

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики  
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

**Шулятицький Назар Романович**

**УДК 631.3:636**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ МОЛОЧНОГО БЛОКУ ФЕРМИ  
ВРХ З МОДЕРНІЗАЦІЄЮ РОТОРНОЇ ПАСТЕРИЗАЦІЙНО-  
ОХОЛОДЖУВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело  
\_\_\_\_\_ Шулятинський Н.Р.

**Керівник роботи**

Борак К.В.

доктор технічних наук, професор

**Житомир – 2025**

## АНОТАЦІЯ

*Шулятицький назар романович. Оптимізація роботи молочного блоку ферми ВРХ з модернізацією роторної пастеризаційно-охолоджувальної установки. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2025.

У кваліфікаційній роботі оптимізовано роботу молочного блоку ферми великої рогатої худоби. Запропонована модернізація роторної пастеризаційно-охолоджувальної установки забезпечує стійкий та рівномірний потік продукту через зону нагріву й охолодження, що сприяє досягненню закладених технологічних параметрів з меншими коливаннями температури. Така стабілізація режиму обробки молока підвищує відтворюваність процесу та мінімізує ймовірність руйнування корисних компонентів білкового комплексу.

Впровадження оптимізованої схеми теплообміну зі збільшеною площею контактних поверхонь теплообмінників дозволило скоротити час нагріву до 72 °С на 15 % і час охолодження до 4 °С на 20 %. Це, у свою чергу, призвело до зниження питомих енергетичних витрат на 12 % за рахунок більш ефективного використання пари й холодоагенту. У результаті економічний ефект від впровадження модернізації оцінено у вигляді щомісячної економії витрат на енергоносії та зменшення амортизаційних відрахувань за рахунок підвищеної продуктивності установки. Крім технічних переваг, модернізація позитивно вплинула на якість кінцевого продукту.

*Ключові слова: велика рогата худоба, модернізація, роторна пастеризаційно-охолоджувальна установка, молоко.*

## ANNOTATION

**Shulyatsky Nazar Romanovich. Optimisation of the dairy unit of a cattle farm with the modernisation of a rotary pasteurisation and cooling unit. – Qualification work on the rights of the manuscript.**

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2025.

The thesis optimises the operation of the dairy unit of a cattle farm. The proposed modernisation of the rotary pasteurisation and cooling unit ensures a stable and uniform flow of product through the heating and cooling zone, which helps to achieve the set technological parameters with less temperature fluctuations. Such stabilisation of the milk processing mode increases the reproducibility of the process and minimises the likelihood of destruction of the beneficial components of the protein complex.

The introduction of an optimised heat exchange scheme with an increased contact surface area of the heat exchangers has reduced the heating time to 72 °C by 15% and the cooling time to 4 °C by 20%. This, in turn, led to a 12% reduction in specific energy consumption through more efficient use of steam and refrigerant. As a result, the economic effect of the modernisation is estimated in terms of monthly savings in energy costs and reduced depreciation charges due to the increased productivity of the plant. In addition to the technical advantages, the modernisation had a positive impact on the quality of the final product.

*Keywords: cattle, modernisation, rotary pasteurisation and cooling unit, milk.*

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИРОБНИЦТВА ПАСТЕРИЗОВАНОГО МОЛОКА НА ФЕРМАХ ВРХ.....	10
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ЗАСТОСОВУВАНОВОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ ПИТНОГО ПАСТЕРИЗОВАНОГО МОЛОКА.....	21
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ.....	34
РОЗДІЛ 4. ОПИС РОБОТИ ОБРАНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ І ПАСТЕРИЗАЦІЙНО-ОХОЛОДЖУВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ.....	42
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	48
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	49

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** В умовах зростання попиту на якісну молочну продукцію в Україні та світі особливу увагу слід приділяти підвищенню ефективності технологічних процесів молокопереробних підприємств. Сучасні ферми ВРХ потребують інтеграції інноваційних рішень, спрямованих на зменшення енергетичних витрат та підвищення продуктивності обладнання молочного блоку. Найбільшою проблемою залишається нестабільність температурних режимів при традиційних схемах пастеризації та охолодження, що призводить до втрат корисних речовин і зниження мікробіологічної безпеки молока. Актуальність модернізації роторних пастеризаційно-охолоджувальних установок полягає у здатності забезпечити більш рівномірний тепловий вплив та автоматичне регулювання процесу, знижуючи вплив людського фактора. Одночасно оптимізація механізму подавання молока дозволяє підвищити пропускну здатність лінії, що є вкрай важливим для фермерських господарств із середнім і великим поголів'ям корів. Сучасні вимоги до енергоефективності та екологічності виробництва передбачають впровадження рішень, які зменшують витрати пари та холодоагенту. Використання роторного принципу роботи теплообмінників сприяє зниженню гідравлічного опору та більшому контакту продукту з нагрівальною та охолоджувальною поверхнею. Це дозволяє не лише підвищити якість кінцевої продукції, а й скоротити експлуатаційні витрати на технічне обслуговування. Таким чином, дослідження, присвячене оптимізації роботи молочного блоку з модернізацією роторної установки, має важливе прикладне значення для підвищення конкурентоспроможності вітчизняного молочного сектору.

Запропоноване дослідження враховує тенденції розвитку європейського молокопереробного сектору, де питання енергоощадження та збереження поживної цінності продукту є пріоритетними. Інтеграція автоматизованих систем контролю температури та швидкості потоку дає змогу оперативно

коригувати режимні параметри у відповідь на зміни якості сировини чи зовнішніх умов. Модернізація роторного теплообмінника не тільки підвищує технологічну стійкість процесу, а й забезпечує можливість адаптації установки до різних виробничих навантажень. Це особливо актуально для фермерських господарств із сезонними коливаннями обсягів надоїв та змінною температурою навколишнього середовища. Крім того, застосування роторної схеми сприяє зниженню шумових та вібраційних навантажень на обладнання, що продовжує термін його служби. Впровадження такої технології відповідає вимогам стандартизації та сертифікації відповідно до міжнародних норм безпеки харчових продуктів. Таким чином, реалізація запропонованих рішень забезпечить підвищення енергоефективності та якості молока, що має велике значення для сталого розвитку галузі.

З огляду на вищезазначене, актуальність теми визначається необхідністю комплексного підходу до модернізації технологічного обладнання на фермах ВРХ з урахуванням технічних, економічних та екологічних аспектів. Дослідження спрямоване на створення адаптивної системи керування процесом пастеризації й охолодження, яка стане основою для подальших інновацій у молочній галузі. Водночас результати роботи можуть бути використані як методичні рекомендації під час реконструкції існуючих молочних блоків та при проектуванні нових об'єктів переробки молока. Це дозволить українським господарствам не лише відповідати сучасним стандартам, а й підвищити ефективність виробництва, знизити витрати та збільшити рентабельність своєї діяльності.

**Метою кваліфікаційної роботи** є сформулювати та обґрунтувати комплекс заходів з оптимізації роботи молочного блоку ферми ВРХ шляхом модернізації роторної пастеризаційно-охолоджувальної установки з метою підвищення технологічної ефективності, енергоощадності та якості кінцевої молочної продукції.

**Завдання дослідження:**

- аналіз технологічного процесу молочного блоку ферми ВРХ із визначенням існуючих вузьких місць у системах пастеризації та охолодження;
- дослідження будови й принципу роботи роторної пастеризаційно-охолоджувальної установки та огляд сучасних технічних рішень для підвищення її продуктивності;
- розробка технічної схеми модернізації механізму подавання молока та теплообмінних елементів із урахуванням роторного принципу роботи;
- розрахунок основних параметрів модернізованої установки.

**Об'єктом дослідження** є технологічний процес переробки молока в молочному блоці ферми ВРХ, що включає операції пастеризації й охолодження.

**Предметом дослідження** є методичні та технічні засоби оптимізації роботи роторної пастеризаційно-охолоджувальної установки, зокрема модернізація механізму подавання молока та теплообмінних поверхонь для підвищення ефективності й якості процесу.

#### **Перелік публікацій за темою роботи:**

1. Шулятинський Н.Р. Аналіз технологій первинної обробки молока на фермах ВРХ. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали V Міжнар. наук.-практ. конференції молодих учених (Запоріжжя, 03-28 лютого 2025 р.). Запоріжжя: ТДАТУ, 2025. С. 113-114.
2. Дерев'янюк Д.А., Шулятинський Н.Р. Веремій Т.Б., Федорчук А.О., Шевчук О.А. Підвищення ефективності первинної обробки молока на фермах. Збірник тез XI Міжнародної науково-практичної конференції студентів та молодих учених «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» присвячена 30-річчю започаткування підготовки фахівців за освітнім ступенем бакалавра зі спеціальності «Агроінженерія». 11 квітня 2025 року. Житомир: ЖАТФК. С. 109-110.

**Практичне значення одержаних результатів.** Впроваджені технічні рішення щодо роторного механізму подавання та оптимізації теплообміну забезпечують зростання пропускної здатності установки на 15–20 %, що дозволяє обробляти більші об'єми молока без значних затрат часу та ресурсів.

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 22 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 50 сторінок комп'ютерного тексту, містить 5 рисунків.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИРОБНИЦТВА ПАСТЕРИЗОВАНОГО МОЛОКА НА ФЕРМАХ ВРХ

Аналіз технології фермерської пастеризації молока починається з обґрунтування потреби у локальному виробництві безпечного молочного продукту. Сучасні споживачі дедалі більше цінують «farm-to-table» концепцію, що вимагає мінімізації часу від доїння до споживання. Пастеризація безпосередньо на фермі дозволяє знизити логістичні витрати та ризики мікробної контамінації під час транспортування. При цьому фермери зберігають контроль над усіма етапами виробництва: від первинного контролю якості до фасування. Інвестиції в міні-лабораторії і пастеризаційне обладнання підвищують додану вартість молока. Проте необхідні значні капіталовкладення та кваліфікований персонал для обслуговування. Важливо враховувати санітарні вимоги та стандарти, які пред'являються до малих виробників. Ефективність цього процесу залежить від узгодженості всіх ланок технологічного ланцюга. Перший етап – ретельний аналіз існуючої інфраструктури ферми та її можливостей для впровадження пастеризації [4, 6, 7, 12].

Первинний контроль молока починається ще під час доїння, коли використовують сучасні доїльні апарати з герметичними силіконовими чашками. Оцінюють органолептичні показники молока: колір, запах, смак і консистенцію. Паралельно проводять термометрію свіжовидоєного молока – температура не повинна перевищувати +38 °С. Застосовують експрес-тести на соматичні клітини, що дозволяє виявити субклінічний мастит. Щоб уникнути зайвого розмноження мікрофлори, молоко негайно транспортують у попередні охолоджувачі. Всі обладнання фіксуються в електронному журналі, що забезпечує простежуваність партій. Умова чистоти доїльного обладнання — регулярна санітарна обробка лужними та дезинфікуючими засобами. Наявність локальної

лабораторії дає змогу оперативно приймати рішення про придатність молока. Цей етап гарантує стабільно високий рівень безпеки та якості сировини [4, 6, 8].

