вільно програмувальний компактний прилад.

Користувач, що не має знань і навичок програмування, може просто викликати і виконувати ці функції шляхом конфігурації терморегулятора МТР-44. Терморегулятори МТР-44 дуже гнучкі у використанні і можуть швидко і легко, змінивши конфігурацію, виконати більшість вимог, що зустрічаються, і задач керування технологічними процесами.

Схема виміру температури має високу перешкодозахищеність і дозволяє підключати до терморегулятора МТР-44-11 датчики, які формують вихідний уніфікований сигнал 0-5мА, 0-20мА, 4-20мА, та підключаються по 2-х провідній схемі включення. До терморегулятора МТР-44-13 підключаються термоперетворювачі опору по 3-х провідній схемі включення.

Лінеаризація і фільтрація вимірюваних значень температури виконується цифровими засобами.

На цифрові світлодіодні індикатори передньої панелі терморегулятора виводиться поточне значення параметра, і номер обраного каналу. Клавiші на передній панелі служать для вибору контрольного вимірювального каналу, регулятора, програмного датчика, зміни завданій крапки, режимів, кількості опитуваних каналів і т.п.

Внутрішня програмна пам'ять терморегулятора МТР-44 містить необхідну кількість стандартних функцій, наприклад, таких як: програмне калібрування каналів по зразковому зовнішньому джерелу аналогового сигналу, цифрова фільтрація та інше.

Таблиця 6 - Технічні характеристики аналогових вхідних сигналів терморегулятора МТР-44-11

Технічна характеристика	Значення
Кількість аналогових входів	8
Тип вхідного аналогового сигналу	0 - 5 мА ($R_{вх} = 400 \text{ ом}$) ДСТ 26.01 1-80 0 - 20

	ма (Квх = 1 00 ом) ДСТ 26.01 1 -80 4 - 20 ма (Квх = 1 00 ом) ДСТ 26.01 1 -80
Здатність, що дозволяє, АЦП	0,024 % (12 розрядів)
Діапазон індикації технологічного параметра на убудованому цифровому індикаторі	Від -999 до 9999 з урахуванням децимального роздільника
Точність індикації	0,01 %
Межа основної приведеної погрішності, що допускається, виміру входних параметрів	0,2 %
Вплив температури навколишнього середовища	0,04 %/
Період виміру одного каналу	Не більш 0,2 с
Період відновлення інформації одного каналу на дисплеї	Не більш 0,2 с
Гальванічна розв'язка аналогових входів	Групова, 8 входів гальванічно ізольовані від інших входів і інших ланцюгів
Електричний опір ізоляції між гальванічно не зв'язаними електричними ланцюгами приладу при нормальних кліматичних умовах	Не менш 20 МОм
Виконання лінії зв'язку	Двопровідна, рівної довжини й однакового перетину

Терморегулятори МТР-44 конфігурують через передню панель приладу через гальванічний розділений інтерфейс RS-485 (протокол ModBus RTU), що також дозволяє використовувати прилад як вилучений контролер при роботі в сучасних мережах керування і збору інформації.

Таблиця 7. Технічні характеристики електроживлення

Технічна характеристика	Значення
Електроживлення (підключення до мережі)	-220 (+22 -33)В, (50±1)Гц
Споживана потужність	8,5 Вт

						45

сторожовими схемами для контролю циклів роботи програми, енергонезалежною пам'яттю EEPROM, NVRAM для збереження використаних параметрів конфігурації і данні.

Внутрішня програма терморегулятора МТР-44 функціонує з постійним тимчасовим циклом. На початку кожного циклу внутрішньої робочої програми зчитуються значення восьми аналогових входів, виробляється зчитування й обробка клавіатури (придушення брязкальця і виявлення вірогідності), прийом команд і даних з послідовного інтерфейсу. За допомогою цих вхідних сигналів здійснюються, відповідно до запрограмованих функцій і користувальницьких параметрів конфігурації, усі розрахунки. Після цього здійснюється виведення інформації на дискретні виходи, на індикаційні елементи, і так само фіксація обчислених величин для режиму передачі послідовним інтерфейсом.

Регулятор оснащений захистом даних. У деякому ступені заборонено виконання небажаних дій.

Дані рівня захисту призначені для захисту устаткування, технологічного процесу і в остаточному підсумку користувача: від невірної чи випадкової введення значень і переключень режимів роботи, від несанкціонованого чи небажаного доступу сторонніх осіб до системи керування.

