

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Механіко-технологічний факультет**

УДК 631.3:637.03

**ПОГОДЖЕНО**  
Декан механіко-технологічного  
факультету

\_\_\_\_\_ Братішко В.В.  
(підпис) (ПІБ)

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**  
Завідувач кафедри  
кафедра охорони праці та біотехнічних  
систем у тваринництві

\_\_\_\_\_ Хмельовський В.С.  
(підпис) (ПІБ)

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему

**Комплексна механізація МТФ з дослідженням  
пастеризаційної установки**

Спеціальність – 208 «Агроінженерія»  
Освітня програма – Агроінженерія  
Орієнтація освітньої програми – освітньо-професійна

**Гарант освітньої програми**

д.т.н., професор.  
(науковий ступінь та вчене звання)

\_\_\_\_\_ Братішко Вячеслав Вячеславович  
(підпис) (ПІБ)

**Керівник магістерської роботи**

к.т.н., доцент  
(науковий ступінь та вчене звання)

\_\_\_\_\_ Потапова Світлана Євгеніївна  
(підпис) (ПІБ)

**Виконав**

.....(підпис) \_\_\_\_\_ Прилуцький Олексій Володимирович  
(ПІБ студента)

**КИЇВ – 2024**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Механіко-технологічний факультет**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри**

кафедра охорони праці та біотехнічних  
систем у тваринництві

д.т.н., проф. \_\_\_\_\_ Хмельовський В.С.  
(підпис) (ПІБ)

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 р.

**З А В Д А Н Н Я**

**на виконання магістерської кваліфікаційної роботи студенту**

Прилуцькому Олексію Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність – 208 «Агроінженерія»

Освітня програма – Агроінженерія

Орієнтація освітньої програми – освітньо-професійна

Тема магістерської роботи: Комплексна механізація МТФ з дослідженням пастеризаційної  
установки

затверджена наказом ректора НУБіП України від “07” грудня 2023 р. № 2223 « С»

Термін подання завершеної роботи (проекту) на кафедру \_\_\_\_\_  
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської роботи

\_\_\_\_\_

Перелік питань, які потрібно розробити:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Перелік графічних документів (за потреби) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Дата видачі завдання “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Керівник магістерської кваліфікаційної роботи** \_\_\_\_\_ С.Є. Потапова  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

**Завдання прийняв до виконання** \_\_\_\_\_ О.В. Прилуцький  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Магістерська робота на тему: Комплексна механізація МТФ з дослідженням пастеризаційної установки

**Мета роботи** – підвищення якості молока на МТФ за рахунок комплексної механізації, і зокрема, завдяки використанню удосконаленої пастеризаційної установки для молока.

**Об'єкт дослідження** – пастеризаційна установка для молока, оснащена гідродинамічним нагрівачем.

**Предмет досліджень** – встановлення закономірностей впливу параметрів установки на ефективність процесу пастеризації.

У роботі коротко охарактеризоване господарство, проведений огляд інформаційних джерел. Проаналізовані існуючі технології виробництва молока в господарствах та запропоновано комплексне рішення для механізації виробництва молока. Запропонована удосконалена установка для пастеризації молока, а також та проведено дослідження процесу пастеризації. Розроблено заходи з охорони праці та безпеки процесу виробництва молока на молочно-товарній фермі.

**Ключові слова:** комплексна механізація МТФ, пастеризаційна установка, гідродинамічний нагрівач.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b>	6
<b>1 . ВИРОБНИЧО-ЕКОНОМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТОВ «КИРИЛІВСЬКЕ»</b>	9
1.1. Загальна характеристика господарства	9
1.2. Характеристика галузі тваринництва	10
1.2.1. Існуюча технологія виробництва молока	10
1.2.2. Загальний план ферми	11
1.2.3. Кормова база і добові раціони годівлі тварин	13
1.3. Обґрунтування теми роботи	14
<b>2. 2. КОМПЛЕКСНА МЕХАНІЗАЦІЯ МОЛОЧНО-ТОВАРНОЇ ФЕРМИ</b>	16
2.1. Технологія та обладнання для утримання корів на фермі	16
2.2. Розрахунок кількості засобів для механізації процесу водопостачання	18
2.3. Розрахунок кількості засобів механізації процесу прибирання гною	22
2.4. Розрахунок кількості засобів для механізації процесу приготування кормів	24
2.5. Розрахунок кількості засобів для процесу роздавання кормів	28
2.6. Вибір та визначення кількості засобів для механізації процесу доїння	32
2.7. Вибір та визначення кількості засобів для механізації процесу первинної обробки молока	36
<b>3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПАСТЕРИЗАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ З ГІДРОДИНАМІЧНИМ НАГРІВАЧЕМ</b>	37
3.1. Аналіз існуючих технологій пастеризації молока	

- 3.2. Огляд конструкцій пастеризаційних установок
- 3.3. Пастеризаційні установки на основі ГДН
- 3.5. Дослідження пастеризаційної установки з ГДН

#### **4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА**

52

#### **5. ОХОРОНА ПРАЦІ**

ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ДЖЕРЕЛ

## ВСТУП

Пастеризація – це процес теплової обробки молока, під час якого його нагрівають до певної температури протягом певного часу, а потім швидко охолоджують. Цей процес був розроблений французьким мікробіологом Луї Пастером і названий на його честь.

Знищення шкідливих мікроорганізмів: Пастеризація вбиває більшість шкідливих бактерій, таких як сальмонела, лістерія та інші, які можуть спричинити харчові отруєння.

Збільшення терміну зберігання: Завдяки знищенню значної частини мікроорганізмів, пастеризоване молоко може зберігатися довше без псування.

Поліпшення безпеки: Пастеризація робить молоко безпечнішим для споживання, особливо для людей з ослабленим імунітетом, таких як діти, вагітні жінки та люди похилого віку.

Існує кілька методів пастеризації, але найпоширенішими є:

Класична пастеризація: Молоко нагрівають до 63-72°C протягом 30 хвилин.

Високотемпературна короткочасна пастеризація (HTST): Молоко нагрівають до 72-75°C протягом 15-20 секунд.

Обидва методи ефективно знищують більшість шкідливих бактерій, але HTST дозволяє зберегти більше корисних речовин у молоці.

Крім пастеризації, існує ще один метод обробки молока – ультрапастеризація. При цьому молоку надають температури 130-140°C протягом 1-2 секунд. Ультрапастеризоване молоко може зберігатися довше без холодильника, але воно має дещо інший смак і аромат порівняно зі звичайним пастеризованим молоком.

Під час пастеризації відбувається деяка втрата вітамінів і мінералів, але більшість корисних речовин зберігається. Сучасні технології дозволяють мінімізувати втрати поживних речовин.

Незважаючи на те, що пастеризація робить молоко безпечнішим, все ж таки рекомендується зберігати його в холодильнику і споживати в рекомендовані терміни.

Отже, пастеризація – це важливий процес, який дозволяє зробити молоко безпечним для споживання і продовжити його термін зберігання. Вона є невід'ємною частиною сучасного молочного виробництва.

Існуюче пастеризаційне обладнання для прямого нагріву, в тому числі гідродинамічних нагрівачів (ГДН), має багато очевидних недоліків. Це недосконалість технології підігріву, нерівномірний вплив на молоко, збільшена дія на молочний шар, причому значна кількість тепла втрачається в навколишнє середовище.

Таким чином, дослідження, спрямовані на обґрунтування робочого процесу та основних параметрів пастеризаційної установки, яка діє за рахунок гідродинамічного впливу, є цілком актуальними.

# **1. ВИРОБНИЧО-ЕКОНОМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТОВ «КИРИЛІВСЬКЕ»**

## **1.1 Загальна характеристика господарства**

ТОВ «Кирилівське» розташоване в центрі Черкаської області. Природно-кліматичні умови є сприятливими для галузі рослинництва. В цілому клімат можна охарактеризувати як помірно-теплий, середня кількість опадів становить 450 мм, а середньорічна температура +9°C. Середній рівень промерзання ґрунтів – на глибину до 70 см [36].

Основні типи ґрунтів дерновоопідзолені з низьким вмістом гумусу (2%), гідролітична кислотність 2,6. Вміст фосфору і калію на 100 г ґрунту не більше ніж 100 мг; сірі опідзолені ґрунти також бідні за своїм фізико-хімічним складом. При внесенні калійних добрив такі ґрунти дають високі врожаї кормових культур [26].

Урожайність зернових складає 26-32 ц/га, кукурудзи на силос – 310-360 ц/га, коренеплодів – 500-600 ц/га. Надій на корову складає більше 9000 кг, а середньодобовий приріст мас ВРХ – 550-600 г.

В зв'язку з умовами військового стану господарство опинилось в складному становищі. Не вистачає коштів на придбання мінеральних добрив, засобів захисту рослин, паливо-мастильних матеріалів та сільськогосподарської техніки, що призвело до зниження врожайності сільськогосподарських культур та продуктивності тварин.

ТОВ «Кирилівське» спеціалізується на виробництві зернових, молока та м'яса .

## **1.2. Характеристика галузі тваринництва**

### **1.2.1 Існуюча технологія виробництва молока**

Основний напрямок тваринництва господарства це молочне скотарство. Всього на фермі налічується 265 голів ВРХ, з них 200 дійних корів, 50

сухостійних і 12 нетелів. Середньорічний надій на корову становить 9000 кг [36].

Таблиця 1.1.

Структура поголів'я

Вид тварин	Кількість голів
Корови дійні	200
Корови сухостійні	50
Нетелі	15
ВСЬОГО	265

В зимовий період дійні корови утримуються в корівнику, влітку на вигульному майданчику. Для утримання тварин застосовують боксове обладнання. Для підстилки в господарстві застосовують деревну тирсу. Підстилковий матеріал розкидають за допомогою установки "Верті-Мікс" 12 С-Турбо ("БВЛ" Німеччина).

Для напування корів використовують групові поплавкові напувалки

Прибирання гною в корівнику та видалення його за межі приміщення забезпечується скреперною установкою.

Для приготування і роздавання кормів використовують змішувач-роздавач фірми "БВЛ". Для приготування комбікормів використовують комбікормовий агрегат АК-2М.

Доїння здійснюється у доїльному залі (рис 1.1). Для цього використовують доїльну установку «Паралель». Доїння здійснюється в молокопровід Для цього використовують двотактні доїльні апарати фірми «ДеЛаваль», що підключають до вакуум проводу доїльної установки. З молокозбірника молоко подається на фільтрування. Після цього молочним насосом молоко перекачується в танк-охолодник фірми Міллер де воно охолоджується та зберігається в охолодженому стані до моменту відправки на молокопереробний завод.

### 1.2.2 Загальний план ферми

Територія ферми поділена на різні ділянки. Розрізняють виробничі (кормові приміщення, доїльні) і допоміжні (кормові склади, гаражі, приміщення для зберігання обладнання, ваги) і господарські будівлі. Одночасно розташована основна виробнича площадка. Усі необхідні ветеринарні перерви та пожежі в зоопарку виконано. Тваринницькі приміщення включають водо-, тепло-, енергопостачання та каналізацію, внутрішні дороги та тверді доріжки та огорожі. Зелені насадження (дерева і кущі) висаджують по периметру ферми, у ветеринарній зоні, уздовж доріг і між окремими будівлями, які повинні бути ізольовані від загальної території. Вони стабілізують і покращують мікроклімат і створюють вітровий і сніговий бар'єр.

До складу господарства входять наступні приміщення: хлів для телят, два хліви на 100 корів, відгодівельний хлів, зерновий склад, гараж, сіно склад, витяжний канал, тваринницьке приміщення для відгодівлі молодняку, вигульний майданчик, сільськогосподарське обладнання, зерносховища, водонапірні башти, вагові станції, пункти огляду, сміттєзбірники, майданчики для обладнання, ветеринарно-санітарні станції.