Наступний крок — попереднє охолодження молока до  $+4...+6$  °C із застосуванням пластинчастих теплообмінників чи накопичувальних цистерн із холодильним контуром. Температурний шок знижує активність бактерій і дозволяє зберігати молоко до моменту пастеризації. У накопичувальних ємностях встановлюють гвинтові мішалки, які запобігають утворенню вершкового шару та забезпечують однорідність температури. Кожну партію маркують ідентифікаційним кодом, датою та часом доїння. Параметри охолодження автоматично записуються в систему SCADA. Регулярне технічне обслуговування холодильних установок попереджає аварійні ситуації. Контроль герметичності агрегатів перешкоджає проникненню сторонніх домішок. Своєчасне охолодження – запорука збереження поживних та органолептичних властивостей молока. Погоджена робота всіх ланок охолоджувальної системи оптимізує енергоспоживання ферми [3, 5, 9, 17].

Механічна фільтрація передбачає двоступеневе очищення молока через фільтри 50–100 мкм. Перший ступінь затримує великі домішки, наприклад соломую й шерсть, а другий — дрібніші частинки. Фільтрація під тиском 0,2–0,5 бар не руйнує структуру молочної емульсії. Під час фільтрації також вимірюють щільність молока для контролю вмісту жиру й сухих речовин. Нетипові показники сигналізують про необхідність регулювання складу шляхом додавання вершків або знежиреного молока. Коректування складу гарантує однорідність продукту та відповідність стандартам. Всі дані передаються в локальний контролер, який формує звіти. Фільтраційні елементи регулярно замінюють або промивають для запобігання бактеріальному росту. Такий підхід забезпечує високу стабільність якості молока [5, 8, 9, 15].

Вибір типу пастеризатора залежить від обсягу виробництва та доступних ресурсів. Проточні HTST-системи нагрівають молоко до  $+72$  °C з витримкою 15–20 секунд, що забезпечує м'яку термічну обробку. Бакові пастеризатори

працюють при  $+63\dots+65\text{ }^{\circ}\text{C}$  протягом 30 хвилин, підходять для невеликих партій. Проточні системи економлять до 50 % енергії через регенерацію тепла. Бакові апарати простіші в обслуговуванні та мають менші капіталовкладення. Обладнання оснащують PID-контролерами для точного керування температурою. Встановлюють аварійні реле часу і температури для попередження відхилень. Коректний вибір пастеризатора обумовлює ефективність усього процесу. Це критичний елемент технологічного ланцюга ферми [13, 15, 17, 18].

У проточному процесі молоко насосом подають під тиском 2–3 бар у пластинчастий теплообмінник, де воно нагрівається контрпотокком. Після досягнення заданої температури потік потрапляє в камеру витримки з гофрованими пластинами для контролю часу контакту. Далі молоко охолоджують до  $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$  у вторинному теплообміннику, що працює за рахунок регенерації тепла. Частина енергії передається свіжій порції молока, що зменшує витрати на підігрів. Трубопроводи та ємності виготовлені з поліруваної нержавіючої сталі AISI 304 для запобігання адгезії бактеріальних клітин. Система клапанів автоматично перенаправляє потік під час профілактики. Параметри тиску і температури контролює PLC-контролер з архівацією даних з кроком 1 секунда. Автоматизація гарантує стабільність процесу навіть за мінливих умов зовнішнього середовища. Цей модуль формує серце фермерської пастеризації [9, 12, 14, 17].

Контроль параметрів пастеризації включає щоденну верифікацію температури й часу витримки вручну за допомогою цифрових термометрів і хронометрів. Водночас встановлено безперервний моніторинг через датчики Pt100, інтегровані з PLC-системою. Датчики передають сигнал у центральний контролер, що забезпечує відтворення технологічної карти кожної партії. Раз на добу виконують тест на редуктазну активність, який підтверджує ефективність термообробки. Невідповідність результатів призводить до автоматичного перепуску партій на додаткову теплову обробку. Результати тестів фіксують у

протоколах якості, що зберігаються в ERP-системі ферми. Такий підхід забезпечує повний аудит технологічного ланцюга. Надійність контролю знижує ризики відхилень у готовому продукті.

Після пастеризації молоко транспортують на фасувальну лінію, оснащену охолоджувачем і напівавтоматичними розливними машинами. Для дрібних партій використовують моделі з електромагнітним клапаном, які дозують під вакуумом або надлишковим тиском азоту. Це зменшує контакт з киснем і уповільнює окислення жирів. Умови фасування контролюють термодатчики та лічильники штук. Кожна упаковка маркується датою виробництва, терміном придатності (макс. 72 години при +4 °C), номером ферми та умовами зберігання. Дефектні пакети автоматично відкидаються лінією відбраковки. Дані про випущені одиниці синхронізуються з системою обліку продажів. Такий підхід гарантує прослідковуваність продукції на всіх етапах. Фасування завершило технологічний ланцюг на фермі [4, 6].

Після завершення зміни встановлюють СІР-режим для промивки та дезінфекції внутрішніх поверхонь системи. Цикл включає попереднє ополіскування теплою водою, мийку лужним розчином (2 % NaOH при 60 °C), промивання, дезінфекцію кислотним розчином (0,5 % HNO<sub>3</sub>) та фінальний ополіскувач. Кожен етап триває 10–15 хвилин під тиском 1,5–2 бар. Параметри температури, тиску й часу автоматично записуються в журнал СІР-моніторингу. Використані миючі засоби та вода обліковуються лічильниками. Після закінчення циклу оператор перевіряє якість ополіскування тест-папірцями. Регулярне обслуговування СІР-системи запобігає утворенню біоплівки. Цей процес є критичним для запобігання перехресної контамінації між партіями.

Лабораторний контроль передбачає щоденне дослідження зразків пастеризованого молока на мікробіологію: МАОФА, коліформи та лактопозитивні флори. Окрім того, виконують хімічний аналіз жиру, білка, лактози та сухих речовин за допомогою молокоаналізаторів. Раз на тиждень проводять ПЛР-аналіз на *Listeria* та *Salmonella*. Результати інтегрують в

ERP-систему для аудиту і сертифікації. Журнали лабораторних досліджень доступні ветеринарним службам і контролюючим органам. Невідповідності стандартам призводять до коригувальних дій у технологічному ланцюгу. Цей рівень контролю забезпечує відповідність нормам безпеки харчових продуктів. Аудит лабораторії проходить щорічно з оновленням методик. Надійність випробувань — гарантія довіри споживачів [4, 8].

Організація персоналу включає навчання операторів роботи з доїльним, охолоджувальним та пастеризаційним устаткуванням. Кваліфікація має охоплювати принципи санітарії, фізико-хімічні основи пастеризації та методи контролю якості. Регулярні інструктажі з безпеки та пожежної безпеки є обов'язковими. Персонал відповідає за дотримання стандартів ISO 22000 та НАССР. Впровадження системи мотивації за якість продукції сприяє відповідальності. Звітність ведеться в електронному форматі з автоматичним нагадуванням про чергові перевірки. Кожен оператор має чітко регламентовані обов'язки та процедури дій у нестандартних ситуаціях. Такий підхід знижує людський фактор і підвищує стабільність виробництва [9, 12].

Матеріально-технічне забезпечення ферми передбачає наявність резервних блоків обладнання та критичних запасів витратних матеріалів. Резервні насоси, нагрівачі та теплообмінники швидко замінюють при поломках. Запаси фільтрів, миючих засобів та стерильних пакувальних матеріалів дозволяють уникнути простоїв. Наявність локального сервісного центру скорочує час ремонту. Контракти на обслуговування з виробником обладнання гарантують своєчасну поставку запчастин. Створюють планово-попереджувальні роботи раз на місяць. Документування процесів спрощує аудит і сертифікацію. Така стратегія підвищує надійність безперервного виробництва [13, 15].

Управління енергоспоживанням є критичним для економічної ефективності фермерської пастеризації. Використання систем рекуперації тепла дозволяє знизити витрати на опалення молока до 40–50%. Встановлюють лічильники енергії на ключових етапах (насоси, нагрівачі, охолоджувачі). Аналіз

споживання в реальному часі допомагає оптимізувати режими роботи. Вдосконалена автоматика з можливістю зміни технічних параметрів за графіком навантаження мережі знижує пік-споживання. Ферма може використовувати відновлювані джерела енергії — сонячні панелі чи біогазові установки. Це підвищує незалежність від зовнішніх мереж. Раціональне управління енергоресурсами скорочує експлуатаційні витрати і зменшує вуглецевий слід.

Інформаційні технології вносять значний вклад у контроль і управління виробництвом. Використання ERP-систем дозволяє інтегрувати дані про доїння, якість молока, технологічні параметри та продажі. SCADA-системи відстежують роботу устаткування і повідомляють про відхилення в реальному часі. Мобільні додатки для операторів спрощують процес збору полів і верифікації даних. Хмарне зберігання забезпечує безпеку й резервування протоколів. Інтелектуальні аналітичні модулі прогнозують потребу у витратних матеріалах та оптимізують графіки обслуговування. Це підвищує швидкість прийняття рішень і адаптивність виробництва. Використання II-алгоритмів дозволяє прогнозувати якість партій на основі історичних даних [6].

Забезпечення санітарно-гігієнічних вимог – ключовий аспект фермерської пастеризації. Відповідність нормам НАССР передбачає розробку та виконання планів критичних контрольних точок (ССР). Розставлення ССР на етапах доїння, фільтрації, пастеризації та фасування гарантує виявлення відхилень. Санітарні зони розмежовують «чисті» і «брудні» потоки. Використовують кольорове маркування обладнання для попередження перехресної контамінації. Регулярні перевірки готовності до аудитів забезпечують відповідність стандартам ISO та ДСТУ. Документування процедур спрощує сертифікацію. Ця система мінімізує ризики для здоров'я споживачів [14].

Регламентовані вимоги до води включають її питну якість та відсутність мікробіологічних забруднень. Для приготування миючих розчинів використовують очищену питну воду. Перед подачею в СІР-систему воду аналізують на жорсткість, мікробіологію й хімічний склад. Застосовують

системи зворотного осмосу та ультрафіолетового знезараження. Забезпечення якості води впливає на ефективність миття та довговічність обладнання. Перевищення допустимих показників призводить до передчасного виходу з ладу компонентів. Це додаткові витрати на ремонт та заміну. Стабільна якість води – запорука надійного функціонування всієї системи [15].

Аналіз економічної ефективності фермерської пастеризації враховує капітальні та експлуатаційні витрати. Капіталовкладення включають закупівлю обладнання, монтаж, навчання персоналу та сертифікацію. Операційні витрати – опалення, охолодження, миючі засоби, енергія та амортизація. Рентабельність залежить від обсягів виробництва та ринкових цін на молоко. Продуктивність обладнання визначає рівень доходу. Враховують додаткові надходження від продажу сертифікованого молока за вищою ціною. Чутливість моделі до коливань цін на енергоносії і сировину аналізують у фінансовій моделі. Такий підхід допомагає приймати обґрунтовані рішення щодо масштабування виробництва [9].