Рівні захисту робочого рівня:

- 1) Рівень захисту зміни режимів робочого рівня
- 2) Рівень захисту зміни значення заданої крапки

Рівні захисту зміни конфігурації і налаштувань:

- 1) Рівень захисту при вході в режим конфігурації для доступу до параметрів

Прилад переходить на рівень РОБОТА всякий раз, коли включається живлення.

З цього рівня можна перейти на зміну робочого режиму або з рівня на рівень конфігурації і налаштувань.

Звичайно цей рівень вибирається під час роботи для керування контурами регулювання. У процесі роботи можна здійснювати моніторинг, тобто візуально відслідковувати вимірювані величини, задану крапку і значення дискретного

						48

керуючого впливу, а також можна побачити значення виходу ПІД регулятора у відсотках.

На робочому рівні можлива зміна: режимів індикації: індикація значень аналогових входів; значень і станів входів-виходів, заданої крапки регулятора; стану програмного задатчика, режиму роботи терморегулятора - здійснення переходу з режиму програмного керування в режим локального автоматичного чи з керування в режим ручного керування і назад, значення локальної (внутрішньої) заданої крапки, значення виходу ПІД регулятора у відсотках (у ручному режимі керування регулятором), режиму роботи програмного датчика.

Мається рівень захисту для зміни режимів роботи робочого рівня.

Терморегулятор МТР-44 має три режими індикації:

- режим індикації значень аналогових входів і станів дискретних виходів,
- режим індикації станів входів-виходів, заданої крапки ,
- режим роботи регулятора.

Мікропроцесорні терморегулятори МТР-44 можуть забезпечити виконання комунікаційної функції по інтерфейсі RS-485, що дозволяє контролювати і модифікувати його параметри за допомогою зовнішнього пристрою (комп'ютера, мікропроцесорної системи керування).

Інтерфейс призначений для конфігурування приладу, для використання як вилучений контролер при роботі в сучасних мережах керування і збору інформації (прийому-передачі команд і даних), SCADA системах і т.п..

Для регуляторів МТР-44 з виконанням для живлення від мережі змінного струму 220В. Ланцюги електроживлення мережі змінного струму 220В підключаються роз'ємним з'єднувачем, розташованим на задній панелі регулятора МТР-44.

Терморегулятор являє собою вільно програмувальний компактний прилад. Користувач, що не має знань і навичок програмування, може просто викликати і виконувати різні функції шляхом конфігурації терморегулятора МТР-44. Терморегулятори МТР-44 дуже гнучкі у використанні, тому можуть швидко і

						49

легко, змінивши конфігурацію, виконувати різні вимоги і задачі керування технологічними процесами.

Таблиця 9. Типи датчиків і межі калібрування терморегулятора МТР-44

Тип вхідного аналогового сигналу	Діапазон калібрування, що рекомендується, входів
0 - 5 мА ($K_{ВХ} = 400 \text{ Ом}$) 0-20мА($K_{ВХ}=100 \text{ Ом}$) 4 - 20 мА ($K_{ВХ} = 100 \text{ Ом}$)	0-100%

Терморегулятори МТР-44 конфігурують через передню панель чи прилад через гальванічно розділений інтерфейс RS-485 (протокол ModBus), що також дозволяє використовувати прилад як вилучений контролер при роботі в сучасних мережах керування і збору інформації.

Калібрування приладу здійснюється:

- на заводі– виробником при виробництві приладу

Користувачем:

- при заміні типу датчика (переконфігурації приладу),
- при заміні датчика,
- при зміні довжини ліній зв'язку.

При правильній експлуатації терморегулятор МТР-44 не вимагає повсякденного обслуговування.

Періодичність профілактичних оглядів і ремонтів терморегулятора МТР-44 встановлюється в залежності від виробничих умов, але не рідше двох разів на рік.

При тривалих перервах у роботі рекомендується відключати терморегулятор МТР-44 від мережі електроживлення.

Під час профілактичних оглядів: перевіряти і чистити кабельні частини з'єднань (розкриття терморегулятора МТР-44 не допускаються); клеммно-блочні з'єднувачі, перевіряти міцність кріплення блоку, монтажних джгутів; перевіряти стан провідників, що заземлюють, у місцях з'єднань.