На тваринницьких фабрика забезпечується безперебійність виробничого процесу з мінімальним потоком матеріалів (харчування, гною тощо) та переміщенням худоби.

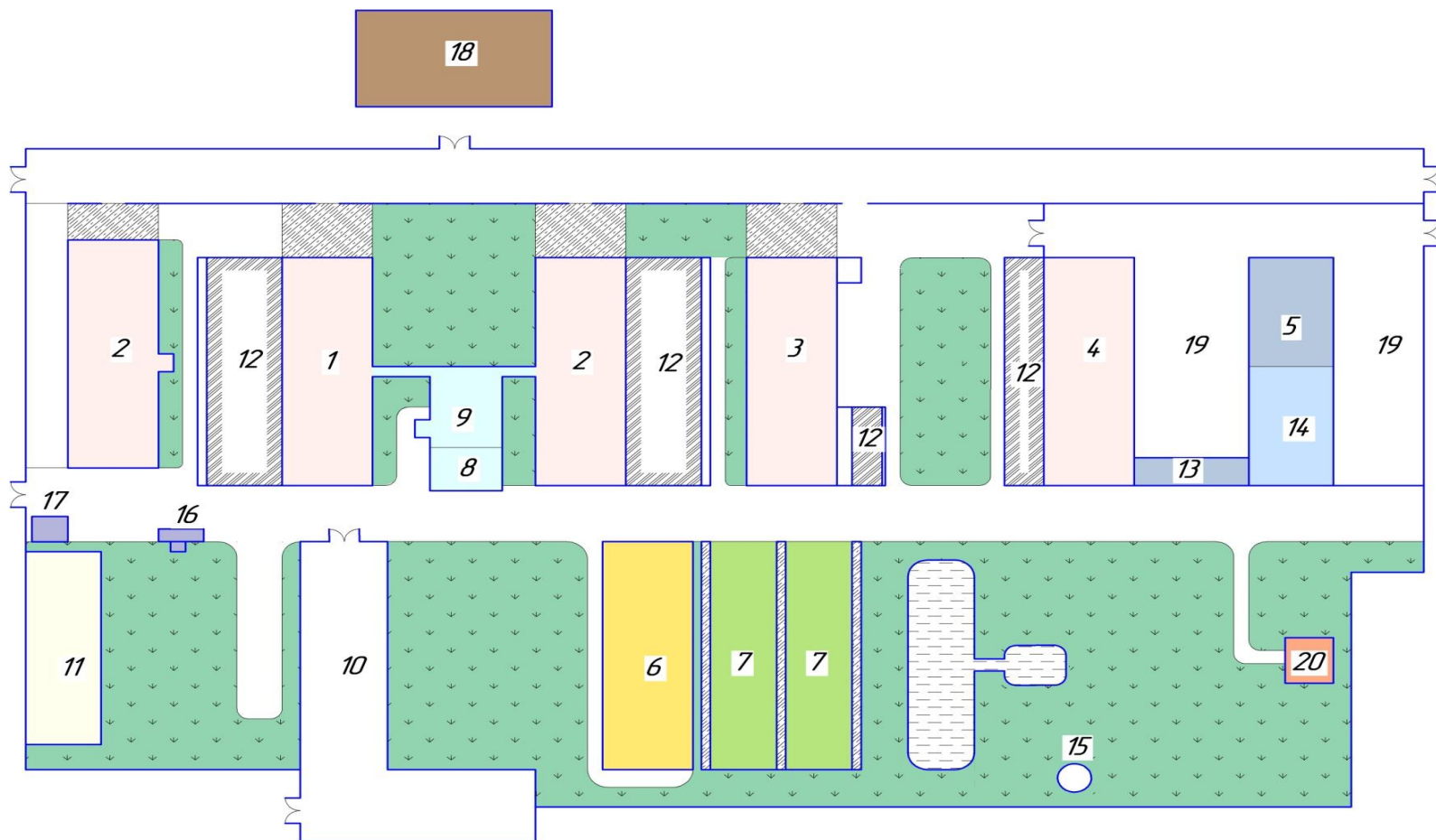


Рис. 1.1. Генеральний план: 1 - телятник, 2 - корівник, 3 - відгодівельник, 4-зерносховище, 5-гараж, 6-сховище сіна, 7- траншеї для силосу, 8 – молочне відділення, 9 – доїльний зал, 10, 19 – майданчики для с.г. техніки, 11 – будинок для персоналу, 12 - вигульні майданчики, 13 - навіс для с.г. обладнання, 14 - кормоцех, 15 - водонапірна башта, 16 - автоваги, 17 – контрольно-пропускний пункт 18 – гноєсховище, 20 – ветеринарно-санітарний пункт.

На всіх в'їзних шляхах на територію ферми влаштований дезінфекційний бар'єр. Корівник розрахований на 200 голів. Спосіб утримання - безприв'язний. Бокси для відпочинку тварин розміщені паралельними рядами, по 50 тварин в ряду. Кожне обладнане гумовим килимком, боковими роздільниками. Кормові проходи мають ширину, достатню для використання мобільних кормороздавачів.

### 1.2.3 Кормова база і добові раціони годівлі тварин

В структурі собівартості тваринницької продукції найбільшу питому вагу займають корми. Їх доля коливається може становити 70% і більше.

Раціони годівлі корів та добові норми годівлі показані у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2.

Раціони годівлі корів

Поголів'я тварин	Види кормів					Всього
	комбікорм, кг	сіно, кг	силос, кг	сінаж, кг	солома, кг	
Корови дійні	7	6	23	10	3	59
Корови сухостійні	4	6	21	10	2	52
Нетелі	3,5	5	20	9	1	36,5

Основу раціону для корів становлять стеблові корми –соковиті та грубі, а саме: силос, сінаж сіно та солома. Енергетична цінність раціону балансується за допомогою комбікормів.

Влітку до раціону годівлі додають зелену масу, яку підводять з поля, засіяного кормовими культурами. Окрім цього корів можуть випасають на прилеглих пасовищах.

#### 1.2.4 Стан механізації основних виробничих процесів тваринництва

На тваринницькій фермі господарства ТОВ «Кирилівське» механізовані наступні технологічні процеси:

- водопостачання та напування тварин;
- приготування комбікормів;
- приготування та роздавання кормосуміші;
- доїння корів;
- первинна обробка та тимчасове зберігання молока;
- внесення підстилки;
- видалення гною з тваринницьких приміщень.

Для виконання цих процесів використовують машини та обладнання, зазначені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3

##### Наявні засоби механізації технологічних процесів

Процес	Існуючі засоби механізації
Напування	Напувалки з поплавковим регулятором рівня води
Приготування комбікормів	АК-2М
Приготування та роздавання кормів	"БВЛ"
Доїння корів	Доїльна установка «Паралель»
Внесення підстилки	"Верті-Мікс" 12 С-Турбо
Прибирання та видалення гною	Скреперна установка
Первинна обробка молока	Танк-охолодник Міллер

### **1.3 Обґрунтування теми роботи**

На основі аналізу господарської діяльності ферми товариства з обмеженою відповідальністю «Кирилівське» можна зробити висновок, що господарство має розвинене тваринництво, а його основним видом діяльності є виробництво молока. Одним із основних напрямків підвищення якості продукції на молочно-товарній фермі є правильна організація процесу первинної обробки молока.

У зв'язку з цим в даній магістерській роботі необхідно провести дослідження робочого процесу пастеризаційної установки з гідродинамічним нагрівачем та обґрунтувати її основні параметри. Впровадження на фермі ТОВ «Кирилівське» процесу пастеризації дасть можливість підвищити якість молока та за рахунок цього збільшити прибуток.

## **2. КОМПЛЕКСНА МЕХАНІЗАЦІЯ МОЛОЧНО-ТОВАРНОЇ ФЕРМИ**

### **2.1. Технологія та обладнання для утримання корів на фермі**

Безприв'язний спосіб утримання корів – це сучасна система утримання великої рогатої худоби, яка передбачає вільне пересування тварин у спеціальних приміщеннях або на вигульних майданчиках. На відміну від традиційного прив'язного утримання, корови не фіксуються на місці, а мають можливість рухатися, їсти та відпочивати за власним бажанням.

При безприв'язному утриманні ВРХ утримується вільно у великих приміщеннях, а у регіонах із м'яким теплим кліматом навіть у приміщеннях напіввідкритого типу. При цьому прибирання гною зазвичай відбувається не частіше двох разів на рік, тобто тварин забезпечують глибокою незмінною підстилкою, у якості якої успішно можна використовувати солому, тирсу, підстилковий торф тощо. Важливо підсипати підстилку до худоби кожного дня і не допускати її повного промокання. У такому разі ВРХ матиме тепле та приємне місце для відпочинку, що також допоможе попередити хвороби кінцівок, особливо копит. Норма використання підстилки на голову на добу становить не менш ніж 3 кг. При цьому слід уважно перевіряти якість соломи, не допускати до використання гнилої підстилки або забрудненої пліснявими грибками. Такі гігієнічні недоліки можуть значно погіршити загальний стан здоров'я корів та знизити надої. Особливістю такої системи є також вільний доступ худоби до грубих кормів, які скирдують безпосередньо на території ферми, або ж розміщують під навісом, та до силосу, що закладають на наземних буртах на вигульних майданчиках.

Тваринам роздають корми у приміщенні тільки за несприятливих погодних умов. Для напування худоби використовують групові автопоїлки. Доїння корів відбувається у спеціально відведеному для цього місці з використанням відповідних доїльних установок. Безприв'язний метод утримання дозволяє розміщувати на тій самій площі у типових приміщеннях на 20-30% більше тварин. Також побудова у теплих регіонах приміщень для утримання ВРХ безприв'язним

методом у напіввідкритих приміщеннях дозволяє за рахунок зменшення об'єму використаних будівельних матеріалів знизити витрати на будівлю у 1,5-2 разів. В областях із прохолоднішим кліматом для утримання худоби будують чотиристінні тваринницькі комплекси з виходами на кормо-вигульні майданчики.

Рекомендовано в приміщеннях, де утримується худоба, робити ущільнену ґрунтову чи навіть краще глинобитну, або асфальтову підлогу, при можливості її заглиблюють на 0,4-0,5 м. При безприв'язному утриманні великого значення набуває механізація робіт, що вимагають великих витрат праці. Перш за все це стосується організації доїльних залів із використанням сучасного доїльного обладнання, а також устаткування для транспортування та первинної обробки молока.

Кількість корів у секціях встановлюється з урахуванням розмірів приміщення та їхньої продуктивності. На 130-200 голів повинно бути в середньому 8-12 доїльних місць. Загальна тривалість доїння всього стада таким чином не має перевищувати 2 год. Тривалість перебування корів у доїльному залі, залежно від продуктивності, не повинна перевищувати 10-15 хв. Зазвичай у цей час тварини отримують певну частку концентрованих кормів, що сприяє виникненню позитивного умовного рефлексу при проході до доїльної зали.

Привчати нетелів до доїння слід протягом 20-24 днів, при цьому з тваринами необхідно поводитися особливо обережно, по можливості не поспішати й дати їм час для звикання до стороннього шуму, запахів та інших тварин і людей у залі. На великих фермах для дотримання цього принципу, як правило, все поголів'я ділиться на кілька стад, що видноються по зсунутому графіку почергово. Важливо слідкувати, щоб прохід корів до доїльної зали та від неї було організовано так, аби видосені тварини не змішувалися з не видосеними. Кратність доїння залежить від конкретних умов господарства та особливостей породи ВРХ. Хоча триразове видноювання тварин, особливо у перші 4-5 місяців лактації є бажаним, скорочення числа доїнь за добу з трьох до двох сприяє зростанню продуктивності праці в молочному скотарстві в середньому на 20%,

хоч при цьому і спостерігається значне скорочення молочної продуктивності корів.