Управління ризиками включає страхування обладнання та відповідальності. Поліси покривають пошкодження техніки, збитки від переривання виробництва та ризики продовольчої безпеки. Розробляють плани безперервності бізнесу (BCP) на випадок надзвичайних ситуацій. Запасні генератори електроживлення та контейнери для зберігання молока дозволяють підтримувати процес у разі відключення мережі. Партнерства з сервісними організаціями скорочують час реагування на поломки. Перевірка готовності до кризових ситуацій проводиться двічі на рік. Такий рівень підготовки забезпечує стабільність виробництва за будь-яких умов. Це конкурентна перевага фермерського бізнесу [16].

Екологічний аспект фермерської пастеризації охоплює управління стоками й утилізацію відходів. Воду після СІР-цикла очищують у локальних очисних спорудах. Використані миючі засоби нейтралізують перед скидом. Відомості про скиди води та хімікатів передаються в екологічні органи. Використання

біодеградованих миючих засобів знижує навантаження на довкілля. Солом'яні та молочні відходи направляють на виробництво компосту або біогазу. Це дозволяє зменшити обсяги утилізації. Еко-стандарты все частіше стають фактором вибору споживачем. Сталий розвиток – важливий елемент стратегії фермерських підприємств [13].

Правове регулювання фермерської молочної переробки визначає вимоги до реєстрації та сертифікації. Дрібні виробники можуть працювати за спрощеною системою оподаткування та отримувати сертифікати відповідності технічним регламентам. Однак необхідно дотримуватися санітарних норм та правил маркування. Зміни в законодавстві вимагають постійного моніторингу з боку власників ферм. Порушення норм призводять до штрафів або зупинки виробництва. Співпраця з консультантами з харчової безпеки спрощує процедуру адаптації до нових вимог. Така юридична підтримка знижує ризики бізнесу. Знання правових аспектів є обов'язковим для кожного фермера-переробника [8].

Соціальний вплив фермерської пастеризації молока включає створення додаткових робочих місць у сільській місцевості. Наявність виробничих потужностей дає змогу утримувати кваліфікованих спеціалістів. Це сприяє підвищенню рівня життя та залученню молодих фахівців у агросектор. Фермерські кооперативи можуть об'єднувати ресурси для спільної сертифікації та маркетингу. Соціальні проекти з розвитком місцевих громад передбачають освітні програми з безпеки харчових продуктів. Такі ініціативи підвищують довіру споживачів до фермерських брендів. Позитивний імідж сприяє розширенню ринків збуту. Розвиток локальних переробних потужностей має мультиплікативний економічний ефект.

Маркетингова стратегія фермерського пастеризованого молока ґрунтується на унікальних властивостях продукту та прозорості виробництва. Розповідь про технологічний процес, відкриті екскурсії на ферму та рекомендації від ветеринарів підвищують цінність бренду. Використання еко-упаковки та

локальних етикеток підкреслює природність продукту. Соціальні мережі та інтернет-платформи допомагають формувати лояльну аудиторію. Партнерства з місцевими ресторанами та магазинами сприяють збуту. Акційні пропозиції та дегустації залучають нових споживачів. Моніторинг зворотного зв'язку дає змогу оперативно коригувати асортимент і якість. Такий комплексний підхід зміцнює позиції на ринку [11].

Інновації в обладнанні поступово зменшують бар'єри входу в фермерську переробку молока. З'являються компактні пастеризатори з низьким енергоспоживанням та простим керуванням. Розробляються мобільні міні-лабораторії для швидкого аналізу сировини. Інтернет речей (IoT) дозволяє віддалено моніторити стан техніки та параметри процесу. Штучний інтелект аналізує дані й підказує оптимальні режими роботи. Розробляють біоактивні пакувальні матеріали, що подовжують термін придатності. Такі рішення роблять виробництво доступнішим для малих господарств. Інвестиції в R&D стають пріоритетними для агротехнологічних компаній. Іноваційність забезпечує сталий розвиток галузі [15].

Тренди світового ринку вказують на зростання попиту на локально вироблені молочні продукти. Споживачі очікують від фермерів прозорості та екологічності виробництва. Сертифікація за стандартами organic та Grass-fed дає конкурентну перевагу. Водночас глобалізація ринків створює тиск на ціну. Фермери змушені шукати баланс між якістю та економічною рентабельністю. Колаборації з науковими установами сприяють швидкій адаптації новітніх технологій. Частка фермерських брендів у загальних обсягах молока невідомо зростає. Для успіху необхідно постійно аналізувати світові тренди. Це стимулює інвестиції в модернізацію виробництва.

Важливою складовою є розвиток кооперативів і спільних виробничих майданчиків. Об'єднання ресурсів дозволяє знизити витрати на закупівлю обладнання та сертифікацію. Спільна лабораторія обслуговує декілька ферм, що підвищує ефективність контролю якості. Кооперативи мають кращі умови для

переговорів з дистриб'юторами й мережами. Це знижує ризики збуту та збільшує масштаби виробництва. Правильна організація кооперативу враховує інтереси кожного члена. Професійний менеджмент кооперативу підвищує прозорість та довіру учасників. Такий підхід розширює доступ до ринків збуту на регіональному рівні [5].

Підготовка й навчання фахівців із агротехнологій потребує співпраці з навчальними закладами. Курси з сучасних методів пастеризації, санітарії та управління якістю мають інтегруватися в програми агроінженерії. Практичні стажування на фермах-переробниках дають змогу студентам набути реальних навичок. Подальше працевлаштування випускників підвищує рівень компетентності персоналу. Це сприяє впровадженню інноваційних рішень на фермах. Спільні науково-дослідні проєкти дозволяють оцінити ефективність нових технологій у польових умовах. Такі програми мають державну підтримку й грантове фінансування. Це важливий фактор розвитку аграрного сектора.

Аналітика даних стає потужним інструментом для оптимізації процесу пастеризації. Збір історичних даних про якість сировини, енергоефективність і витрати миючих засобів дозволяє виявити вузькі місця виробництва. BI-інструменти генерують звіти з рекомендаціями щодо коригування параметрів. Прогнозні моделі визначають оптимальний час обслуговування обладнання. Аналітика також допомагає планувати закупівлі миючих розчинів і фільтрів. Це знижує ймовірність простоїв через нестачу витратних матеріалів. Інтеграція аналітичних модулів з ERP-системою підвищує точність прогнозів. Такий підхід знижує операційні ризики й покращує виробничі показники [14].

Моніторинг задоволеності споживачів через опитування та відгуки в мережі дає важливу інформацію для вдосконалення продукту. Фермери можуть оперативно реагувати на запити щодо пакування, смакових якостей та терміну придатності. Аналітика зворотного зв'язку підказує напрямки для R&D. Постійний діалог зі споживачами сприяє формуванню лояльної аудиторії. Це також дозволяє коригувати маркетингові стратегії. Збір даних через

CRM-систему структуровано зберігає історію споживчих вподобань. Такий зворотний зв'язок стимулює інновації у виробництві. Прозорий діалог зміцнює позиції бренду на ринку [16].

Виробничі KPI включають середній час від доїння до фасування, енергоспоживання на літр молока та відсоток відхилень за мікробіологічними показниками. Ці показники відстежують у реальному часі та порівнюють із нормативами. Автоматична система нагадувань допомагає виконувати планово-попереджувальні заходи. KPI використовують у системі мотивації персоналу, що підвищує ефективність. Регулярний аналіз трендів за KPI відкриває можливості для оптимізації. Дотримання ключових показників підвищує якість продукції. Постійне вдосконалення процесу стає корпоративною культурою фермерського господарства.

Оцінка конкурентного середовища включає аналіз цінових пропозицій, якості та доступності продукції інших виробників. Порівняльний аналіз допомагає визначити унікальні переваги фермерського молока. Використання локальної історії виробництва й прозорість технології підсилює маркетингові повідомлення. Моніторинг конкурентів через відкриті джерела та платформи e-commerce дає змогу коригувати цінову стратегію. Це запобігає втраті частки ринку. Фокус на екологічності та місцевому походженні продукту підтримує конкурентоспроможність. Розуміння конкурентних переваг сприяє диференціації на ринку. Стратегічні альянси з іншими виробниками зміцнюють позиції.

Перспективи розвитку фермерської пастеризації залежать від подальших інвестицій у R&D та модернізацію обладнання. Дослідження з підвищення енергоефективності та зниження вуглецевого сліду стають пріоритетними. Розвиток біоактивних пакувальних матеріалів подовжить термін придатності продукту. Нові методи безконтактної стерилізації можуть зменшити терміни процесу. Співпраця з IT-компаніями дозволить розширити застосування IoT та аналітики. Це підвищить адаптивність виробництва до ринкових змін. Інтеграція

фермерських виробництв у горизонтальні кооперативи підсилить конкурентну спроможність. Перспективні технології відкриють нові ринки збуту [2, 5]

Таким чином, аналіз технології та технологічного процесу виробництва пастеризованого молока на фермах ВРХ демонструє комплексність і багаторівневність підходу. Ключові етапи — від первинного контролю якості й охолодження до пастеризації, фасування та санітарного обслуговування — взаємопов'язані й потребують ретельної координації. Автоматизація і цифровізація процесів підвищують надійність і прозорість виробництва. Ефективне управління ресурсами, енергією та персоналом забезпечує економічну доцільність проекту. Лабораторний контроль і системи НАССР гарантують безпеку кінцевого продукту. Інновації та співпраця з науковими установами сприятимуть подальшому вдосконаленню технології. Адекватна маркетингова стратегія і соціальні ініціативи зміцнюють позиції фермерських брендів [2, 5, 7, 15].

## РОЗДІЛ 2

### АНАЛІЗ ЗАСТОСОВУВАНОВОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ ПІТНОГО ПАСТЕРИЗОВАНОГО МОЛОКА

Пастеризоване молоко виробляють різної жирності. Отримують його за допомогою спеціальних пастеризаційних установок. Допоміжним обладнанням для пастеризації є: охолоджувачі, резервуари для зберігання сировини та готової продукції різної місткості та типів, а саме горизонтальні або вертикальні; обладнання нормалізації; установки очищення, центрифуги; сепаратори-очищувачі, фільтри; гомогенізатори.

Усе це обладнання постійно вдосконалюється для підвищення якості продукції, що випускається, і підвищення продуктивності праці.

#### **2.1 Допоміжне обладнання для виробництва питного пастеризованого молока**

Технологічний процес виробництва починається з приймання молока.

Приймання молока починається з перекачування молока з цистерни автомобіля насосом. Молоко є малов'язким продуктом. Для малов'язких продуктів використовується відцентрові, роторні та поршневі насоси.

Для перекачування молока зазвичай використовують відцентрові насоси, оскільки вони найпростіші, компактні, зручно мити, легко розбираються і збираються, висока продуктивність.

У молочній промисловості використовують лопатеві та дискові відцентрові насоси. Принцип дії їхній однаковий. Відцентрові самовсмоктувальні насоси навіть за температури 80 °С можуть всмоктувати молоко на висоту три метри і подавати рідину на висоти від дев'яти до одинадцяти метрів.

Охолоджувачі.