5.8 Датчик температури харчової промисловості

Температурні датчики для харчової промисловості застосовуються в харчовій і фармацевтичній промисловості згідно стандарту гігієни DIN 32 676.

Температура - це найбільш поширений вимірюваний параметр, а перегрів - це один з найбільш негативних чинників в роботі обладнання. Застосування датчика обумовлено високими вимогами і стандартами показників якості молочної сировини. З цього приводу вибір зроблено на користь температурного датчика модифікації 401 DN 25. За принципом дії це термоперетворювач опору, функціонал заснований на зміні електричного опору провідників і напівпровідників в залежності від температури. Матеріал, з якого виготовлено такий датчик, повинен характеризуватися високим температурним коефіцієнтом опору, переважно лінійною залежністю опору від температури, якісною відтворюваністю властивостей та інертністю до впливів навколишнього середовища. Найкращою мірою всім необхідним властивостям відповідає платина; в трохи меншій - мідь.

Матеріал для приєднання клемної головки датчиків стандартний для харчової промисловості, може бути з пресматеріалу АГ-4В, або з алюмінієвого лиття форми KSC чи KSE.

Типом приєднання до робочого середовища є - клемний штуцер - засувка.

Схему підключення можливо модифікувати: 2-х, 3-х або 4-х дротова.

Типи чутливих елементів - 50П, 100П, Pt100, Pt500, Pt1000, L, J, K.

Діапазон температур загалом максимальний від -40 °С до +250 °С.

Кількість чутливих елементів в термоперетворювачах опору 1 або 2.

Термометри для харчової промисловості можуть бути з конусним штуцером.

Кріплення здійснюється безпосередньо в лінію транспортування молока.

Температурний датчик модифікації 401 DN 25 наведено на рисунку 10.

						51



Рисунок 10. Температурний датчик модифікації 401 DN 25

5.9 Рівнеміри.

У якості рівнеміра використовується дифманометр типу «Сапфір» [39].

Вони мають лінійно спадаючу або лінійно зростаючу характеристики вихідного сигналу (лінійну - по перепаду і нелінійну – по витраті) - залежно від замовлення, а інші перетворювачі – лінійно зростаючу характеристики вихідного сигналу.

Граничні значення вихідних сигналів : 0 і 5 або 0 і 20 або 4 і 20 мА постійного струму.

Електричне живлення перетворювачів здійснюється від джерела живлення постійної напруги ($36 \pm 0,72$)В.

Допускається живлення перетворювачів із граничними значеннями вихідного сигналу 4 і 20 мА здійснювати від джерела постійного струму напругою від 15 до 42 В. При цьому межі припустимої напруги живлення залежать від навантажувального опору (опір приладу і лінії зв'язку) і повинні відповідати границям робочої зони. Джерело живлення повинно задовільняти вимогам: опір ізоляції не менше 40 МОм; витримувати напругу випробовування

						52

при перевірці електричної міцності ізоляції 1,5 кВ (при перевірці перетворювачів допускається використовувати джерело живлення з опором ізоляції не менше 20 МОм, яке витримує випробувальну напругу при перевірці електричної міцності ізоляції 500 В).

Пульсація (подвійна амплітуда) вихідної напруги не повинна перевищувати 0,5% від номінального значення вихідної напруги, при частоті гармонійних складових, які не перевищують 500 Гц.

Для перетворення напруги змінного струму 220В з частотою 50 Гц у напругу постійного струму $(36 \pm 0,72)$ В рекомендовано використовувати блок живлення 22БП-36.

Навантажувальний опір, кОм: від 0 до верхнього граничного значення навантажувального опору R_n для перетворювачів із граничними значеннями вихідного сигналу 4 і 20 мА при напрузі живлення в діапазоні від 15 до 42 В.

Споживана потужність перетворювача, В*А, не більше: 1,0 - для перетворювача із граничними значеннями вихідного сигналу 4 і 20 мА;

Перетворювачі призначені для роботи при барометричному тиску від 84,4 до 106,7 кПа (від 630 до 800 мм рт. ст.).

Перетворювачі стійкі до впливу відносної вологості навколишнього повітря $(95 \pm 3)\%$ при плюс 35 °С і більш низьких температурах, без конденсації вологи.