При зміні системи утримання худоби у вже наявних тваринницьких комплексах для безприв'язного утримання використовують старі тваринницькі приміщення з відповідною їх перебудовою. В першу чергу, - звичайні просторі приміщення із внутрішню висотою не менш як 2,8 м, перебудова яких є маловитратною. У деяких випадках доцільним є використання старих капітальних приміщень для пологового відділення, профілакторіїв та телятників, а для безприв'язного утримання - будівництво нових дешевших споруд.

Порівняно з прив'язним, безприв'язне утримання корів дозволяє значно скоротити витрати праці, сприяє її раціоналізації і дозволяє ефективніше використовувати засоби механізації виробництва. Безприв'язне утримання ВРХ знижує собівартість виробленої продукції, хоча при цьому витрати корму збільшуються на 5-10%, що обумовлено значними втратами енергії тварин під час руху. Для годівлі силосом на вигульному майданчику закладають наземні силосні бурти, при цьому фронт годівлі на тварину з торцевого боку становить 0,2-0,3 м на голову. Згодовування грубих кормів - сіна та соломи - зазвичай організують під навісами, де довжина фронту годівлі встановлюється із розрахунку 0,3-0,4 м для кожної тварини. Для попередження забруднення та затоптування корму в місцях його згодовування розміщують переносні решітки-годівниці. При потребі вигульні майданчики очищують від гною, слідкують за справністю кюветів для стоку поверхневих вод, прибирають по сезону сніг. Не можна допускати накопичення на вигулах води та рідкої фракції гною, а також замерзання їх взимку. Це значно зменшить бажання тварин до руху, погіршить загальний гігієнічний стан вигулу та може викликати хвороби кінцівок і травмування. Для очистки доцільно застосовувати механічні засоби - спеціальні трактори та бульдозери зі скребком.

В останні роки склалася нова прогресивна система безприв'язного утримання корів у боксах для відпочинку, які ізольовані від зони годівлі. Ця

система немає недоліків, притаманних як прив'язному, так і безприв'язному утриманню, і вважається найбільш перспективною та економічно вигідною.

При безприв'язно-боксовому утриманні тварин тримають у відповідних приміщеннях із вигульними майданчиками протягом усього року. Така система дозволяє досягати найнижчих витрат праці та собівартості на одиницю отриманого молока. Завдяки ефективнішому використанню площі приміщення, облаштуванню решітчастої підлоги, що дозволяє значно економити підстилку, а також кращому проектуванню кормового столу і зменшенню втрат кормів, ця система наразі найбільш широко впроваджується у виробництво на великих молочних комплексах.

## **2.2. Розрахунок кількості засобів для механізації процесу водопостачання**

Якість і доступність води є одним з ключових факторів, що впливають на здоров'я, продуктивність і добробут корів. Регулярний і безперебійний доступ до свіжої, чистої води є необхідною умовою для нормального функціонування організму тварини.

Вимоги до системи водопостачання:

- Вода повинна бути чистою, без домішок шкідливих речовин, бактерій та інших мікроорганізмів.
- Оптимальна температура води для пиття корів становить 10-15°C.
- Вода повинна бути доступна для кожної корови в будь-який час доби.
- Системи водопостачання повинні забезпечувати достатній тиск для нормального функціонування поїлок.

Методика розрахунку процесу водопостачання та отримані результати приведені у додатку А.

Для напування корів вибираємо групову поплавкову напувалку з автопідігрівом виробництва фірми «Атма». Одна напувалка розрахована на одночасне напування 20 корів.



Рис. 2.2. Напувалка групова поплавкова з автопідігрівом

### **2.3. Розрахунок кількості засобів механізації процесу прибирання гною**

Процес видалення гною в корівниках є одним із найвитратніших у технології утримання ВРХ. Гній з корівників потрібно регулярно вичищати, для чого на сучасних тваринницьких фермах використовують гноєприбиральні конвеєри.

Правильно облаштована система гноєвидалення забезпечує оптимальний мікроклімат на тваринницьких комплексах.

Для корівників з безприв'язним способом утримання худоби, одним із найбільш ефективних способів є використання дельта-скреперної установки. Принцип дії системи полягає у зворотно-поступально переміщенні скребка у гнойових проходах до поперечної канави, з подальшим транспортуванням гною до гноєсховища.

Методика розрахунку процесу та отримані результати приведені у додатку Б.



Рис.2.3. Скреперна установка для прибирання гною

#### **2.4. Розрахунок кількості засобів для механізації процесу приготування кормів**

Годівлю сільськогосподарських тварин здійснюють переважно використовуючи кормові ресурси рослинного походження (бажано власного виробництва, що є більш економічним). Для цього господарства вирощують зернові культури, а також одно- і багаторічні трави на зелену масу, силос, сінаж та сіно.

На основі існуючого поголів'я тварин і прийнятих добових раціонів кормів приводимо розрахунок потреби їх для корів на протязі доби.

Розрахунок потреб у кормах приведений у додатку В.

На основі аналізу існуючих технологічних рішень та огляду наукових рекомендацій нами було запропоновано наступну технологічну лінію приготування кормів: змішування кормових компонентів з одночасним доподрібненням стеблових кормів здійснюється мобільним змішувачем-роздавачем БВЛ. Стеблові корми подаються у змішувач-роздавач фронтальним

навантажувачем ПКУ-0,8. Для приготування комбікорму пропонуємо використовувати агрегат АК-2М.



Рис. 2.5. Загальний вигляд фронтального навантажувача ПКУ-0,8

## 2.5. Розрахунок кількості засобів для процесу роздавання кормів

Комбіновані мобільні засоби для приготування і роздавання кормосуміші повністю забезпечують процес годівлі. Технологічна схема процесу має наступний вигляд: завантажування кормів у роздавач (використовується фронтальний навантажувач) – транспортування до місця годівлі – транспортування кормів у корівнику та роздавання на кормовий стіл.

Для забезпечення виконання операцій змішування і роздавання кормів на фермі пропонуємо використовувати комбінований агрегат БВЛ В-мікс.



Рис. 2.5. Загальний вигляд комбінованого агрегату БВЛ В-мікс

Розрахунок процесу роздавання кормів приведений у додатку Г. За результатами розрахунків приймаємо 1 змішувач-роздавач.

## 2.6. Вибір та визначення кількості засобів для механізації процесу доїння

Добовий надій молока на фермі:

$$W = \frac{M(100-c)g\alpha}{365 \cdot 100},$$

де  $g$  – середньорічний удій на корову, кг;  $\alpha$  - коефіцієнт добової нерівномірності надою,  $\alpha = 1,2-1,5$ .

$$W_d = \frac{200(100-10) \cdot 8000 \cdot 1,4}{365 \cdot 100} = 5523,3 \text{ кг.}$$

Для доїння корів на ферміу доїльному залі обираємо установку «Паралель». Доїльна установка має систему комп'ютерного управління стадом, яка призначена для автоматизованого оперативного управління стадом великої рогатої худоби на молочних фермах. Це дозволяє здійснити збір та обробку даних по кожній корові, керувати процесами перегрупування корів та відтворення стада та автоматизувати вирішення наступних завдань:

- відокремлення тварин від стада за завданням оператора;
- облік, планування та контроль молочної продуктивності;
- облік, планування та контроль отелень, запліднення та перевірок на тільність;
- аналіз структури та фізіологічного стану стада;
- облік надходження та вибуття тварин.

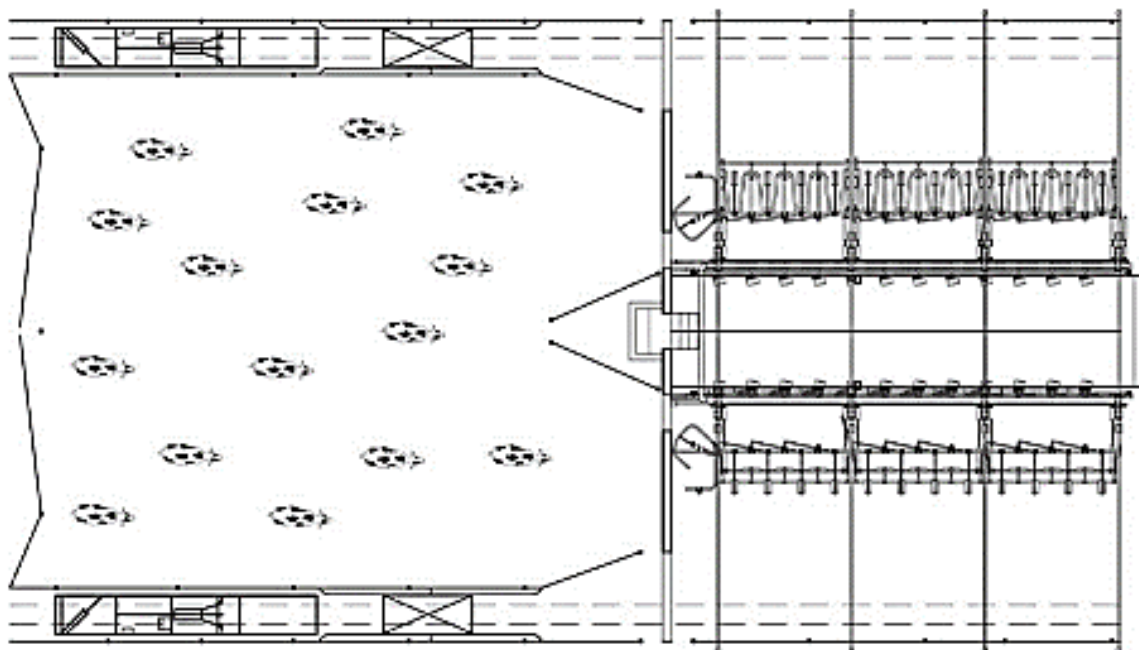


Рис. 2.6. Принципова схема доїльної установки з переддоїльним майданчиком

Станкове обладнання «Паралель» виконане з гарячої оцинкованої сталі, позиціонування та фіксація тварин здійснюється під кутом  $90^\circ$  від поздовжньої осі доїльної траншеї. Розмір станка становить з розрахунку на одну тварину - 75 см. Корови розташовані пліч-о-пліч. Переміщення оператора зведено до мінімуму, що покращує контроль корів під час доїння. Підйом передніх огорож станкового обладнання проводиться за допомогою пневмоциліндрів, що дозволяє здійснити вихід всіх тварин одночасно з одного боку доїльного залу. Швидкий вихід знижує час зміни груп, порівняно зі звичайною залою, це призводить до збільшення продуктивності на 15%.

Обираємо установку, що має 16 доїльних станків (2x8 доїльних місць)

Система виробництва вакууму забезпечує стабільний рівень вакууму в режимі доїння 38-42 кПа і 50 кПа в режимі промивки.

Регулювання вакууму електронне, за допомогою сенсора та частотного перетворювача, що змінює частоту обертання ротора вакуумного насоса та забезпечує економію електроенергії.

Підтримка вакуумметричного тиску у вакуумних та молочних магістралях доїльної установки здійснюється за допомогою вакуум-регулятора продуктивністю 4000 л/хв.

Система трубопроводів у доїльному залі: молокопровід виконаний з нержавіючої сталі з полірованою внутрішньою поверхнею та мінімальним діаметром труб 70 мм.

Система приймання молока складається з молокоприймачів об'ємом 80 л.

Доїльна система складається з модуля управління, на дисплеї якого відображаються показання надюю, інтенсивності потоку молока, буквено-цифрові оповіщення про події та номер тварини на даному доїльному місці. та вибір режимів доїння здійснюється однією кнопкою.