Конструкції охолоджувачів дуже різноманітні. Сучасні охолоджувачі можна класифікувати за такими основними ознаками:

- за характером зіткнення з навколишнім повітрям: відкриті зрошувальні та закриті проточні;
- за профілем робочої поверхні: трубчасті та пластинчасті;
- за кількістю секцій: односекційні, двосекційні та багатосекційні;
- за конструкцією: однорядні та багаторядні;
- за формою: плоскі та круглі;
- за впливами, що викликають просування продукту: під напором, з використанням вакууму або власної маси продукту;
- за відносним напрямком руху теплообмінних середовищ: прямооточні, протиточні та з перехресним рухом середовищ.

Для охолодження молока здебільшого використовують закриті закриті пластинчасті, рідше трубчасті. Встановлюють той чи інший вид охолоджувача в лінію залежно від її продуктивності.

Випускають трубчасті охолоджувачі продуктивністю до 5000 л/год і більше (П8-ОРТ-5, П8-ООТ-5, Ш-ОУВ/2), а пластинчасті охолоджувачі продуктивністю до 15000 л/год і більше (ООЛ-25, ВГ-10-О, 001-У10).

Пластинчасті охолоджувачі зручніші в експлуатації, оскільки легко розбираються і компактніші, а робочі елементи - пластини і гумові ущільнення легко замінюються.

Танки для охолодження молока.

Призначені для короткочасного і тривалого зберігання молока без помітної зміни його якості приблизно протягом доби. Оскільки вони закриваються герметично, можна використовувати вакуум компресорну систему для їх наповнення і спорожнення.

За місткістю горизонтальні та вертикальні ємності бувають від 2,5 тонн до 30 тонн, далі не лімітуються.

Танки обов'язково забезпечуються мішалками, оскільки молоко під час зберігання осідає і його доводиться перемішувати. Мішалки існують різних типів: пропелерні, шнекові, ежекторні (за рахунок струменя продукту), лопатеві мішалки.

Танки здебільшого двостінні. У простінку між корпусом і обшивкою покладена всіляка теплоізоляція. А саме пінополіуретан, пінопласт, фторопласт, поліетилен тощо.

Залежно від величини танка, а так само від наявних площ, танки встановлюють у будівлі або за її межами.

Апарати для нормалізації.

Оскільки існує два способи нормалізації, використовують кілька видів обладнання: ємність, сепаратор-зливковіддільник, сепаратор-нормалізатор.

У разі використання ємності та сепаратора вершковіддільника йде спосіб нормалізації змішанням, тобто молоко пропускають через сепаратор, а отримані вершки або зворот додають у ємність.

Для нормалізації молока в потоці широкого поширення набули сепаратори-нормалізатори. У них між трубами для знежиреного молока і для вершків встановлюється сполучна труба.

Вихід продуктів сепарування регулюють зміною їх кількісного співвідношення запірними пристосуваннями.

Обсяг і продуктивність залежить від якості продукту, що випускається.

Пристрої очищення молока.

Фільтри призначені для грубого очищення молока від механічних домішок, існують фільтри і для тонкого очищення.

Центрифуги – очищення відбувається в полі відцентрових сил, призначені для більш тонкого очищення.

Сепаратори-молокоочисники призначені для тонкого очищення молока від механічних домішок і виділення з молока природних домішок. Масова частка

домішок становить у середньому 0,04%. Сепаратори бувають закритого і відкритого типів, саморозвантажні та з ручним вивантаженням.

Гомогенізатори.

Гомогенізація молока – зміна фізичних властивостей продукту шляхом подрібнення його частинок з метою поліпшення його збережуваності та смаку.

Гомогенізоване молоко має більш виражений запах, внаслідок збільшення поверхні жирових кульок, підвищується перетравлюваність молока.

Одно- або двоступеневі гомогенізатори клапанного типу застосовують для обробки молока і вершків. Гомогенізація здійснюється під тиском 10-15 МПа і більше. При виході з гомогенізатора розмір частинок 0,6-0,8 мкм.

Продуктивність гомогенізатора залежить від його робочих органів - головки та клапана [5].

## **2.2 Основне обладнання, що застосовується для приготування питного пастеризованого молока, види, пристрій і принцип роботи.**

Для пастеризації молока призначені пастеризаційні установки резервуарного, трубчастого типів, пастеризаційно-охолоджувальні установки пластинчастого типів. А також роторні за рахунок молекулярного тертя частинок, установки інфрачервоного та ультрафіолетового випромінювання.

До обладнання для пастеризації молока резервуарного типу належать: ванни тривалої пастеризації та універсальні ванни.

Трубчасті пастеризаційні установки служать для обробки молока в закритому потоці за високих швидкостей руху оброблюваного продукту.

Пастеризаційна установка трубчастого типу складається з двох відцентрових насосів і трубчастого апарату.

Схему трубчастого пастеризатора представлено на рис. 2.1.

Трубчаста пастеризаційна установка (рис. 2.1) складається з двох відцентрових насосів, трубчастого апарату, зворотного клапана,

конденсатовідвідників і пульта управління з приладами контролю та регулювання технологічного процесу.

Основний елемент установки - двоциліндровий теплообмінний апарат, що складається з верхнього і нижнього циліндрів, з'єднаних між собою трубопроводами. У торці циліндрів вварені трубні решітки, в яких розвальцьовано по 24 труби діаметром 30 мм. Трубні решітки з нержавіючої сталі мають вифрезеровані короткі канали, що з'єднують послідовно кінці труб, утворюючи, таким чином, безперервний змійовик загальною довжиною близько 30 м. Торцеві циліндри закривають кришками з гумовими ущільненнями для забезпечення герметичності апарата та ізолювання коротких каналів один від одного.

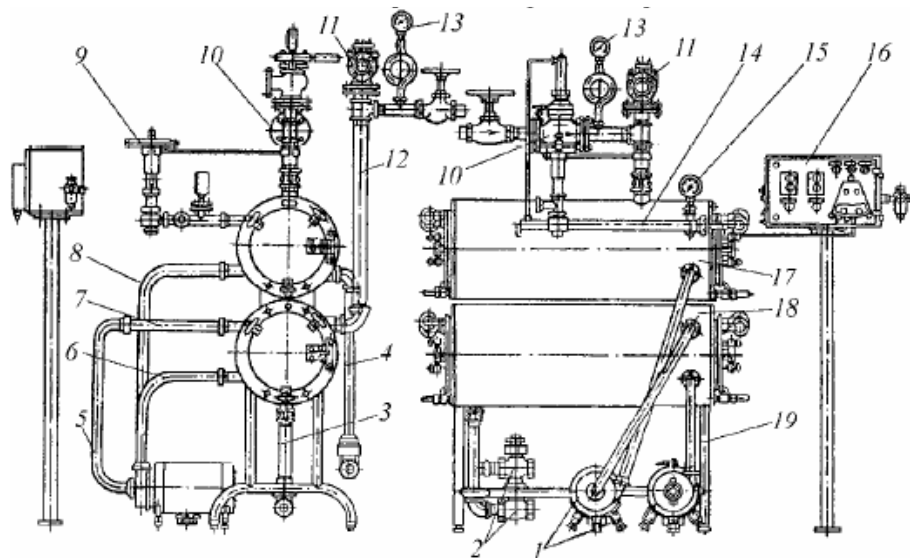


Рис. 2.1. Трубчаста пастеризаційна установка: 1 – відцентрові насоси для молока; 2 – конденсатовідвідники; 3, 4 – патрубки для відведення конденсату; 5, 6, 7, 8 – молокопроводи; 9 – зворотний клапан; 10 – регулювальний клапан; 11 – запобіжні клапани; 12 – паропровід; 13 – манометри для пари; 14 – парубок для виходу пастеризованого молока; 15 – маномір для молока; 16 – пульт управління; 17 – верхній барабан; 18 – нижній барабан; 19 – рама.

Пар подається в міжтрубний простір кожного циліндра. Пар, що відпрацював, у вигляді конденсату виводиться за допомогою термодинамічних конденсатовідвідників. Молоко, що нагрівається, рухається у

внутрішньотрубному просторі, проходячи послідовно нижній і верхній циліндри. На вході пари встановлений регулювальний клапан подачі пари, а на виході молока з апарата – зворотний клапан, за допомогою якого недопастеризоване молоко автоматично направляється на повторну пастеризацію. Зворотний клапан пов'язаний через регулятор температури з термодатчиком, розташованим також на виході молока з апарата. Установа забезпечена манометрами для контролю за тиском пари і молока.

Оброблюваний продукт із накопичувальної ємності за допомогою першого відцентрового насоса подається в нижній циліндр теплообмінного апарата, де нагрівається паром до температури 50...60 °С і переходить у верхній циліндр. Тут воно пастеризується за температури 80...90 °С.

Другий насос призначений для подачі молока з першого циліндра в другий.

Трубчасті пастеризатори не мають охолоджувачів, отже, вони ефективні в тому разі, якщо подальший процес обробки молока проводять за температури, що незначно відрізняється від температури пастеризації.

Перевагою трубчастих установок:

1. Значно менша кількість і менші розміри ущільнювальних прокладок, де може зберігатися патогенна мікрофлора;
2. Можливість отримання великих швидкостей проходу продукту через установку, що покращує нагрівання і зменшує пригар;
3. Високий допустимий робочий тиск, що збільшує температуру пастеризації до 100 °С.

Недоліки:

1. Висока металоємність і великі габарити;
2. При чищенні та митті цих апаратів потрібен вільний простір з боку торців.

Існують трубчасті теплообмінники з електричними котлами для отримання пари, наприклад П8-ОПО-0,5; ТЕПО-ОФП-0,25.

Для теплової обробки молока переважно використовують пластинчасті установки. Основний робочий орган цих установок - багатосекційний пластинчастий теплообмінник з метою ступеневої нагрівання та охолодження продукту, з рекуперацією тепла. Кількість секцій залежить від визначених технологією температурних режимів входу. Обробки та виходу продукту. Схема пластинчастої установки показана на рис. 2.2.