Перетворювачі Сапфір-22ДГ витримують вплив температури вимірюваного середовища у «відкритої» мембрани в діапазоні від мінус 50 до плюс 120 °С.

Ступінь захисту перетворювачів від впливу пилу і вологи – IP- 54 за ГОСТ 14254 – 80.

По стабільності до механічних впливів перетворювачі відповідають вібростійкому виконанню за ГОСТ 17167-71.

Перетворювачі призначені для виміру тиску і перепаду тиску середовищ, стосовно яких матеріали, що контактують із вимірюваним середовищем, є корозійностійким.

						53

Зміна значення вихідного сигналу перетворювачів, викликана зміною навантажувального опору від 100 Ом до 1000 Ом або від 200 до 2500 Ом, відповідно у перетворювачів з верхнім граничним значенням вихідного сигналу 20 мА або 5 мА, не перевищує 0,25% діапазону зміни вихідного сигналу.

Зміну значення вихідного сигналу перетворювачів, викликано зміною температури навколишнього повітря в робочому діапазоні температур, виражене у відсотках від діапазону змін вихідного сигналу, на кожні 10 °С не перевищує значень :

±0,25% для перетворювачів зі значенням Δ_d , рівним 0,25;

±0,45% для перетворювачів зі значенням Δ_d , рівним 0,45;

±0,6% для перетворювачів зі значенням Δ_d , рівним 1,0;

Пульсація вихідного сигналу нормується при опорах навантаження:

200 Ом- для вихідного сигналу із граничним значенням 4 і 20 мА;

Ймовірність безвідмовної роботи перетворювачів не менше 0,97 за 2000 год.

Середній термін служби до списання – 10 років.

Монтаж перетворювачів. До початку робіт на установці повинні бути змонтовані імпульсні лінії. У цьому випадку імпульсна трубка буде одна, яка буде з'єднуватися із плюсовою камерою дифманометра, мінусова з'єднується з навколишнім середовищем. При монтажі необхідно стежити за тим, щоб гайки з'єднувачів і штуцерів були затягнуті до кінця; у відповідності зі схемою з'єднань були виконані приєднання жил кабелів до комутаційних затискачів сполучних коробок і приладів; трубні і електричні проводи мали відповідне маркування і були надійно закріплені.

Монтаж проводиться в панельних щитах і на штативах відповідно до вимог документів і монтажно-експлуатаційних інструкцій. Прилади розташовуються так, щоб їх розташування було зручним для спостереження, обслуговування, монтажу і ремонту.

						54

Уніфіковані перетворювачі рівня, з електричним виходом монтуються на горизонтальній площині, попередньо розміщаються в ряд на штативах. Умови експлуатації відповідають наведеним у паспортних даних.

Зовнішні з'єднання вимірювальних і силових ланцюгів вводяться через окремі отвори за допомогою роз'ємів, які перебувають зовні задньої стінки вторинних приладів.

Всі прилади "Сапфір-22" монтуються на штативах усередині виробничих приміщень.

5.10 Аналіз застосування автоматичного регулювання температури

Загальний принцип дії системи автоматичного регулювання температури полягає в тому, щоб підтримувати на необхідному рівні температуру об'єкта (в нашому випадку – рідини для нагріву та охолодження). Відбувається це таким чином - з датчика температури, який вмонтовано в потоці рідини, поточне значення температури надходить на регулюючий пристрій терморегулятор, який на підставі отриманої інформації виробляє керуючий вплив. Це вплив формується за алгоритмом управління, закладеному в регулятор.