Модуль управління оснащений проточним лічильником молока, який щомиті вимірює рівень інтенсивності потоку молока, не має рухомих або знімних частин, повністю герметизований, має вбудований датчик вимірювання електропровідності молока (важливо при ранньому виявленні маститу).

Режим автоматичного доїння включає:

- режим основного доїння;
- масаж із частотою пульсації 240 пульс/хв. (залежно від інтенсивності молоковіддачі);
- відключення та зняття доїльного апарату з випереджаючим гасінням вакууму під соском залежно від інтенсивності молоковіддачі (100-1000 мл/хв).

Система промивання – автоматична. Автомат має багатоетапне промивання і можливість точного програмування всіх процесів: кількості води, концентрації миючих розчинів, температури нагріву, а також часу промивання установки.

Одна з переваг даної установки – використання нижнього розташування транспортного молокопроводу, що дозволяє проводити доїння при вакуумі  $43 \pm 1$  кПа.

Система попарного доїння, що використовується в цій установці 2+2 вважається більш наближеною до природного фізіологічного режиму доїння корів.

Ще одна перевага – контрольована пульсація. Залежно від швидкості молоковіддачі на початку доїння автоматично включається стимуляція сосків вимені на 30 сек-240 пульсів/хв.

У процесі доїння постійно контролюється швидкість молоковіддачі і при перевищенні заданого значення (наприклад, 3л/хв) зменшується частота пульсації і збільшується такт ссання при цьому такт стиснення залишається незмінним.

Контроль швидкості молоковіддачі та використання функції пульсації з регулюванням потоку забезпечує повне видоювання тварин і запобігає сухому доїнню.

Обладнання доїльні зали комплектуються транспондером ідентифікації з визначенням функцій руху та звуку. Моніторинг статевої охоти та румінації (жувальної діяльності) тварини – якісно новий рівень інформації про життєдіяльність кожної тварини в стаді.

## **2.7. Вибір та визначення кількості засобів для механізації процесу первинної обробки молока**

Первинна обробка молока - це комплекс технологічних операцій, що застосовуються з метою збереження натуральних властивостей свіжонадоєного молока. До них належать: очищення від можливих механічних домішок, охолодження, зберігання, транспортування.

З молокозбірника молоко викачується молочним насосом та спрямовується до фільтрувального елемента. Відфільтроване молоко надходить у танк-охолодник.

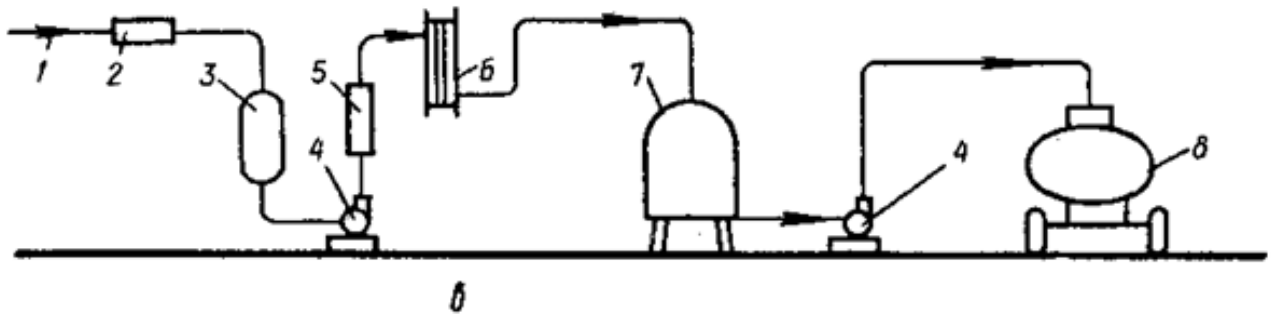


Рис. 2.7. схема лінії первинної обробки молока.

1 – молокопровід; 2 – груповий лічильник молока; 3 – молокозбірник; 4 – молочний насос; 5 – магістральний фільтр; 6 – пластинчастий охолодник; 7 – танк-охолодник; 8 – молочна цистерна.

Для охолодження і тимчасового зберігання молока обираємо танк-охолодник молока закритого типу Мілкплан.

Танк-охолодник являє собою циліндричну ємність горизонтального типу з регульованими ніжками для легкого і правильного виставлення ємності.

Випарник виготовлений методом лазерного зварювання. Конструкція випарника запобігає примерзанню молока до стінок. Ізоляція - екологічно безпечна поліуретанова піна високої щільності. Танк має мішалку з мотор-редуктором та вимірювальну лінійку з нержавіючої сталі з калібрувальною таблицею. Компресор холодильного агрегату закритого типу.



**Рис.2.8. Танк-охолодник молока**

Таблиця 2.9

Технічна характеристика танка-охолодника

Модель	Мах обем, л	Модель компресора	Напруга/ Частота/ Фаза	Потужність, Вт	Номинальний струм	К-ть доїнь
IC 2000	2030	ТАГ 4573 З	380 В-400 В, 50 Гц, 3~	12567 Вт	11,4 А	2

### 3.1. Аналіз існуючих технологій пастеризації молока

Бактеріальна забрудненість молока при машинному доїнні у малих господарських утвореннях досить висока, через що молоко надходить на молочні заводи або безпосередньо в торгівлю з підвищеною кислотністю та реалізується за зниженими цінами. Вихід із цього на думку багатьох дослідників [4, 14, 31] можливий не тільки вдосконаленням фільтрації та охолодження молока після доїння, а й його пастеризацією до здачі на молочний завод.

Запропонований Луї Пастером [29, 45] у другій половині XIX століття спосіб знезараження молока шляхом нагрівання його до певної температури (нижче точки кипіння) меншою мірою впливає на якість та фізико-механічні властивості його, ніж загальноприйняте до цього кип'ятіння. Пастеризація як один з ефективних способів теплової обробки молока після цього досить швидко поширилася у всіх країнах світу.

На цей час технологія пастеризації молока обґрунтована як теоретичними дослідженнями, і практичної розробкою різних методів її здійснення. У сучасних умовах можна виділити кілька методів пастеризації молока, які знайшли найбільше застосування як у молочній промисловості, і безпосередньо на молочних фермах господарств. Серед них необхідно відзначити такі технології пастеризації молока: тривала, тонкошарова, короткочасна високотемпературна, миттєва та біорізація.

Кожна з них має певні переваги та недоліки як у частині впливу на продукт, що обробляється, так і в частині витрат на здійснення процесу теплової обробки молока [31]. Досить широко використовується технологія низькотемпературної тривалої пастеризації молока. Здійснюється вона у ваннах або цистернах, що мають парову або водяну сорочку, що забезпечує нагрівання молока до температури не нижче 63°C та витримку його (з перемішуванням) при цій температурі протягом не менше 30 хвилин.

До недоліків такої технології пастеризації молока відноситься не тільки циклічність процесу та його значна тривалість, які обмежують продуктивність використовуваного обладнання, а й значну витрату пари (порядку 100...140 кг на тонну молока) та можливість подальшого розвитку термофілів [21, 28]. Незважаючи на ці недоліки ванни тривалої пастеризації молока (ВДП) із проміжним теплоносієм у вигляді нагрітої води досить широко використовуються на малих фермах, сімейних, фермерських та особистих підсобних господарствах.

Більш прогресивними та продуктивними виявилися методи пастеризації молока в трубчастих та пластинчастих апаратах, у яких досягається прискорена теплопередача до потоку молока через тонкі стінки труб та пластин.

Один із них розроблений доктором Стассано [29] і на честь його названо стасанацією. Він по суті своїй представляє технологію тонкошарової пастеризації молока і полягає в нагріванні його до температури 75°C в тонкому шарі (1...1,2 мм) з двох сторін протягом короткого часу (не більше 15...16 с.), після чого воно подається на подальше швидке охолодження.

У процесі такої теплової обробки тонкого шару молока як теплоносій використовується не пара, а гаряча вода. Бактерії хіба що притягуються до нагрітим стінкам апарату і вмирають у контакті із нею. Стасация молока не погіршує його смакових якостей і властивості. Найбільшого ж поширення в усьому світі та в нашій країні набула технологія високотемпературної короткочасної пастеризації молока на базі пластинчастих апаратів.

У них молоко під напором протікає тонким шаром у невеликому зазорі між пластинами з нержавіючого металу, що нагріваються з іншого боку потоком гарячої води до температури 80°C, і витримується в ньому близько 15 с. Переваги такої технології пастеризації молока полягають у прискоренні процесу, а й у підвищенні продуктивності технологічної лінії [23, 33]. Однак смакові якості

пастеризованого при цьому молока дещо погіршуються через контакт його в процесі обробки із зовнішнім повітрям і утворення накипу на стінках пластин пастеризатора у вигляді випадання альбуміну.

Різновидом цього способу теплової обробки молока є технологія миттєвої короткочасної пастеризації. Тут тонкий шар молока в потоці між пластинами швидко без доступу атмосферного повітря нагрівається паром або водою до температури більше 85°C, витримується короткочасно і негайно охолоджується до температури подальшого зберігання, при якому протягом 3 місяців пастеризовані продукти гарантовано не псуються. Практично у цій технології молочну продукцію нерідко нагрівають ще до вищих температур, що підвищує термін її зберігання до реалізації споживачам.

Технологічний процес біоризації молока виробляється в ізольованих від атмосферного повітря апаратах методом розпилення його під підвищеним тиском і нагрівання до 72...76 °C з наступним інтенсивним охолодженням, що в сукупності виключає окислювальну дію на пастеризований продукт атмосферного повітря. Відомі також технології антибактеріальної обробки молока іншими, що відрізняються від теплових методами.

До них відносяться обробка молока та молочних продуктів ультразвуком, опроміненням інфрачервоним та ультрафіолетовим світлом, НВЧ струмом, кавітацією та ін [39, 44]. Однак такого широкого поширення, як тепла пастеризація, ці методи не отримали, що дає підставу надалі зосередити увагу на огляді та аналізі переважно апаратів теплової обробки молока з метою його пастеризації.

### **3.2. Огляд конструкцій пастеризаторів молока**

На рис. 3.1 представлена удосконалена класифікація пастеризаційних установок, у якій основну увагу приділено апаратам пастеризації молока на малих фермах. За цією схемою апарати для пастеризації молока розділені за способом впливу на продукт, що пастеризується, і за режимом роботи.



Рис. 3.1 Класифікація пастеризаторів молока.

За способом на продукт вони поділяються на апарати непрямого і прямого нагріву. Апарати непрямого нагріву у свою чергу поділені на теплові та електричні. Нагрівання в харчовій промисловості в основному здійснюється за допомогою різних теплоносіїв, таких як водяна пара, гаряча вода, нагріте повітря, паливні гази, висококиплячі органічні речовини - рідини, а також електричного струму. Найчастіше в якості теплоносія використовують насичену пару, оскільки вона має високий коефіцієнт теплопередачі при конденсації. Значний недолік водяної пари – це зростання тиску із підвищенням температури.

В даний час основним обладнанням для пастеризації є пастеризаційно-охолоджувальні установки пластинчастого типу. Трубчасті пастеризаційні установки нагрівають продукт у закритому тонкошаровому потоці при високих швидкостях з автоматичним здійсненням робочих процесів, що дає можливість роботи під великим тиском пастеризованих продуктів з нагріванням їх до

температури понад 100°C. Трубчасті апарати мають невелику кількість гумових ущільнень, порівняно з пластин що полегшує ремонт і вимагає менше часу на ремонт.

Пластинчасті пастеризаційно-охолоджувальні установки знайшли найширше поширення у переробній промисловості. Такі установки призначені для швидкої пастеризації молока в тонкому шарі та закритому потоці з подальшим охолодженням після короткочасної витримки. У пластинчастих апаратах підвищення швидкості потоку молока призводить до збільшення гідравлічного опору. Недоліком пластинчастих апаратів, як і електропастеризаторів, є утворення накипу. Для запобігання утворенню її необхідне зниження температури стінки, через яку здійснюється теплопередача до пастеризованого продукту.