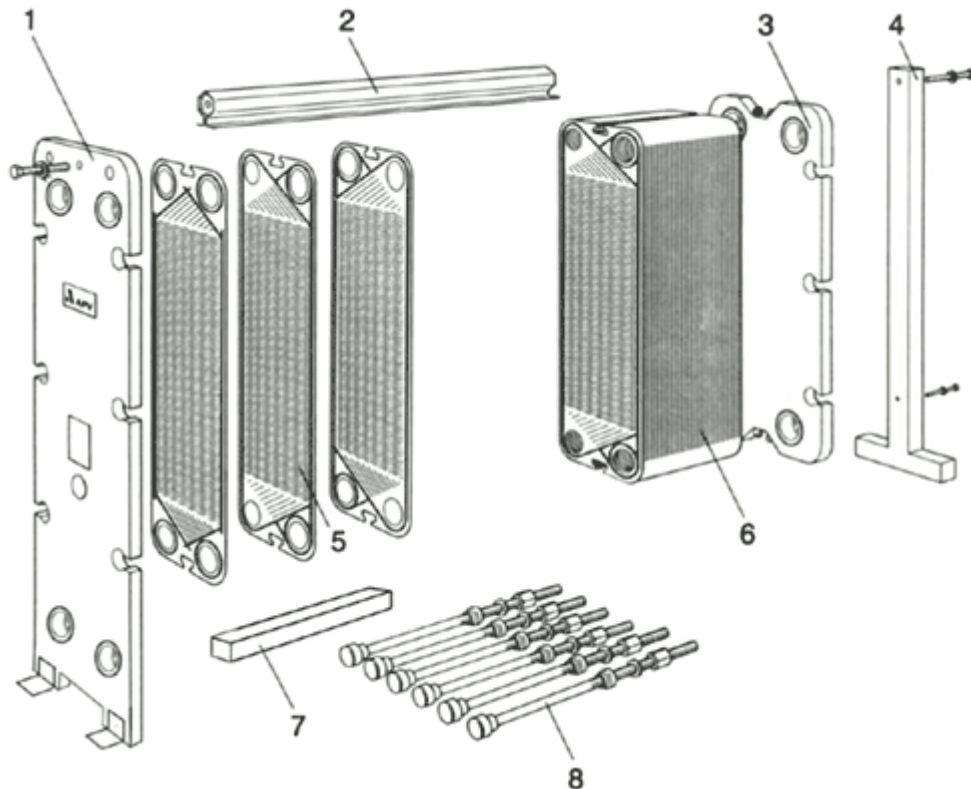


Рис. 2.2. Схема пластинчастої установки: 1 – нерухома плита; 2 – верхня штанга; 3 – натискна плита; 4 – стійка; 5 – пластина з ущільнювачем; 6 – пакет пластин; 7 – нижня штанга; 8 – шпильки.

Пластинчасті пастеризаційно-охолоджувальні установки порівняно з іншими типами теплових апаратів мають низку переваг:

1. Мала робоча місткість, що дає змогу приладам автоматики точніше відстежувати перебіг технологічного процесу (у пластинчастій установці робоча місткість утричі менша, ніж у трубчастій такої самої продуктивності);
2. Здатність працювати досить ефективно за мінімального теплового напору;

3. Мінімальні теплопритоки і втрати теплоти і холоду (теплова ізоляція зазвичай не потрібна);
4. Істотна економія (80...90 %) теплоти в секціях регенерації (питома витрата пари в пластинчастих установках удвічі-втричі менша, ніж у трубчастих, і вчетверо-вп'ятеро менша, ніж у ємнісних теплообмінниках);
5. Мала установча площа (пластинчаста установка займає приблизно в чотири рази меншу поверхню, ніж трубчаста аналогічної продуктивності);
6. Можливість змінювати число пластин у кожній секції, що дає змогу адаптувати теплообмінний апарат до конкретного технологічного процесу;
7. Можливість безрозбірної циркуляційної миття апаратури.

Недоліки:

1. Велика кількість і довжина за конфігурацією прокладок ущільнювачів із теплостійкої харчової гуми, де потрібен спеціальний клей;
2. Потрібна котельня для вироблення пари, що не вигідно для дрібних підприємств переробки.

Існують пастеризаційні установки з електричними котлами для вироблення теплоносія, з пластинчастим теплообмінником, наприклад "Поток Терм 500/1000/3000".

Особливістю цих установок є високий коефіцієнт регенерації теплоти (0,9), система підготовки гарячої води з електронагріванням і чотирьохсекційний пластинчастий теплообмінник (дві секції регенерації, секція пастеризації та секція охолодження). В останньому гумові прокладки виконані з патентованого матеріалу і з'єднані з пластинами спеціальними затискачами, тобто без допомоги клею.

Крім автоматизованих, випускаються також модульні напівавтоматичні пастеризаційно-охолоджувальні установки "Поток Терм 3000/5000/10000", в яких нагрівання продукту до температури пастеризації здійснюється паром тиском 300 кПа. Витрата пари в цих установках становить відповідно 60, 100 і 173 кг/год.

Поряд із непрямим обігрівом продукту, коли молоко обробляється гарячою водою, підігрітою паром або електронагрівачами, в деяких пастеризаторах як джерело прямого нагріву молока застосовуються інфрачервоні нагрівачі. У пастеризаторах з невеликою продуктивністю, молоко подається на обробку інфрачервоним нагрівачем, тонким шаром.

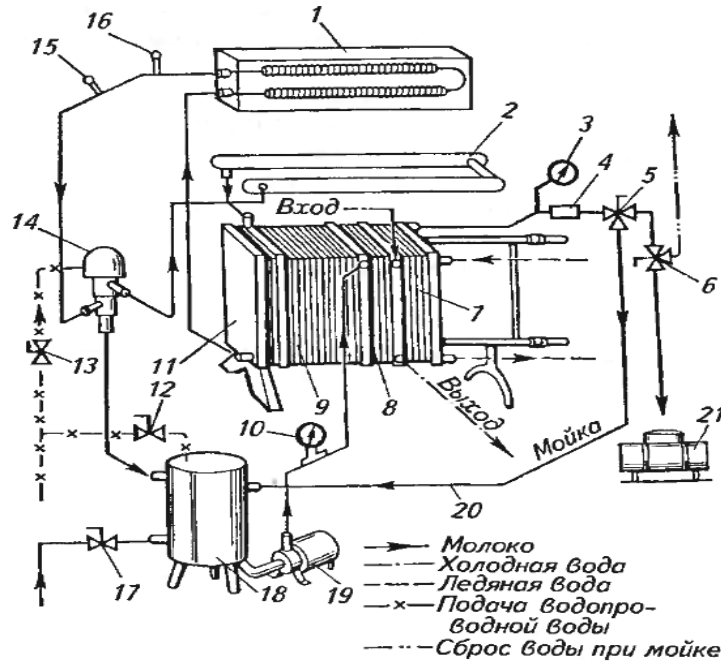


Рис. 2.3. Схема пастеризаційно-охолоджувальної установки УОМ-ІК-1: 1 – секція інфрачервоного електронагріву; 2 – витримувач; 3, 15 – термометри; 4 – оглядова ділянка; 5, 6 – триходові крани; 7 – секція охолодження крижаною водою (розсолем); 8 – секція охолодження водою; 9 – секція регенерації; 10 – манометр; 11 – пластинчастий теплообмінник; 12, 13 – вентилі; 14 – перепускний клапан; 16 – термометр опору; 17 – кран; 18 – зрівняльний бак; 19 – насос; 20 – мийний трубопровід; 21 – ємність для зберігання молока.

У пастеризаційно-охолоджувальній установці УОМ-ІК-1, окрім витримувача і пластинчастого теплообмінного апарату, є секція інфрачервоного нагріву. Секція інфрачервоного нагріву складається з трубок кварцового скла U-подібної форми з відбивачами з анодованого алюмінію. У секції трубок (10 основних, 4, що регулюють режим нагріву, і 2 додаткових), на які навита спіраль із ніхрому. Трубки включені в мережу паралельно. Витримувач складається з

двох послідовно з'єднаних труб з нержавіючої сталі. У пластинчастому теплообмінному апараті є секція регенерації та дві секції охолодження.

Молоко надходить у зрівняльний бак і з нього насосом послідовно подається в секції регенерації, інфрачервоного нагріву та витримувач.

Після витримувача пастеризоване молоко проходить секцію регенерації, передаючи теплоту холодному молоку, і послідовно проходить секції охолодження водою та розсоллом.

Існують установки А1-ОПЕ-250, ВІЕСХ, ІКП-ПП-1000, УОМ-ІК-1. перші дві обробляють молоко в закритому потоці, що вигідно використовувати ці установки на прифермерських молочарнях.

У цій установці відбувається експрес-обробка тонкошарового потоку продукту за високої густини інфрачервоного випромінювання, що забезпечує швидке прогрівання по всій товщині шару продукту та, як наслідок, ліквідацію токсичної і баластної мікрофлори, інактивацію ферментів, консервацію продукту зі збереженням корисних компонентів (білки, жири, вітаміни, біологічні структури, тощо, які формують поживні та смакові якості продукту).

Одним із перспективних напрямів удосконалення пастеризаційних установок є застосування в них роторних нагрівачів, спеціальна конструкція яких дає змогу завдяки молекулярному тертю частинок оброблюваного продукту нагрівати останній до заданої температури. Температура теплової обробки продукту залежить від часу його перебування в роторному нагрівачі і може регулюватися в широких межах. Одночасно з цим продукт піддається гомогенізації.

З 1996 року розпочато встановлення установок ПМР-0,2ВТ; ПМР-1,2ВТ; ПМР-0,2ВТ-1; ПМР-1,2ВТ-1.

Молоко з ємності для зберігання надходить у приймальний бак, насосом подається у фільтр і далі в пластинчастий теплообмінний апарат. У секції регенерації апарата молоко підігрівається за рахунок теплоти, що передається від продукту, що надходить із витримувача, і подається в роторний нагрівач, де

рухомий ротор захоплює молоко і, пересуваючи його відносно нерухомої стінки шаром 0,8...1 мм, нагріває. Температура обробки молока в нагрівачі вимірюється термометром опору і відображається за допомогою цифрового індикатора на пульті керування. У разі порушення заданого режиму пастеризації молоко за допомогою автоматичного клапана повернення направляється на повторну обробку. Нагріте до потрібної температури молоко подається у витримувач, де перебуває 15...20 с, а потім послідовно переміщується через секції регенерації та охолодження пластинчастого теплообмінного апарату.

Пастеризатор оснащений електронним управлінням, що дає змогу безперервно контролювати його робочі параметри. Також установка хороша тим, що проста в експлуатації, займає малу установчу площу, вимагає тільки електроенергію і холодну воду, обслуговуючий персонал 1 людина, різна компоновка одиниць обладнання, обробка продукту в закритому потоці, що вигідно використовувати на прифермерських молочних, на підприємствах малої потужності під будь-яку технологію молочних продуктів. Використовується для миття стандартні мийні засоби.

Поряд із пастеризаторами, в яких джерелом прямого нагріву молока є інфрачервоні промені, розроблено й набувають поширення установки для пастеризації молока, робота яких заснована на використанні ультрафіолетового випромінювання. Застосування таких установок дає змогу значно знизити метало- та енергоємність технологічного процесу пастеризації молока, поліпшити його якість і скоротити втрати, зберігаючи при цьому корисні компоненти продукту (білки, жири, вітаміни).

Принцип роботи пастеризаторів цього типу полягає в безконтактному впливі ультрафіолетового випромінювання на спеціально сформований тонкошаровий потік молока.

Пастеризатори типу УФО випускають п'яти типорозмірів (УФО-2,3,4,5,6) продуктивністю від 250 л/год до 5000 л/год, зі споживаною потужністю від 0,8 до 14,4 кВт.

Принципова будова всіх пастеризаторів цього типу однакова. Пристрій УФО пастеризатора: корпус, у якому розміщені розподільник молока, верхній і нижній опромінювальні пристрої з пастеризаційними пластинами та блок живлення. Розподільник молока складається з клапана-зрошувача, до якого трубопроводом подається молоко. Опромінювальні пристрої являють собою спеціальні газорозрядні лампи і відбивачі. Конструкція верхнього і нижнього опромінювальних пристроїв однакова.