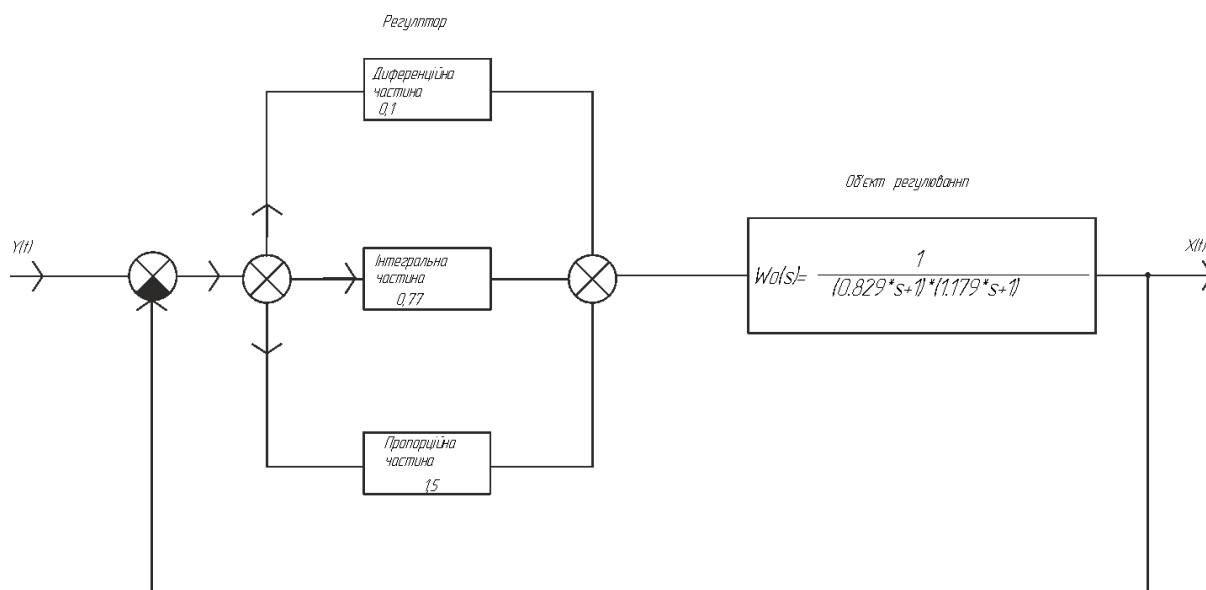
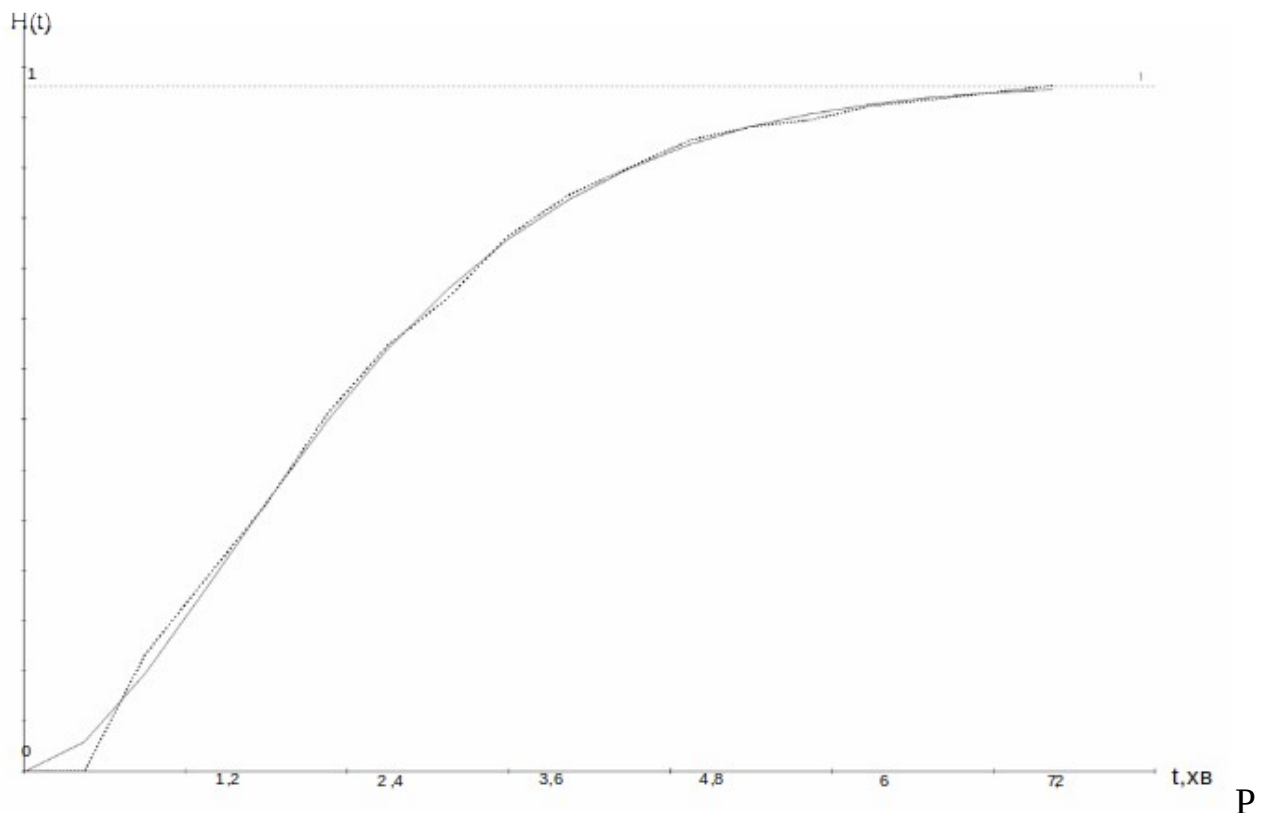