Майже у всіх видах нагрівачів передача тепла відбувається через проміжний теплоносій, що призводить до ускладнення конструкції, додаткових витрат та втрат енергії, та створює певні незручності в експлуатації. Іншу групу апаратів для пастеризації становлять пристрої прямого на продукт [43, 46]. До них відносяться опромінюючі НВЧ та електродні пастеризатори, а також порівняно нові пастеризатори з гідродинамічними нагрівачами.

Останні представляють значний інтерес не тільки для великих молочних господарств та молочних заводів, але і для сімейних, фермерських та особистих підсобних господарств та здійснюють нагрівання продукту за рахунок тертя рідинних шарів між собою та стінки ГДН, забезпечуючи гідродинамічний вплив на молоко. Вони поділені на дискові та барабанні апарати, а на вигляд робочої поверхні – на гладкі та з комірчастою поверхнею.

Барабанні у свою чергу можуть бути циліндричними чи конічними. Є й ряд апаратів, у яких нагрівання продукту здійснюється як за рахунок тертя

рідини, а й турбулізації. До них належать гідромуфти в стоповому режимі та ряд модернізованих гідромуфт.

Таким чином, на основі запропонованої класифікаційної схеми вирішення багатьох питань теплової обробки молока особливо в умовах малих господарських утворень можливе при безпосередньому нагріванні рідини. Найбільш економічним способом нагрівання рідин є застосування гідродинамічних нагрівачів. Їхня основна відмінність у тому, що в них відбувається перетворення механічної енергії в тепло, що спрощує конструкцію апарату та підвищує його ККД. Такі апарати мають невеликі габарити, малу металомісткість і масу, мобільність, простоту конструкції, надійність, мають насосний ефект.

Трубочаста пастеризаційна установка (рис. 3.2) складається з двох відцентрових насосів, трубчастого апарату, зворотного клапана, конденсатовідвідників та пульта управління з приладами контролю та регулювання технологічного процесу.

сновний елемент установки - двоциліндровий теплообмінний апарат, що складається з верхнього та нижнього циліндрів, з'єднаних між собою трубопроводами. У торці циліндрів вварені трубні ґрати, в яких розвальцьовано по 24 труби діаметром 30 мм.

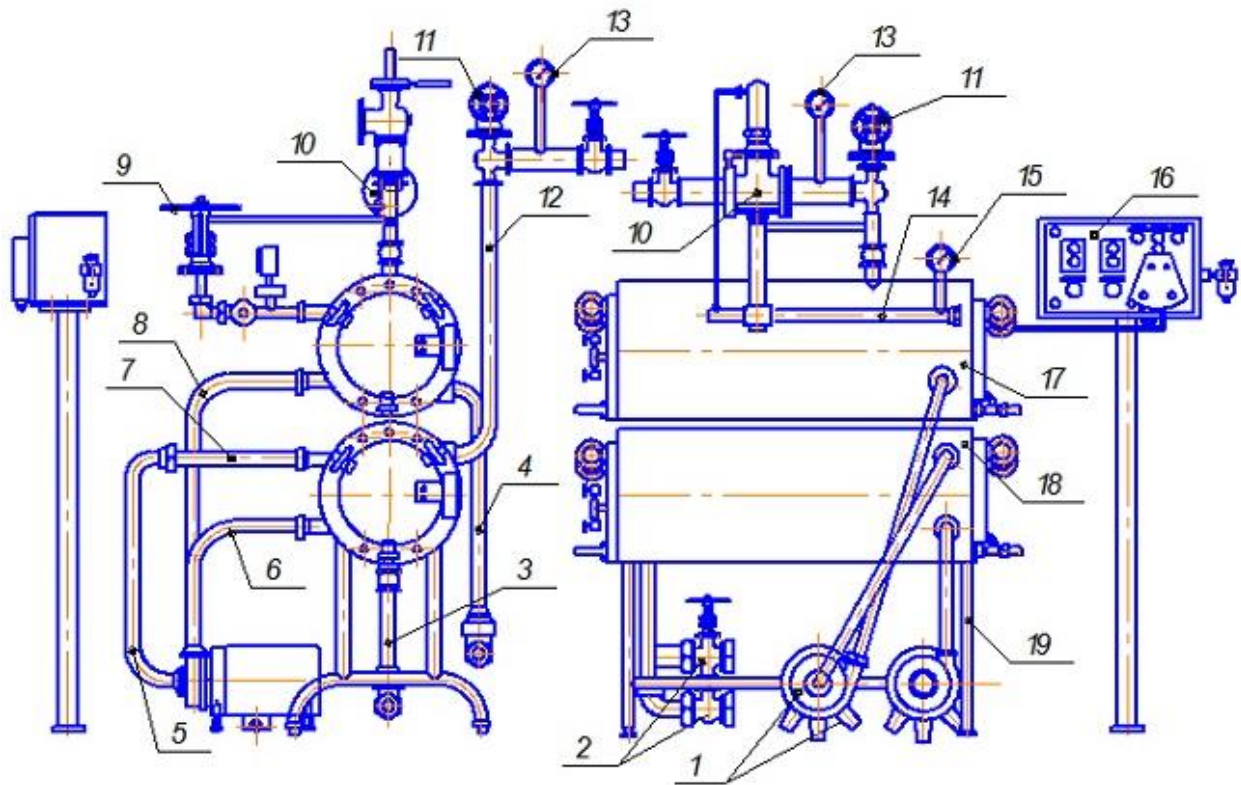


Рис. 3.2. Трубчаста пастеризаційна установка:

1 - відцентрові насоси для молока; 2 - конденсатовідвідники; 3, 4 - патрубки для відведення конденсату; 5, 6, 7, 8 - молокопроводи; 9 - зворотний клапан; 10 - регулюючий клапан подачі пари; 11 - запобіжні клапани; 12 - паропровід; 13 - манометри для пари; 14 - патрубков для виходу пастеризованого молока; 15 - манометр для молока; 16 - пульт управління; 17 - верхній барабан; 18 - нижній барабан; 19 - рама

Трубні решітки з нержавіючої сталі мають короткі вифрезеровані 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 апарату і ізолювання коротких каналів.

Пара подається в міжтрубний простір кожного циліндра. Відпрацьована пара 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 регулюючий клапан подачі пари, а на виході молока з апарату - зворотний клапан, за допомогою якого недопастеризоване молоко автоматично спрямовується на повторну пастеризацію. Поворотний клапан пов'язаний через регулятор температури з термодатчиком, розташованим на виході молока з апарату. Установка має манометри для контролю за тиском пари і молока.

Оброблюваний продукт із накопичувальної ємності за допомогою першого відцентрового насоса подається до нижнього циліндра теплообмінного апарату, де нагрівається пором до температури 50...60 °С і переходить у верхній циліндр. Тут він пастеризується за температури 80...90 °С.

Другий насос призначений для подачі молока з першого циліндра до другого. Слід зазначити, що у трубчастих пастеризаційних установках швидкість руху різних продуктів неоднакова. В установці для пастеризації вершків швидкість їхнього переміщення в трубах теплообмінного апарату 1,2 м/с. У процесі теплообміну вершки надходять у циліндри пастеризатора за допомогою одного відцентрового насоса. Швидкість переміщення молока за рахунок застосування двох насосів вище та становить 2,4 м/с.

Перевагами трубчастих пастеризаційних установок у порівнянні з пластинчастими є значно менша кількість і розміри прокладок ущільнювачів, а недоліками — великі габарити і висока металомісткість; крім того, при чищенні та миття цих установок потрібен вільний простір з боку торців циліндрів теплообмінного апарату.

Трубчасті установки ефективні в тому випадку, якщо подальший процес обробки молока проводять при температурі, що незначно відрізняється від температури пастеризації.

У пастеризаційно-охолоджувальній установці УОМ-ІК-1 (рис. 3.3) крім секцій інфрачервоного електронагріву є витримувач та пластинчастий теплообмінний апарат.

Секція інфрачервоного нагрівання складається з трубок кварцового скла U-подібної форми з відбивачами анодованого алюмінію. У секції 16 трубок (10 основних, 4 регулюючих режим нагріву та 2 додаткових), на які навита спіраль з ніхрому. Витримувач складається з двох послідовно з'єднаних труб із 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 нагрівання та витримувач. Після витримувача пастеризоване молоко проходить секцію регенерації, передаючи теплоту холодному молоку, і послідовно проходить секції охолодження водою та розсоллом.

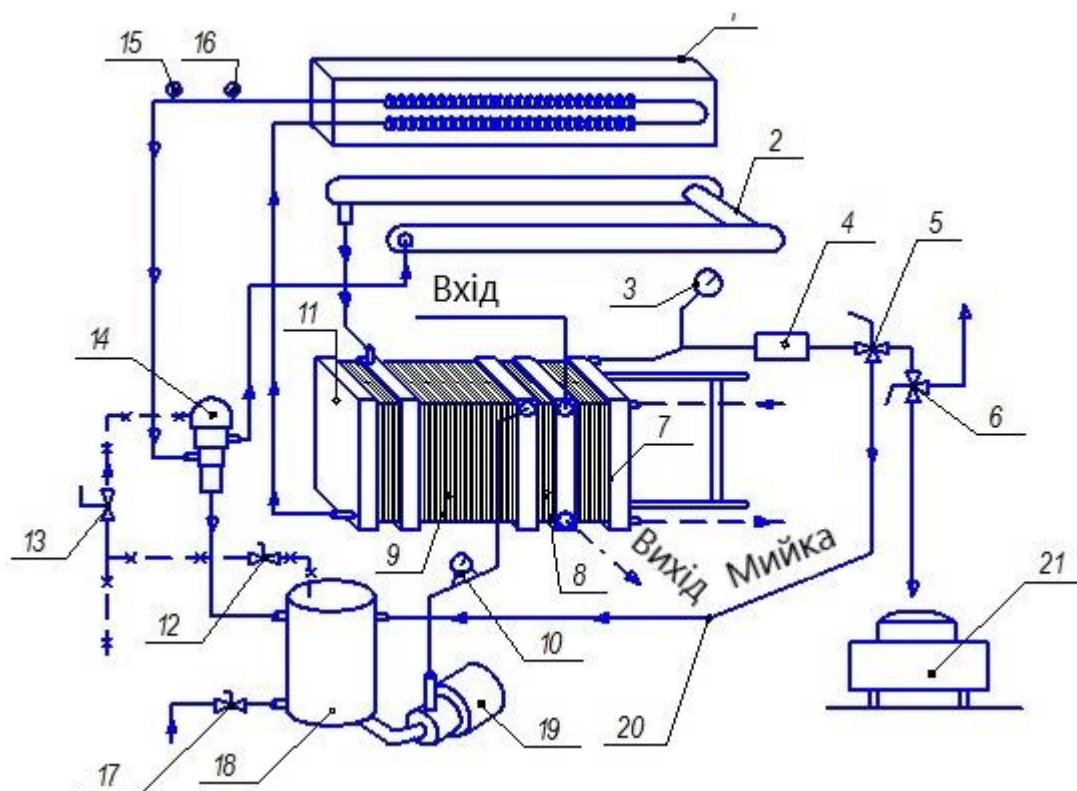


Рис. 3.3 Схема пастеризаційно-охолоджувальної установки УОМ-ІК-1:

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

Пластинчасті пастеризаційно-охолоджувальні установки в порівнянні з іншими типами теплових апаратів мають ряд переваг:

- мала робоча місткість, що дозволяє приладам автоматики точніше відстежувати хід технологічного процесу (у пластинчастій установці робоча місткість утричі менша, ніж у трубчастій такої ж продуктивності);

- здатність працювати досить ефективно при мінімальному тепловому натиску;

- мінімальні теплопритоки та втрати теплоти та холоду (теплова ізоляція зазвичай не потрібна);

- істотна економія (80 ... 90%) теплоти в секціях регенерації (питома витрата пари в пластинчастих установках в 2 ... 3 рази менше, ніж у трубчастих, і в 4 ... 5 разів, ніж в ємнісних теплообмінниках);

- мала установча площа (пластинчаста установка займає приблизно в 4 рази меншу поверхню, ніж трубчаста аналогічної продуктивності);

- можливість змінювати кількість пластин у кожній секції, що дозволяє адаптувати теплообмінний апарат до конкретного технологічного процесу;

- можливість безрозбірного циркуляційного миття апаратури.