Працює пастеризатор таким чином. Молоко через отвори клапана-зрошувача подається тонким шаром на верхню пастеризаційну пластину і, стікаючи по ній, проходить через інтенсивний потік ультрафіолетових променів, які випромінює опромінювальний пристрій. Через отвори верхнього збірника молоко надходить на нижню пастеризаційну пластину, де повторно обробляється нижнім опромінювальним пристроєм. Пастеризоване молоко з нижньої пастеризаційної пластини стікає в збірник, а з нього - у приймальну ємність.

У блоці живлення пастеризатора встановлено пускорегулювальну апаратуру, що забезпечує роботу верхнього і нижнього опромінювальних пристроїв. У пастеризаторах продуктивністю 1000 л/год і більше пускорегулювальну апаратуру розміщено в окремій шафі.

Для періодичного миття пастеризаторів содовим розчином і водою всі їхні робочі органи, що стикаються з молоком, виконані легкознімними.

Пастеризатори УФО є безнапірними апаратами, і в разі використання насоса для подачі молока останній має комплектуватися запірним клапаном, що забезпечує напір 0,1...5 м водяного стовпа.

Ця установка вигідна тим, що економить електроенергію на тонну продукції майже втричі менше, ніж механічні та в десятки разів, ніж парові й електричні [11].

### 2.3. Обладнання та пристрій систем миття

Найбільш трудомісткими операціями під час виробництва молочних продуктів є миття та дезінфекція технологічного обладнання. Молокопроводів і приміщень, що вимагають великих витрат часу (близько 25%), пари електроенергії, мийних і дезінфікуючих засобів.

На більшості молочних підприємств нині впроваджується безрозбірне миття молокопроводів, танків і технологічного обладнання.

На підприємствах переробки використовують кілька методів миття за допомогою пересувних установок або за допомогою устаткування, встановленого в спеціальному цеху, де відбувається підготовка мийних розчинів, а потім

У сучасних умовах немає проблем із підбором обладнання для виробництва питного пастеризованого молока. Потрібно лише врахувати при підборі продуктивність і займану площу через економічні міркування, оскільки занадто продуктивне обладнання простоюватиме. Потрібно також проводити чіткий аналіз підбору систем мийки, оскільки це є важливою умовою в якості продукції, що випускається.

## РОЗДІЛ 3 КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ

### 3.1 Модернізація молочного блоку

Модернізацію молочного блоку запропоновано з таких міркувань: оскільки економічно ефективно для ферм проводити самостійну обробку молока том упропонуємо установити в лінію обробки частини молока пастеризатор і сепаратор-вершковіддільник для виробництва вершків і пастеризованого молока.

Для розливу молока в поліетиленові пакети застосовуватиметься автомат. Технологічні операції, які виконує автомат: бактерицидна обробка плівки, формування з плівки пакетів, нанесення на плівку дати (до шести знаків), наповнення пакетів продуктом, видалення повітря з пакетів, укладання пакетів у ящики в заданій кількості, відведення наповнених ящиків.

Пастеризатор на потоці здійснює пастеризацію, витримування, охолодження та фільтрацію молока.

Молоко забирається безпосередньо з молокопроводу або з накопичувальної ємності і пастеризується. Подача готового продукту здійснюється за допомогою молочного насоса.

Роторний пастеризатор не потребує для роботи гарячої води або пари, тому не потребує котельень і дорогих електричних котлів-пароутворювачів.

### 3.2 Обґрунтування вибору конструкторської розробки

Суть конструкційної розробки полягає в заміні кулачків у роторі, що передають обертання від вала втулки ротору. Кулачки не зручні під час складання і не ефективні під час експлуатації.

Пропонується замість кулачків встановити у вал-втулку штифт, а в ротор нову втулку під штифт.

Цією модернізацією збільшується термін служби роторного пастеризатора і зменшується час складання.

### 3.3. Проектування технологічного процесу виготовлення деталі - вал-втулка

Вихідні дані:

Робоче креслення деталі

Матеріал – сталь Х18Н9Т

Заготівля – круг діаметром 45 мм, твердість 160 НВ, маса 0,3 кг.

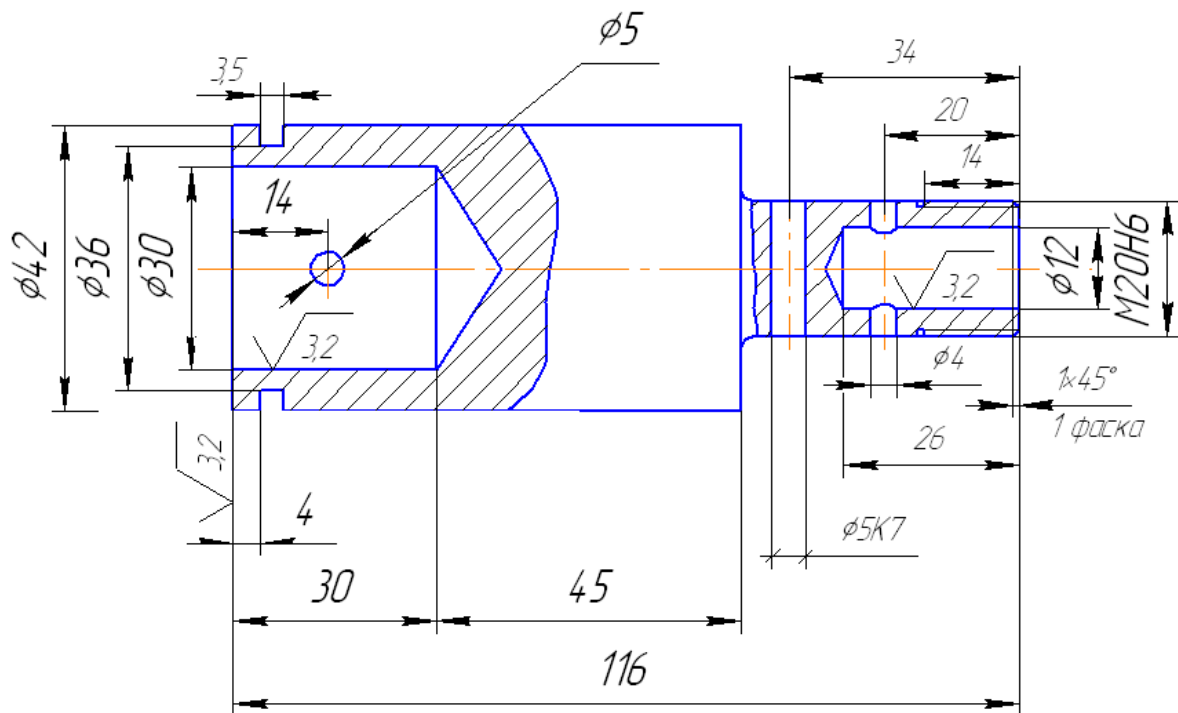


Рис. 3.1. Схема до розрахунку деталі вал-втулка.

Проектування технологічного процесу ведемо стосовно умов ремонтних майстерень, для яких характерний єдиний тип виробництва. В одиничному виробництві, як правило, використовується універсальне обладнання (верстати), універсальний різальний і вимірювальний інструмент.

Проектування починаємо з ретельного вивчення робочого креслення, з'ясування технічних умов та інших вимог до деталі.

Проектування самого технологічного процесу починаємо зі складання його плану, тобто розбивки на відповідні частини – операції.

Цей технологічний процес складається з таких операцій:

- I. Заготівельна, у процесі якої отримують заготовку.
- II. Токарна, необхідна для обробки всіх поверхонь, що мають форму тіла обертання.
- III. Слюсарна, для розмітки місць майбутніх отворів.
- IV. Свердлильна, необхідна для нанесення на деталь отворів різного діаметра.

Після складання плану технологічного процесу складемо план кожної операції.

I. Заготівельна операція виконується на розрізному верстаті моделі 872 М (інструмент: ножівкове полотно Р 9)

1. відрізати заготовку діаметром 45 мм у розмір 120 мм.

II. Токарна операція виконується на токарно-гвинторізному верстаті 1К62 (інструмент: різець відрізний, різець прохідний, різець канавочний, різець правий прохідний відігнутий, різець різьбонарізний) і складається з таких переходів:

1. Встановити заготовку діаметром 45 мм і довжиною 120 у самоцентрувальному патроні і підрізати торець на глибину 2 мм;

2. Обточити заготовку з діаметра 45 до діаметра 42 на довжину 116 мм;

3. Обточити заготовку з діаметра 42 до діаметра 22 на довжину 41мм (чорнове точіння);

4. Обточити заготовку з діаметра 22 до діаметра 20 на довжину 41 (чистове точіння);

5. Проточити канавку на діаметр 42 мм до діаметра 36 мм;

6. Встановити заготовку діаметром 45 мм і довжиною 118 мм у самоцентрувальному патроні і підрізати торець на глибину 2 мм;

7. Свердли́ти отвір діаметром 12 мм на глибину 26 мм;
8. Свердли́ти отвір діаметром 30 мм на глибину 30 мм;
9. Зняти (проточити) фаску  $1 \times 45^\circ$ ;
10. Нарізати різьбу М20 кроком 1.25 на довжину 14 мм.

III. Слюсарна операція, виконується на слюсарному верстаті (інструмент: креслярка) і складається з таких переходів:

1. Встановити заготовку в лещатах і розмітити необхідні позиції
2. Накернити розмічені позиції.

IV. Свердлильна операція виконується на вертикально-свердлильному верстаті 2А125 (інструмент: свердло спіральне Р9).

1. Свердли́ти отвір діаметром 5 мм на прохід;
2. Свердли́ти отвір діаметром 5 мм на прохід;
3. Свердли́ти отвір діаметром 4 мм на прохід.

Після складання плану на кожну операцію необхідно вибрати або розрахувати всі параметри, необхідні для нормування операцій і заповнення технологічних карт.

Це робиться для кожного переходу, кожної операції, у такій послідовності:

1. Вибір допоміжного інструменту;
2. Вибір різального інструменту;
3. Вибір вимірювального інструменту;
4. Визначення розрахункового діаметра  $d$ ;
5. Визначення розрахункової довжини  $l$ ;
6. Визначення глибини різання  $t$ ;
7. Визначення числа проходів  $i$ ;
8. Вибір значення подачі  $s$ ;
9. Вибір швидкості різання  $v$ ;
10. Підрахунок числа обертів шпинделя  $n$ ;
11. Вибір паспортного значення числа обертів шпинделя  $n_n$ ;
12. Уточнене значення швидкості різання  $V$ ;

13. Підрахунок основного часу  $T_o$ ;

14. Вибір допоміжного часу  $T_s$ ;

Як приклад розрахунку і вибору всіх цих параметрів, розглянемо перший перехід другої токарної операції:

1. Допоміжний інструмент не потрібен

2. Ріжучий інструмент - різець підрізний Т15К6

3. Вимірювальний інструмент - штангенциркуль ШЦ-1

4. Розрахунковий діаметр  $D=45$  мм (заготовки)

5. Розрахункову довжину оброблюваної поверхні при підрізання торців

$$l_p = \frac{d}{2} \quad (3.1)$$

$$l_p = \frac{45}{2} = 22,5 \text{ мм}$$

6. Глибину різання приймаємо 2 мм,

7. Весь припуск знімаємо за один прохід ( $i=1$ )

8. Вибір значення подачі. При підрізуванні торців подачу вибирають за [13 стор. 64 табл. 21] для діаметра оброблюваної поверхні не більше 100 мм і характеру обробки 4 - 6-й класи шорсткості ( $Ra$  6,3)  $S = 0,25 - 0,35$  мм/об приймаємо паспортне значення подачі  $S = 0,34$  мм/об.