Рисунок 11. – Структурна схема автоматичної системи регулювання температури

Далі сигнал з РП надходить на виконавчий пристрій, а саме - на тиристорний регулятор нагріву тєни (регулятор температури на охолоднику), керований схемою управління. Завдання керуючого пристрою - відповідно до сигналу регулятора формувати такі терміни включення ТЕН, щоб тепло, яке подається від нагрівача, підтримувало температуру рідини на потрібному рівні. Установка необхідної температури здійснюється за допомогою задатчика.

Відповідні графіки перехідних процесів з регулятором та без контуру регулювання температури наведено на рис. 12, 13.



исунок 12. – Перехідний процес нагрівача без регулятора

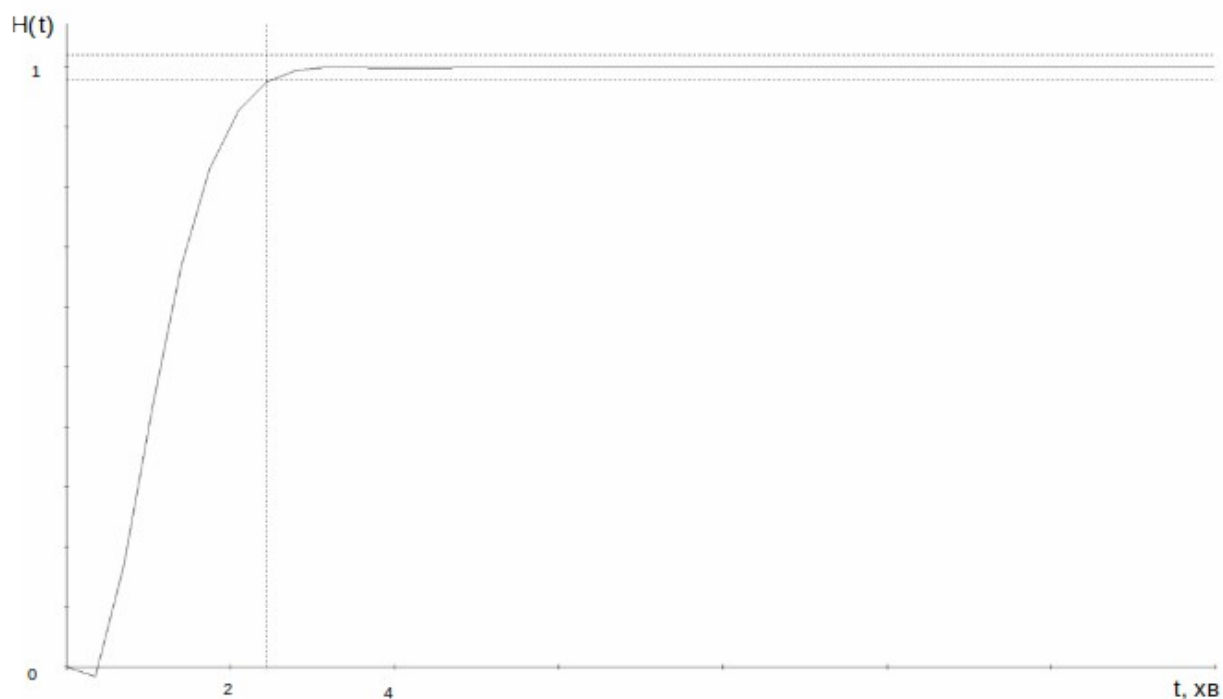


Рисунок 13. – Перехідний процес нагрівача з регулятором

Як правило, в реальних системах складно точно розмежувати об'єкт управління і виконавчі механізми, тому що структурна схема є спрощеною моделлю пристроїв і може або об'єднувати кілька реальних об'єктів в один блок, або навпаки розбивати об'єкти на кілька блоків.