Поряд з пастеризаторами, в яких джерелом прямого нагріву молока є інфрачервоні промені, створені та набувають все більшого поширення установки для пастеризації молока, робота яких заснована на використанні ультрафіолетового випромінювання. Застосування таких установок дозволяє

значно знизити метало та енергоємність технологічного процесу пастеризації молока, покращити його якість та скоротити втрати, зберігаючи при цьому корисні компоненти продукту (білки, жири, вітаміни).

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

Будова всіх пастеризаторів цього типу однакова: корпус, в якому розміщені розподільник молока, верхнє і нижнє опромінюючі пристрої з пастеризаційними пластинами і блок живлення. Розподільник молока складається з клапана-зрошувача, до якого по трубопроводу подається молоко. Опромінювальні пристрої являють собою спеціальні газорозрядні лампи та відбивачі. Конструкція верхнього і нижнього опромінювальних пристроїв однакова.

Пастеризатори УФО є безнапірними апаратами і при використанні насоса для подачі молока останній повинен комплектуватися запірним клапаном, що забезпечує напір 0,1...5 м водяного стовпа.

Одним з перспективних напрямів удосконалення пастеризаційних установок є застосування в них роторних нагрівачів, спеціальна конструкція яких дозволяє за рахунок молекулярного тертя частинок продукту, що обробляється нагрівати останній до заданої температури. Температура теплової обробки продукту залежить від часу його знаходження у роторному нагрівачі та може регулюватися в широких межах. Одночасно з цим продукт піддається гомогенізації.

### **3.3. Пастеризаційні установки на основі гідродинамічного нагрівача**

Прикладом пастеризаційних установок з ГДН можуть бути установки ПМР-0,2-1 та ПМР-0,2-2 продуктивністю 600, 1200 та 1600 л/год. Схема роботи пастеризаційної установки із зміненим ГД нагрівачем представлена на рис. 3.4

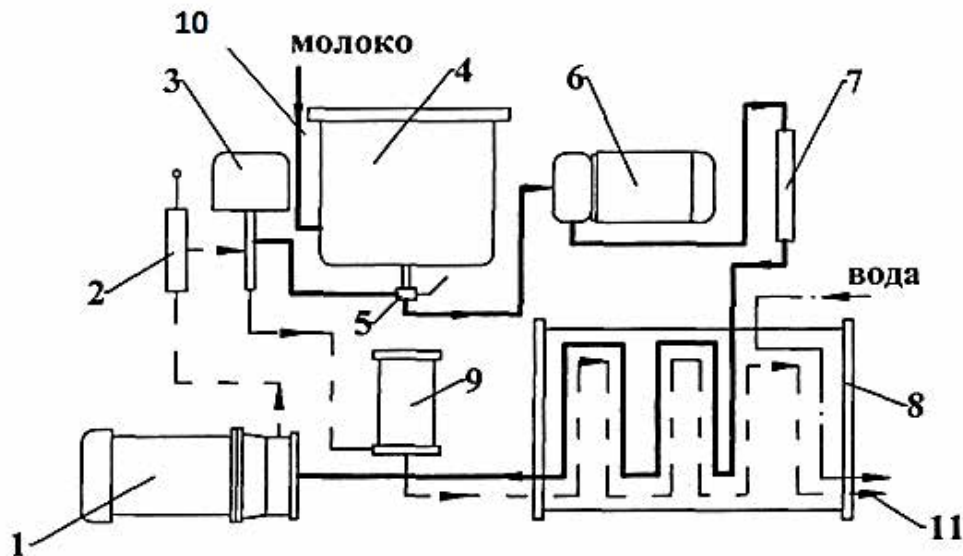


Рис. 3.4. Схема роботи пастеризаційно-охолоджувальної установки типу ПМР-02 з гідродинамічним нагрівачем: 1 – нагрівач; 2 – термометр; 3 – клапан повернення; 4 – бак; 5 – кран; 6 – насос; 7 - фільтр; 8 – теплообмінник; 9 – витримувач; 10 та 11 – трубопровід подачі та виведення молока; 11 – вихід молока.

Основним тепловим апаратом у ній є гідродинамічний нагрівач 1 із приводом від електродвигуна. Крім нього до складу пастеризаційної установки входять витримувач 9, теплообмінник 8, бак 4 для продукту, що пастеризується, насос 6 і фільтр 7. Є контрольно-регулювальна апаратура. Нагрівач містить корпус 1 з ротором 4, закріпленим на валу 2.

Ротор з обох сторін закритий кришками 5 і 6, на прилеглих до ротора бічних поверхнях яких, як і на роторі, виконані осередки 10, розташовані симетрично осередків ротора. Перегородки між осередками виконують роль лопаток для молока. При роботі пастеризаційної установки (рис. 1.7) молоко з приймального бака 4 насосом 6 подається через фільтр 7 пластинчастий

регенератор 8, де підігрівається зустрічним потоком молока з ГДН 1. Далі воно надходить через вихідний патрубок 7 (рис. 3.5) в порожнину осередків 10 ротора та кришок. При обертанні ротора ці осередки періодично розкриваються, збігаючись із осередками ротора, і закриваються, створюючи опір течії молока в роторі.

Молоко в ньому піддається тертю шарів, тертю об стінки осередків і турбулізації, що забезпечує дисипацію механічної енергії приводу нагрівача до теплового нагрівання молока до температури пастеризації.

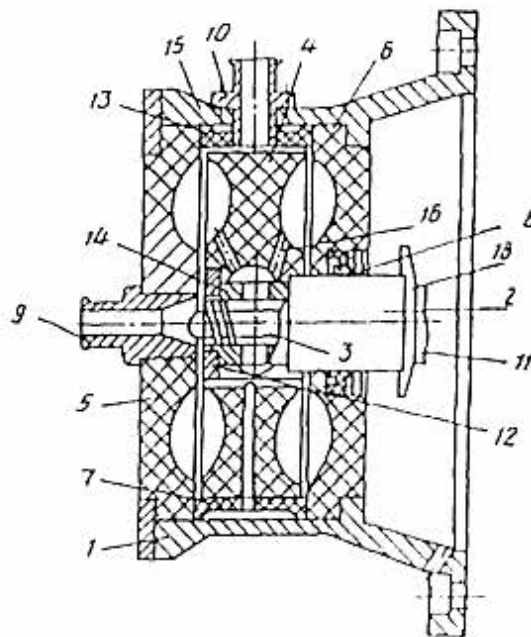


Рис. 3.5. Гідродинамічний нагрівач рідини серійної установки ПМР-02: 1 – корпус; 2 – вал; 3 – осьовий насос; 4 – ротор; 5,6 – кришки; 7 – кільце; 8 – ущільнювальна манжета; 9 – вхідний патрубок; 10 – випускний патрубок; 11 – електродвигун; 12 – гайка; 13, 14, 15 - гумові кільця; 16 – канали, що подають молоко.

Гаряче молоко (рис. 3.5) з нагрівача подається у витримувач 9, а з нього в регенератор 8, потім в його секцію охолодження і подається на вихід 11 пастеризаційної установки. За цією схемою вдалося виключити використання

котелень в результаті застосування ГДН, при цьому коефіцієнт регенерації енергії склав приблизно 95%. Установа займає площу трохи більше 1,5 м<sup>2</sup>.

ККД серійних пастеризаційних установок типу ПМР досить високий – перевищує 80 і більше відсотків, що майже на 25 % більше парових пастеризаторів. Ці установки цілком пристосовані до умов первинної обробки та переробки молока на молочних господарствах, які виробляють невелику кількість молока.

Останніми роками конструкції гідродинамічних нагрівачів рідини постійно вдосконалюються. Один із варіантів конструкції ГДН [6, 18] представлений на рисунку 3.6. У ньому ротор 1 виконаний з наскрізними отворами, а навпроти них кришках корпусу 2 обрані напівсферичні комірки. Утворені своєрідні перегородки сусідніх отворів ротора та вічок кришок складають рухомі та нерухомі лопатки нагрівача. За принципом роботи він аналогічний раніше описаним ГДН. Змінена форма ротора та її отворів (комірок) забезпечує підвищення швидкості потоку молока рахунок більшого кута сходу його з лопаток ротора (майже 180°).

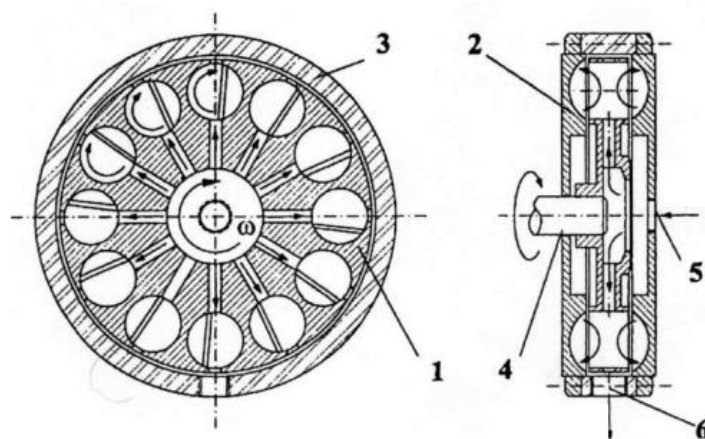


Рис. 3.6. Схема гідродинамічного нагрівача ДДТУ: 1 – ротор; 2 – корпус; 3 – обід; 4 – вал приводу; 5 і 6 – вхід і вихід для молока

Підвищуються сили тертя в зазорах ротор-корпус пастеризатора, що інтенсифікує тепловиділення в ньому та підвищує продуктивність порівняно з апаратами непрямого нагрівання.

Мінімальний коефіцієнт корисної дії спостерігається у парового пастеризатора з витіснювальним барабаном, потім у парових пастеризаторах трубчастого і пластинчастого типів, що пояснюється необхідністю застосування додаткового обладнання для отримання та транспортування пари, що частіше за вартістю перевищує витрати на пастеризаційну установку.

Пастеризатори прямого впливу на молоко за показниками питомих витрат теплової енергії перевищують використовувані нині парові пастеризатори майже удвічі, ККД їх вище, а втрати тепла відбуваються лише у довкілля і з проточною водою у процесі охолодження молока.

Інтенсивні дослідження та розробки щодо вдосконалення конструкції, параметрів та процесу роботи ГДН ведуться не тільки в нашій країні, але в ряді зарубіжних країн [6, 9].

Незважаючи на значні успіхи у розробці пастеризаційних установок на основі гідродинамічних нагрівачів, конструкція їх все ще недостатньо досконала. Мають місце втрати тепла в навколишнє середовище і з охолоджувальною рідиною, все ще недосконала форма робочих органів, недостатньо обґрунтовані і параметри не тільки ГДН, але і пастеризаційної установки. Є недоліки й у принципі роботи основного апарату пастеризаційної установки – гідродинамічного нагрівача.