9. Швидкість різання під час підрізання (поперечного точіння) для різця Т15К6 без охолодження вибирають за [13 стор 62 табл. 22] для глибини різання не більше ніж 4 мм і подачі не більше ніж 0,38 мм/об, табличне значення швидкості різання  $V_m = 172$  м/хв.

10. Підрахунок числа обертів шпинделя  $n$ .

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_p} \quad (3.2)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 172}{3,14 \cdot 45} = 1217,3 \text{ об/хв.}$$

11. Вибір паспортного значення числа обертів шпинделя  $n_n$ . Вибираємо найближче менше з ряду паспортних значень  $n_n = 1000$  об/хв.

12. Уточнене значення швидкості різання  $v$ .

$$V = \frac{\pi \cdot d_p \cdot n_n}{1000} \quad (3.3)$$

$$V = \frac{3.14 \cdot 45 \cdot 1000}{1000} = 141,3 \text{ м/хв}$$

Уточнене значення швидкості різання не перевищує розрахункове.

13. Підрахунок основного часу  $T_o$ :

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n_n \cdot s} \quad (3.4)$$

$L$  – розрахункова довжина оброблюваної поверхні з урахуванням врізання і перебігу

$$L = l_{(p)} + l1 + l2 + l3 \quad (3.5)$$

$$l1 = l - ctg \varphi ; l2 = 1 \div 3 \text{ мм} ; l3 = 2 \div 5 \text{ мм}$$

$$y = l1 + l2 + l3 \quad (3.6)$$

$y$  – величина врізання і перебігу, вибирається за [13 стор 74 табл 38], для прохідних, підрізних і розточувальних різців за глибини різання не більше ніж 3 мм  $y = 5$  мм,

$$L = 22,5 + 2 + 3 = 27,5 \text{ мм}$$

$$T_o = \frac{27,5 \cdot 1}{1000 \cdot 0,34} = 0,81 \text{ хв.}$$

14. Вибір допоміжного часу  $T_e$ :

Допоміжний час, пов'язаний із проходом, визначається за [13 стор 77 табл 44], для підрізання або відрізання на верстатах із висотою центрів 200 мм  $T_e = 0,2$  хв.

Основний час для решти операцій розраховується аналогічно за формулою 7.4 з урахуванням призначеної довжини точіння і розточування, узгоджених з робочим кресленням деталі.

Аналогічно вибираються параметри для всіх переходів і заносяться в графі технологічної карти.

Норму часу на виготовлення деталі визначаємо за формулою:

$$T_H = T_{шт} + \frac{T_{п.з.}}{n_{шт}}, \text{ хв} \quad (3.7)$$

де  $T_{шт}$  – штучний час, хв;

$T_{п.з.}$  – підготовчо-заклучний час, хв;

$n_{шт}$  – кількість деталей у партії, шт.

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{доп}, \text{ хв} \quad (3.8)$$

де  $T_{оп}$  – час операції, хв

$$T_{оп} = T_o + T_ε, \text{ хв} \quad (3.9)$$

Час заготівельної та токарної операції:

$$T_o^{зн} = 1,8 \text{ хв}$$

$$T_ε^{заг} = 0,85 \text{ хв}$$

$$T_{оп}^{заг} = 1,8 + 0,85 = 1,65 \text{ хв}$$

$$T_o^{ток} = 0,81 + 1,52 + 0,19 + 0,7 + 0,45 + 0,81 + 0,19 + 0,47 + 0,28 + 2,93 \\ = 8,35 \text{ хв}$$

$$T_B^{ток} = 0,2 + 0,5 + 0,5 + 0,5 + 0,5 + 0,2 + 0,09 + 0,07 + 0,9 = 4,36 \text{ хв}$$

$$T_{оп}^{ТОК} = 8,35 + 4,36 = 12,71 \text{ хв}$$

$$T_{п.з.} = 10 \text{ хв}$$

Час слюсарної операції:

$$T_o^{сл} = 1,5 + 0,5 = 2 \text{ хв}$$

$$T_ε^{сл} = 0,5 + 0,3 = 0,8 \text{ хв}$$

$$T_{оп} = 2 + 0,8 = 2,08 \text{ хв}$$

$$T_{п.з.}^{сл} = 3 \text{ хв}$$

Час свердлильної операції:

$$T_o^{св} = 1,39 + 0,79 + 0,79 = 2,97 \text{ хв}$$

$$T_ε^{св} = 0,9 + 0,9 + 0,9 = 0,27 \text{ хв}$$

$$T_{оп} = 2,97 + 0,27 = 3,24 \text{ хв}$$

$$T_{п.з.}^{св} = 2 \text{ хв}$$

Повна норма часу на виготовлення деталі:

$$T_H = 12,71 + 2,08 + 3,24 + 10 + 3 + 2 = 33,03 \text{ хв.}$$

### 3.4. Розрахунок штифта на зріз

Вихідні дані:

Потужність електродвигуна,  $N=5,5$  кВт.

Число обертів електродвигуна,  $n=3000$  об/хв.

Діаметр вала  $d_v=20$  мм.

Діаметр штифта  $d=20$  мм.

Визначимо крутний момент електродвигуна:

$$M_{KP} = 9550 \frac{N}{n}, \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (3.10)$$

$$M_{KP} = 9550 \frac{5,5}{3000} = 17,5 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Визначимо зусилля зрізу  $P$ :

$$P = \frac{M_{KP}}{d_g} \quad (3.11)$$

$$P = \frac{17,5}{0,02} = 875 \text{ Н}$$

Визначаємо допустиме зусилля зрізу  $[\tau_{зр}]$ :

$$\tau_{cp} = \frac{4P}{\pi \cdot d^2}, \text{ МПа} \quad (3.12)$$

де  $d$  – діаметр штифта, мм

$$\tau_{cp} = \frac{4 \cdot 875}{3,14 \cdot 0,000025} = 44,58 \text{ МПа}$$

$\tau_{зр} < [\tau_{зр}]$  (сталь 45, ТВЧ) [1, 61-66].

Зусилля допустиме для цих умов.

## РОЗДІЛ 4

### ОПИС РОБОТИ ОБРАНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ І ПАСТЕРИЗАЦІЙНО-ОХОЛОДЖУВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

#### 4.1 Опис роботи запропонованої технологічної схеми в молочному блоці

Приймання молока здійснюється з доїльних установок насосом 3. Молоко проходить через обліковувач молока 1 і повітророзділювач 2, де відділяється вакуум. Молоко проходить через сітчастий фільтр.

Під час ранкового та вечірнього доїння молоко проходить очищення за допомогою сепаратора-очищувача 12 і за допомогою насоса 13 надходить на зберігання до резервуару охолоджувача, де охолоджується до 4 °С.

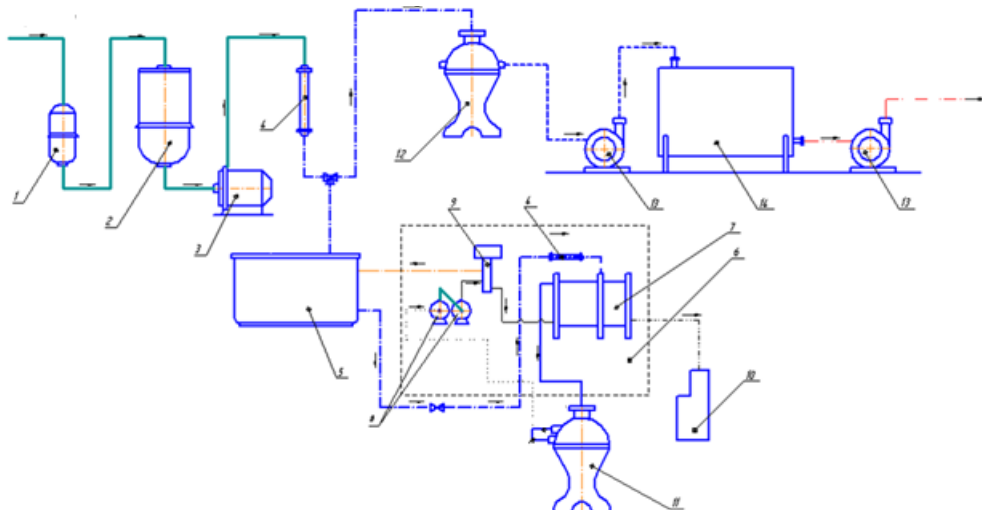


Рис. 4.1 Пропонована технологічна схема молочного блоку: 1 – лічильник групового надою молока; 2 – повітророздільник для розділення вакууму і молока; 3 – насос молочний; 4 – фільтр; 5 – резервуар для тимчасового зберігання молока; 6 – пастеризаційно-охолоджувальна установка; 7 – рекуператор-охолоджувач; 8 – нагрівач роторний; 9 – клапан перепускний; 10-автомат фасувальний; 11 – сепаратор-зливковідокремлювач; 12 – сепаратор-очищувач; 13 – насос лопатевий відцентровий; 14 – резервуар-охолоджувач.

Молоко, відправлене на пастеризацію, закачується в резервуар для

тимчасового зберігання 5, далі молоко підігрівається в секції рекуперації рекуператора охолоджувача 7 для надання молока "м'якості", після чого молоко проходить нормалізацію в потоці за допомогою сепаратора вершковідокремлювача та потім пастеризується на пастеризаторі у два ступені: I ступінь на першому роторі 8, де відбувається підігрівання до 60-65°C, II ступінь - на другому роторі 8, де молоко нагрівається до температури пастеризації.

Після пастеризації молоко надходить до секції рекуперації рекуператора-охолоджувача, де молоко, охолоджуючись, підігріває сире молоко і надходить до секції повного охолодження до температури зберігання 8°C.

Охолоджене молоко прямує на пакування в пакети об'ємом від 0,5 до 1 літра. Пакування проводять на фасувальному автоматі.

#### **4.2 Опис роботи універсальної установки для пастеризації молока**

Пастеризаційна установка ПМР 0,2-ВТ призначена для пастеризації, витримки, фільтрації та охолодження молока в закритому потоці.

Пастеризаційна установка може використовуватися для пастеризації соків, пива, вина та інших харчових продуктів.

Пастеризаційна установка ПМР 0,2-ВТ використовується для теплової обробки молока з метою припинення життєдіяльності хвороботворних форм бактерій, таких як: бактерій тифу, туберкульозу, кишкової палички, бруцельозу і теплостійких мікрококів.

У лінії, як перед пастеризатором, так і після нього, не потрібно проводити гомогенізацію молока у зв'язку з тим, що під час обертання ротора відбувається тертя частинок молока об ротор і нерухому передню та задню кришку [див. графічну частину].