ВИСНОВОК

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра було створення системи автоматизації первинної обробки молока із застосуванням розвитку сучасних тенденцій контрольно вимірювальних рішень.

Розглянуто всі можливі параметри і показники, які відповідають за якість молочної сировини, як продукту первинної обробки молока. Проаналізовано особливості роботи етапів очищення, пастеризації і охолодження в технологічному процесі обробки молока. Розглянуті агрегатні установки, якими здійснюються етапи обробки. Виявлено основні технологічні параметри, які впливають на якість як технологічного процесу, так і на якість готової молочної продукції в цілому.

Проаналізовано контури керування процесом нагрівання. Описано функціональну структуру автоматизованої системи керування пастеризатором.

Здійснено вибір сучасних технічних засобів автоматизації процесу первинного параметру - температури молока.

Проведено моделювання перехідного процесу нагрівача пастеризаційного вузла без регулювання і з регулюванням, виявлено що регулювання зменшую час стабілізації системи на 5 хвилин. Що зменшую час обробки молочної сировини тим самим підвищує її якість, та відповідно скорочує енергозатрати на сам технологічний процес обробки.

						58

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Машины та обладнання для тваринництва : посібник-практикум / за ред. І. І. Ревенка. Київ: Кондор, 2018. – 396 с.
2. Механізація і автоматизація тваринництва : підручник / за ред. Ревенко І. І. та ін.. Київ : Вища освіта, 2014 399 с.
3. Трегуб В. Г. Проектування систем автоматизації / В. Г. Трегуб. – Київ: Ліра- К, 2014. – 344 с.
4. Савицький В. Технічні засоби автоматизації / В. Савицький, Р. Федішин. – Львів: Львівська політехніка, 2018. – 292 с.
5. Синеглазов В. М. Автоматизація технологічних процесів / В. М. Синеглазов, І. Ю. Сергеев. – Київ: Київ, 2015. – 444 с.
6. Васильківський І. С. Виконавчі пристрої систем автоматизації / І. С. Васильківський, В. О. Фединець, Я. П. Юсик. – Львів: Львівська політехніка, 2020. – 220 с.
7. Ельперін І. В. Автоматизація виробничих процесів / І. В. Ельперін. – Київ: Ліра-К, 2017. – 378 с.
8. Бочков В. М. Обладнання автоматизованого виробництва / В. М. Бочков, Р. І. Сілін. – Львів: Львівська політехніка, 2015. – 404 с.
9. Ротач В. Я. Теория автоматического управления / В. Я. Ротач., 2008. – 396 с.
10. Лазарєв Ю. Ф. Довідник з MATLAB / Ю. Ф. Лазарєв. – Київ: НТУУ "КПІ", 2013. – 132 с.
11. Кангин В. В. Разработка SCADA-систем / В. В. Кангин, М. В. Кангин, Д. Н. Ямолдинов., 2019. – 564 с.
12. Пупена О.М., Ельперін І.В., Луцька Н.М., Ладанюк А.П. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: Навчальний посібник. – К.:Вид.-во "Ліра-К", 2011. - 552 с.

13. Трегуб В. Г., Ладанюк А. П., Плужников Л. Н. Проектирование, монтаж и эксплуатация систем автоматизации в пищевой промышленности: Учебник для вузов. – М.: Агропромиздат, 1991. – 352 с.
14. Трегуб В. Г., Ладанюк А. П. Проектирование, монтаж и эксплуатация систем автоматизации пищевых производств. – М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1982. – 352 с.
15. Трегуб В. Г. Проектування, монтаж та експлуатація систем автоматизації: Навч. посібник – К.: НМК ВО, 1990. – 80 с.
16. Ельперін І.В. Промислові контролери: Навчальний посібник/ І.В.Ельперін – К.: НУХТ, 2003. – 320 с.
17. Ладанюк А.П., Трегуб В.Г. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості. – К.: Аграрна освіта, 2001. – 224с.
18. ДСТУ 3662-97 «Молоко коров'че незбиране. Вимоги при закупівлі» [Текст] .
19. ДСТУ 2661-94 «Молоко коров'яче питне. Загальні технічні умови» [Текст] .