### **3.4. Обґрунтування схеми пастеризаційної установки**

Існуючі пастеризаційні установки безпосереднього нагріву, в тому числі і на основі гідродинамічних нагрівачів (ГДН), призначені для пастеризації невеликих обсягів молока, так само мають ряд суттєвих недоліків. Серед них недосконалість процесу роботи нагрівача через нерівномірний вплив на молоко, істотні втрати тепла в навколишнє середовище і з потоком охолоджуючої рідини, співмірні з витратами енергії на привід ГДН.

Запропонована нами пастеризаційна установка містить гідродинамічний нагрівач 1, витримувач молока 4, пластинчастий теплообмінник в складі

регенератора 2 і охолоджувача 6, а також насос 14 для подачі молока. Особливістю цієї пастеризаційної установки є використання на останній стадії охолодження молока в пластинчастому охолоджувачі не проточної холодної води, що призводить до безповоротних втрат тепла, яке забирає охолоджуюча вода, а парів хладону в складі теплового насоса.

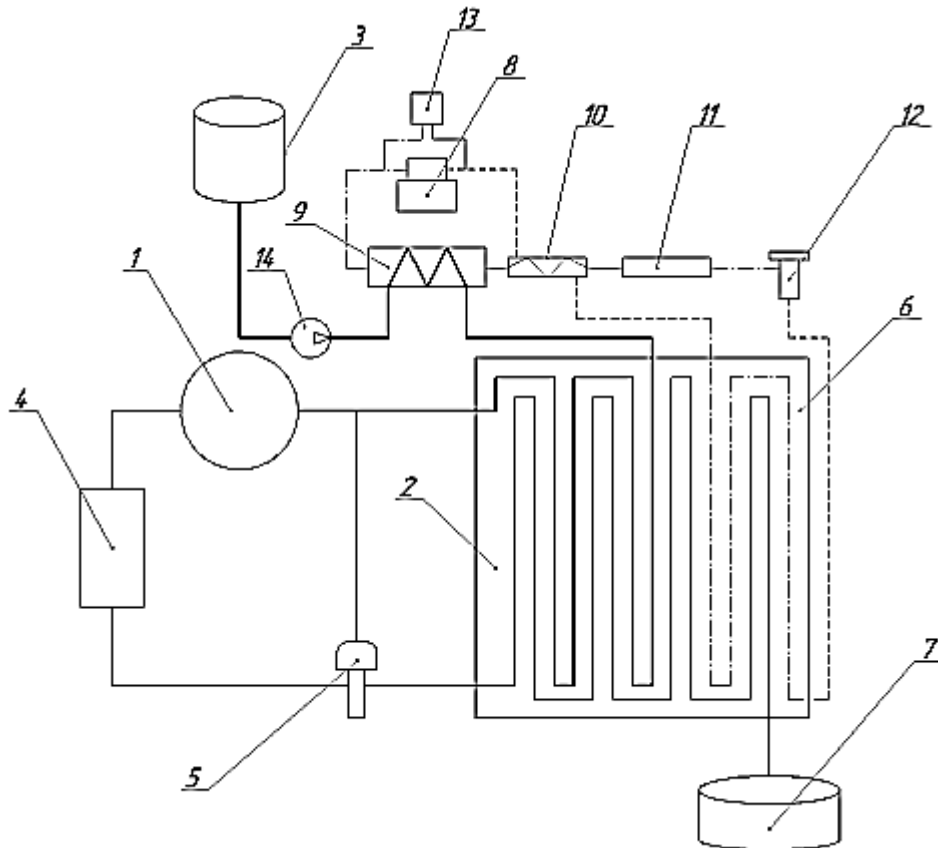


Рис. 3.7. Схема удосконаленої пастеризаційної установки.

1 - гідродинамічний нагрівач; 2 - регенератор; 3 - приймальний бак; 4 - витримувач; 5 - автоматичний клапан; 6 - охолоджувач; 7 - бак збору пастеризованого молока; 8 - компресор; 9 - конденсатор; 10 - теплообмінник; 11 - фільтр-осушувач; 12 – терморегулювальний вентиль (ТРВ); 13 - датчик тиску; 14 - насос молочний.

Тепловий насос має компресор 8, конденсатор 9, теплообмінник хладону 10, фільтр-осушник 11, випарник в охолоджувачі 6, терморегулюючий вентиль 12 (ТРВ) і реле тиску 13. Підігріте в теплообміннику 9 теплового насоса молоко подається далі в пластинчастий регенератор 2, в якому омивається через стінки пластин зустрічним потоком гарячого молока після нагрівання в ГДН. Далі з

регенератора молоко надходить в ГД нагрівач 1, який забезпечує подальше нагрівання його до встановленої температури пастеризації. Після цього воно під створюваним напором потрапляє на деякий час у витримувач 4. З витримувача воно направляється в регенератор 2 назустріч потоку молока, що подається на пастеризацію. При цьому пастеризоване молоко віддає своє тепло зустрічному потоку молока, яке йде на пастеризацію. З секції регенерації пастеризоване молоко перетікає в пластинчастий охолоджувач 6 (омиваючи випарник) для остаточного охолодження хладоном і збирається в бак 7 зберігання молока в охолодженому вигляді. Компресор 8 теплового насоса всмоктує пари хладоном, утворені при його кипінні у випарнику, вбудованому в пластинчастий апарат 6. Насичені пари хладоном температурою 10 ... 15 °С компресором стискаються і при температурі 80 ... 90 °С надходять в конденсатор 9, де віддають більшу частину тепла холодному молоку на шляху з бака в ГДН. Далі хладон надходить в теплообмінник 10, де додатково охолоджується холодоагентом, що надходить з випарника. Хладон проходить через фільтр-осушник 11 в ТРВ 12 і далі впорскується через трубопровід в випарник, де закипає при низькому тиску від контакту з теплим молоком. ТРВ за рахунок зворотного зв'язку автоматично зменшує подачу 8 рідкого хладоном у міру охолодження молока, забезпечуючи максимальну холодопродуктивність. Далі пари холодоагенту надходять знову в компресор, і цикл роботи теплового насоса повторюється.

У серійних пастеризаційних установках тепло охолоджуваного молока безповоротно втрачається з потоком води або повітря, що використовуються як охолоджуючі середовища, що знижує ККД установок і не сприяє ресурсозбереженню. Доцільно на стадії охолодження молока використовувати рекуперацію тепла для попереднього нагрівання холодного молока, що йде на пастеризацію (рис 3.8).

За цією схемою охолоджувач виконує також роль випарника, виступаючи джерелом тепла. У ньому через терморегулюючий вентиль (ТРВК) дроселюють хладон температурою  $t_{xx}$ , який, відбираючи тепло молока, закипає при низькому тиску та від'ємній температурі.



Важливою частиною запропонованої пастеризаційної установки є гідродинамічний нагрівач, схему якого представлено на малюнку 3.10. Він містить корпус 4, ротор 5 з валом 6 і бічні кришки з обох боків ротора.

По колу контакту ротора з корпусом виконані наскрізні отвори 3 з утворенням на циліндричних поверхнях корпусу (внутрішньої) і ротора (зовнішньої) напівкомірок по всій ширині цих деталей. Перегородки, що утворилися, між сусідніми осередками виконують роль лопаток. У центрі ротора розташована розточка 1, яка з'єднана радіальними каналами 7 з комірками 3.

Для подачі молока в ГДН на одній з кришок є отвір 9, а для пастеризованого виведення – патрубков 8. Привід здійснюється від електродвигуна через вал 6. ГДН зовні має теплоізоляційне покриття 2.

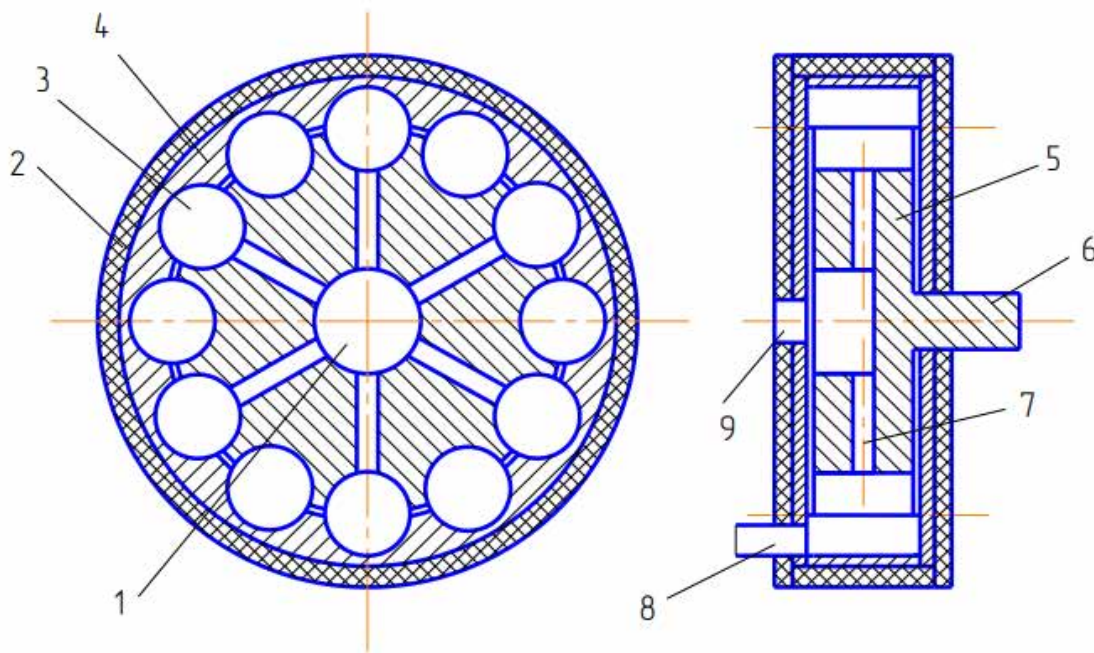


Рис. 3.8 - Схема гідродинамічного нагрівача: 1 – розточка ротора; 2 – термоізоляція; 3 - комірка; 4 – корпус; 5 – ротор; 6 – вал; 7 – радіальний канал; 8, 9 – отвори введення та виведення молока

Молоко в процесі роботи ГДН подається попередньо підігрітим в регенераторі: через отвір 9 воно надходить в центральну розточку 1, з якої розтікається по радіальних каналах в комірки 3. При обертанні ротора на це молоко виробляється гідродинамічний вплив лопат корпусу, а також дроселювання через зазори ротор - корпус. Через сильну турбулізації потоку і

багаторазове тертя енергія обертання ротора перетворюється на теплову енергію молока, нагріваючи його до температури пастеризації на виході з патрубку 8.

Слід зазначити, що цей ГДН працює в умовах кавітації та удару рідини об лопатки апарату, що може сприяти інтенсивній дезінтеграції як мікробіологічних об'єктів [21, 34], так і жирових кульок у молоці .

### 3.5 Дослідження пастеризаційної установки

За своїм принципом пластинчастий теплообмінник призначений для охолодження пастеризованого молока та містить блок двох теплових апаратів – регенератора та охолоджувача. У регенераторі більшість тепла гарячого молока передається що надходить на пастеризацію молока його попереднього нагріву. Температурний графік протиточного регенератора представлений малюнку 3.9 функції площі охолодження у ньому  $F$ .