Установка ПМР-0,2-ВТ [див. графічну частину] складається з таких основних вузлів: роторного нагрівача молока з електродвигуном, рекуператора-

охолоджувача, перепускного клапана, молокоприймального бака, регулювального крана, пульта керування, рами, витримувача, фільтра, комплекту шлангів та арматури, молочного насоса і сепаратора (у режимі нормалізації або сепарування).

Роторний нагрівач складається з корпусу, консольно закріпленого на фланці електродвигуна, ротора, що має з обох торцевих поверхонь ковшоподібні осередки, до яких підводять рідину через канали, з'єднані центральним розточуванням вала ротора.

Усередині корпусу розташовані задня кришка, кільце і передня кришка, що утворюють робочу проточну камеру нагрівача. Ущільнення камери забезпечується гумовими кільцями кришок, торцевим графітовим наповненням, встановленим з боку задньої кришки і гумовими кільцями патрубків. Передня кришка кріпиться до корпусу гвинтами і створює необхідний натиск на кільцях ущільнювачів.

Усередині поверхні кришок з боку ротора також є ковшоподібні комірки, що утворюють нерухомі порожнини.

На кінці вала електродвигуна насаджений вал нагрівача і закріплений за допомогою стопорного гвинта. Вал має посадкове місце зі штифтом для ротора, закріпленого на валу гайкою. Носок вала виконаний порожнистим з метою підведення рідини до ротора.

Рідина, що надходить через вхідний патрубок у внутрішню порожнину вала, отвір у валу та канали, потрапляє до комірок ротора. Поглинена рідиною енергія обертання ротора перетворюється на тепло. Рідина нагрівається.

Рекуператор-охолоджувач молока складається зі станини, яка закріплена на рамі. Плита проміжна ділить апарат на секції рекуперації та охолодження. Пакети пластин стискаються за допомогою суміжних шпильок і натискної плити.

Перепускний клапан призначений для повернення молока в систему рекуперації при зниженні температури пастеризації на 2 °C нижче заданої.

Молокоприймальний бак призначено для накопичення молока перед пастеризацією та його подачі за допомогою молочного насоса НМУ-6 в систему. У разі падіння рівня молока нижче заданого за допомогою датчика нижнього рівня вмикається сигналізація. Для запобігання переповнення є поплавков-клапан для вимкнення подачі молока.

Витримувач призначений для витримування в ньому нагрітого до температури пастеризації молока в потоці протягом 15...20 секунд для завершення бактерицидної дії температури. Він виконаний із фторопластового циліндра. Рідина всередині руху по гвинту, що забезпечує необхідну витримку.

Фільтр очищення молока призначений для відділення з молока механічних домішок розміром не менше ніж 40 мкм. Складається з корпусу, каркаса, фільтрувального елемента з нетканого матеріалу. Фільтр встановлюють після насоса перед сепаратором-очищувачем.

Регулювальний кран призначений для регулювання продуктивності пастеризованого молока. Регулювання здійснюється вручну. Пульти керування призначений для автоматичного керування процесом пастеризації молока і захисту роботи установки від аварійних режимів.

Рама призначена для кріплення основних вузлів установки. Має конструкцію, виконану з профільної сталі [див. графічну частину].

Комплект трубопроводів і арматури призначений для направлення руху молока з метою забезпечення технологічного процесу обробки молока на установці [9, 486...488].

Основні вузли установки розташовуються на рамі відповідно до графічної частини.

Монтаж проводять у такій послідовності:

- 1) Встановити раму на підлогу приміщення, за допомогою підкладок відрегулювати за рівнем;
- 2) Встановити на раму нагрівач із двигуном і молочний насос. Закріпити їх болтами до плити;

- 3) Закріпити за допомогою консолей витримувач на суміжних шпильках рекуператора-охолоджувача (з боку рекуператора);
- 4) Встановити на раму рекуператор-охолоджувач у зборі з витримувачем, манометром і регулювальним краном;
- 5) Встановити на раму молокоприймальний бак у зборі з трійником і перепускним клапаном;
- 6) Закріпити на стінці приміщення пульт управління з урахуванням зручності розведення кабелю до електрообладнання установки і вільного підходу до нього;
- 7) Трубопроводи з'єднати за допомогою різьбових з'єднань через гумові ущільнення, а гнучкі шланги закріпити хомутами на штуцерах;
- 8) Встановити фільтр між насосом і секцією рекуперації охолоджувача;
- 9) Заземлити пульт і електродвигуни.

### **4.3 Порядок роботи**

Перед пуском установки необхідно залити в молокоприймальний бак мийний розчин до рівня сплившого поплавка, шланг виходу молока з установки опустити в молокоприймальний бак, пульт увімкнути на ручний режим управління, встановити перепускний клапан у верхнє положення. Відкрити кран бака. Увімкнути електродвигун нагрівача і молочного насоса.

При цьому здійснюється циркуляційне миття протягом 30 хвилин і нагрівання мийного розчину до температури 90 °С. Після завершення циклу промивання мийний розчин зливається в каналізацію, а в молокоприймальний бак подається тепла вода для ополіскування установки протягом 7...10 хвилин. Потім у молокоприймальний бак подається тепла вода, і її температура доводиться до температури пастеризації по замкнутій системі циркуляції, після чого гарячу воду направляють на злив. Перемикач режимів встановлюють на автоматичне керування. Стежать за зниженням рівня в молокоприймачі до

сигналізатора рівня, потім подають молоко, яке витісняє воду з трубопроводів у каналізацію. Після витіснення води шланг спрямовують у ємність для збору та зберігання молока. У секцію охолодження рекуператора-охолоджувача подають холодоагент. Температура пастеризації молока записується на діаграмі та підтримується протягом  $76\pm 2^{\circ}\text{C}$ . Вихід на режим пастеризації здійснюється зміною витрати рідини за допомогою регулювального крана.

#### **4.4 Миття установки**

Після ополіскування установки протягом 5...7 хвилин направити шланг у молокоприймач, залити лужний розчин. Перемикач режимів установити на ручне керування, перемикач перепускного клапана на випуск розчину з установки, увімкнути електродвигун нагрівача і молочного насоса.

Тривалість миття 30 хвилин.

Порядок обробки установки лужним і кислотним розчином:

- 1) Звільнити систему від молока шляхом пропускання водопровідної води протягом 5 хвилин;
- 2) Промити установку лужним розчином температурою  $90^{\circ}\text{C}$  протягом 10 хвилин;
- 3) Обполоснути водопровідною водою п'ять хвилин;
- 4) Промити кислотою температурою  $+60^{\circ}\text{C}$  протягом 10 хвилин;
- 5) Обполоснути водопровідною водою протягом 5 хвилин.

Рекомендовані мийні розчини вказані на графічній частині.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі оптимізовано роботу молочного блоку ферми великої рогатої худоби. Запропонована модернізація роторної пастеризаційно-охолоджувальної установки забезпечує стійкий та рівномірний потік продукту через зону нагріву й охолодження, що сприяє досягненню закладених технологічних параметрів з меншими коливаннями температури. Така стабілізація режиму обробки молока підвищує відтворюваність процесу та мінімізує ймовірність руйнування корисних компонентів білкового комплексу.

Впровадження оптимізованої схеми теплообміну зі збільшеною площею контактних поверхонь теплообмінників дозволило скоротити час нагріву до 72 °C на 15 % і час охолодження до 4 °C на 20 %. Це, у свою чергу, призвело до зниження питомих енергетичних витрат на 12 % за рахунок більш ефективного використання пари й холодоагенту. У результаті економічний ефект від впровадження модернізації оцінено у вигляді щомісячної економії витрат на енергоносії та зменшення амортизаційних відрахувань за рахунок підвищеної продуктивності установки. Крім технічних переваг, модернізація позитивно вплинула на якість кінцевого продукту.

Подальші дослідження варто спрямувати на інтеграцію інтелектуальних алгоритмів прогнозування плинності сировини та її термічної поведінки з урахуванням індивідуальних характеристик корів у стаді.

Таким чином, виконана робота демонструє інтегрований підхід до вдосконалення технологічного процесу переробки молока на фермах ВРХ, поєднуючи технічні інновації, енергоефективність та забезпечення високих стандартів якості продукції. Запропоновані рішення можуть бути застосовані як у реконструкції існуючих молочних блоків, так і в проєктуванні нових об'єктів, сприяючи підвищенню конкурентоспроможності вітчизняного молокопереробного сектору.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білоус В. С. Машини та апарати молочної промисловості: підручник. Київ: Урожай, 2012. 448 с.
2. Гнатюк М. І. Технологія переробки молока: навч. посібник. Львів: Світ, 2015. 312 с.
3. Демченко О. П. Роторні пастеризаційні установки: конструкція та принцип дії. Кіровоград: Імекс-ЛТД, 2014. 256 с.
4. Жуковська Л. В. Системи холодопостачання в молочній промисловості. Київ: Логос, 2016. 304 с.
5. Іваненко Ю. Ф. Теплообмінні апарати: розрахунок і проектування. Київ: Вища школа, 2013. 400 с.
6. Клименко С. М. Автоматизація технологічних процесів молокопереробних підприємств. Харків: НТУ «ХП», 2018. 272 с.
7. Борак К. В., Куликівський В. Л. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів. Ч. 1: Теоретичні основи матеріалознавства : навч. посіб. Житомир : Поліський нац. ун-т, 2024. 101 с.
8. Корнієнко В. А. Енергозбереження в харчовій промисловості. Київ: Наук. думка, 2017. 336 с.
9. Котлярова І. М. Якість молока та методи контролю. Одеса: ОНУ, 2014. 198 с.
10. Литвиненко О. О. Проектування молочного блоку ферми. Житомир: ЖАТК, 2019. 224 с.
11. Мельник П. І. Термінологічний словник молочної промисловості: довідник. Київ: Альтернативна Книга, 2015. 160 с.
12. Назарчук Т. В. Інтенсифікація процесів пастеризації. Черкаси: ЧДТУ, 2020. 144 с.
13. Петренко А. В. Режими пастеризації молока: параметри та вплив на якість. Дніпро: ДНУ, 2016. 212 с.

14. Попов С. Р. Гідродинаміка роторних установок. Київ: КНЕУ, 2013. 288 с.
15. Савченко О. М. Холодоагенти та їх застосування в молочній промисловості. Львів: ЛАЕУ, 2017. 176 с.
16. Сидоренко В. І. Модернізація обладнання харчових виробництв. Київ: Центр учбової літератури, 2018. 320 с.
17. Хоружий І. А. Розрахунок енерговитрат у молочній технології. Львів: ЛТЕУ, 2018. 208 с.
18. Чорний Г. В. Контроль мікробіологічної безпеки молока. Одеса: ОНУ, 2017. 160 с.
19. Шевчук В. Д. Інноваційні технології в молокопереробці. Київ: Академвидав, 2020. 240 с.
20. Zadow J., Müller F. Rotor Pasteurizer Design and Performance. Berlin: Springer, 2011. 312 p.
21. Kalichev G. Energy Efficiency in Dairy Plants. London: Elsevier, 2013. 280 p.
22. López M., García R. Advances in Milk Pasteurization Technologies. Madrid: Ediciones Técnica, 2018. 200 p.