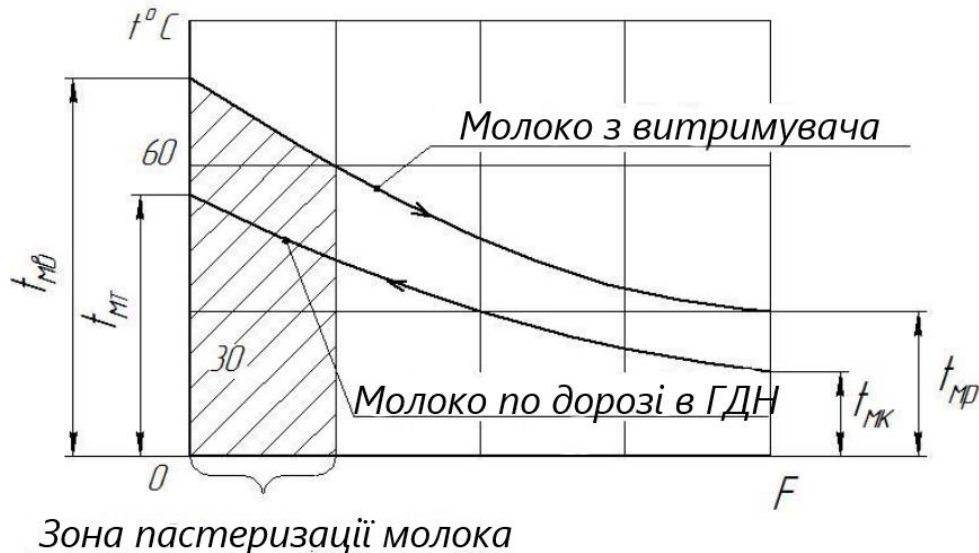


Рис. 3.9 Графік зміни температур молока в регенераторі:  $t_{мв}$  та  $t_{мр}$  – температури пастеризованого молока на вході та виході з регенератора;  $t_{мк}$  і  $t_{мт}$  – температури молока, що підігрівається (протікання) на вході та виході регенератора.

Згідно рис. 3.9 заштрихована зона падіння температури молока після витримувача (понад  $60^{\circ}\text{C}$ ) все ще бере участь у пастеризації молока та придушенні мікрофлори в ньому. Витрати молока  $G_m$  у лініях нагрівання та

охолодження молока в регенераторі однакові, тому для кількості тепла отримаємо такі вирази: у лінії охолодження пастеризованого молока

$$Q = G_m c (t_{mв} - t_{mp})$$

у лінії нагріву молока перед пастеризацією

$$Q = G_m c (t_{mт} - t_{mk})$$

де  $c$  – теплоємність молока.

Прирівнюючи ці два вирази, отримаємо

$$t_{mp} = t_{mk} + \tau_n$$

де  $\tau_n = t_{mв} - t_{mт}$  - Початковий температурний перепад потоків молока на вході гарячого молока в регенераторі. На відміну від пластинчастих охолоджувачів у аналізованому регенераторі кратність потоків молока – одноразова, а для входу і виходу регенератора відрізняється незначно. Зазначена кількість тепла передається через стінки пластин регенератора іншому потоку молока [36]

$$Q = k F_p \Delta t_{cp, ВТ/с} \quad (3.2)$$

де  $\Delta t_{cp}$  – середньологарифмічна різниця (градієнт) температур потоків молока в регенераторі, [37]:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\tau_n - \tau_k}{\ln \frac{\tau_n}{\tau_k}} \quad (3.3)$$

$\Delta t_k = t_{mp} - t_{mk}$  – кінцевий температурний перепад потоків молока на виході гарячого молока із регенератора;  $k$  – коефіцієнт теплопередачі через пластину регенератора,  $Вт/м^2 \cdot К$   $F_p$  – загальна теплообмінна поверхня регенератора,  $м^2$ . Прирівнявши (3.2) та (3.3), можна визначити загальну теплообмінну поверхню регенератора:

$$F_p = \frac{G_m c (t_{mв} - t_{mp})}{k \Delta t_{cp}}, м^2$$

Число робочих пластин у секції:

$$z_{пл} = \frac{F_p}{f_{пл}}$$

де  $f_{пл}$  - Площа поверхні однієї пластини,  $м^2$ . Щоб молоко встигло охолонути до заданої температури, воно повинно знаходитися в охолоджувачі певний час  $t_0$ .

За цей час воно віддає кількість тепла, яка визначається формулою Ньютона (формула 3.3). Цю ж кількість тепла можна уявити, як необхідне для охолодження молока, що знаходиться одночасно в охолоджувачі:

$$Q = f_{nl} \cdot l \cdot \left(\frac{z_{nl}}{2}\right) \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{mв} - t_{mp}), \text{Дж} \quad (3.6)$$

де  $l$  - Товщина зазору, між пластинами, м;  $f_{пл}$  - робоча площа пластини, м<sup>2</sup>; де  $b$  - Ширина пластини, м;  $h$  – висота пластини, м. Прирівнявши формули (3.3) та (3.5), визначимо тривалість знаходження молока в охолоджувачі:

$$T_p = \frac{f_{nl} \cdot l \cdot z_{nl} \cdot \rho \cdot c (t_{mв} - t_{mp})}{2 \cdot k \cdot F_p \cdot \Delta t_{cp}}$$

У зоні пастеризації регенератора гаряче молоко, охолоджуючись до 60о С (мінімальна температура загибелі мікрофлори), втрачає таку кількість тепла

$$Q_p = G_m c (t_{mв} - 60^\circ)$$

а передається через пластини у зоні пастеризації

$$Q_p = k F_{pn} \Delta t_{cp}$$

де  $F_{pn}$  - площа пластин у зоні пастеризації регенератора, м<sup>2</sup>. З (3.4) та (3.6)

отримаємо площу цих пластин та їх кількість зп:

$$F_{pn} = \frac{G_m c (t_{mв} - 60^\circ)}{k \Delta t_{cp}}, \text{м}^2$$

$$z_{nl} = \frac{F_{pn}}{f_n}$$

Тоді тривалість пастеризації молока, що припадає на регенератор, становитиме:

$$T_{pn} = \frac{f_{nl} \cdot l \cdot z_{nl} \cdot \rho \cdot c (t_{mв} - 60^\circ)}{2 \cdot k \cdot F_p \cdot \Delta t_{cp}}$$

Конструкція проточної частини ГДН така, що пристінні шари молока піддаються меншій тепловій обробці та викидаються з апарату недостатньо обробленими за умов пригнічення мікрофлори. Як зазначалося вище це викликає необхідність подачі ГДН попередньо підігрітого в інших апаратах пастеризаційної установки молока до температури 60°С, при якій забезпечується початковий період його пастеризації. Враховуючи ступінь нагріву молока в ГДН

(на 14 - 15° С), середня температура молока по різниці її на виході та вході складе приблизно 67° С.

Таким чином, роль ГДН зводиться тільки до нагрівання молока від 60 до 75° С за час знаходження його в проточній частині ( $\approx 1$  с). Основна роль у придушенні мікрофлори має бути відведена витримувачу і регенератору. Молоко в робочому режимі пастеризаційної установки після ГД нагрівача направлялося у витримувач 4, потім регенератор, де охолоджувалося потоком холодного молока по шляху з бака 1 на пастеризацію. Віддавши частину тепла холодному молоку, пастеризоване молоко надходило в охолоджувач 6.

Тут у контакті через стінку з холодоагентом теплового насоса в конденсаторі 9, забезпечувалася передача тепла надходить з бака 1 холодному молоку. Це забезпечувало суттєве скорочення втрат тепла у пастеризаційній установці та підвищення її теплового ККД. Доцільним є регенератор пластинчастого типу, що забезпечує при невеликому зазорі між пластинами (1 – 2 мм) кращу тепловіддачу холодному молоку по дорозі в ГДН. Пакет з 10 - 15 таких пластин площею 0,5 м<sup>2</sup> кожна матиме місткість 2 - 3 літри, що відповідає тривалості теплової обробки молока в межах температур пастеризації (75 - 60° С) порядку 12 - 18 с.

Решту часу теплової обробки відводиться витримувачу. Воно за цими розрахунками має дорівнювати 10 - 15 с і є основним параметром для визначення місткості витримувача

$$V_{\text{вид}_{\min}} = \frac{MT_{\text{вид}}}{3600} = \frac{600 \cdot 10}{3600} \approx 1,7 \text{ л.}$$

Протікання молока в проточній частині ГДН відбувається з різною швидкістю в перерізах зазору ротор-статор і перерізі комірок при їх розкритті в процесі обертання ротора. Здійснюючи складні вихрові та зворотні течії в порожнині самої комірки, молоко з великою швидкістю натікає на лопатки статора.

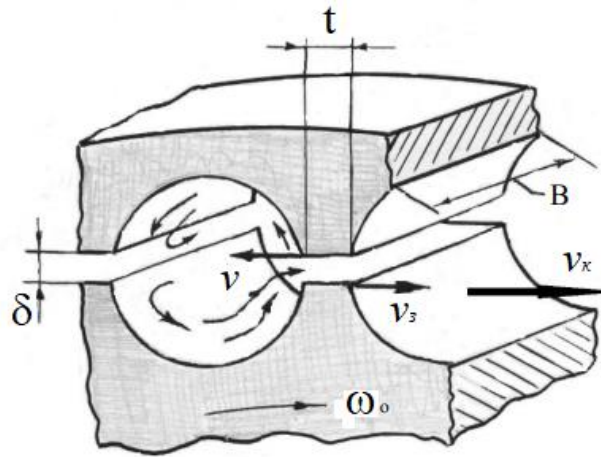


Рис. 3.10. Схема потоку молока у проточній частині нагрівача в момент співпадання комірок ротора і статора:  $t$  – відстань між комірками, м;  $\delta$  – зазор між ротором і статором, м;  $B$  – ширина комірок, м;  $v_k$  та  $v_z$  – швидкості молока відповідно в комірках та зазорі ротор-статор, м/с;

У комірках статора потік молока гальмується, а зазорі його швидкість визначається продуктивністю установки, спрямовану у бік обертання ротора, але значно менше швидкості його обертання.

Це викликає «відставання» шарів молока від швидкості обертання ротора та посилене взаємне тертя з шарами молока в комірках ротора та з його поверхнею: з'являється швидкість обертання ротора щодо молока (відносна кутова швидкість). При дроселюванні потоку молока на виході з ГДН з метою регулювання його продуктивності та температури нагрівання (підвищення на  $\Delta t$ ) тривалість знаходження молока в проточній частині збільшується на 0,4 с на кожні  $5^\circ$  підвищення його температури пастеризації. При цьому воно на 20 обертів ротора довше знаходиться в порожнинах ГДН до виходу у витримувач.

За даними дослідів при зміні продуктивності ГДН від 900 кг/год до 360 кг/год колова швидкість молока знижується від 41,7 до 16,6  $\text{с}^{-1}$ , через що відносна швидкість лопаток ротора (по відношенню до молока, що обертається) підвищується.

На рисунку 3.11 представлений графік зміни лінійної швидкості молока у зазорі проточної частини  $v_z$  та в порожнині осередків  $v_a$  у функції подачі його в ГДН.

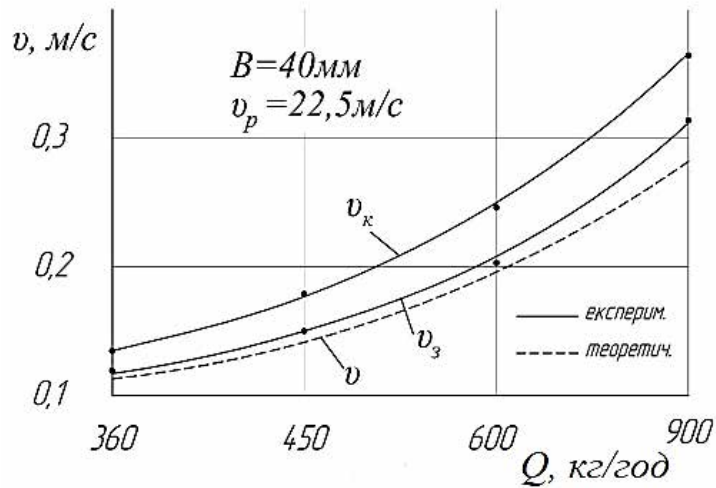


Рис. 3.11. Вплив подачі молока на його лінійну швидкість в проточній частині гідродинамічного нагрівача

Зі збільшенням подачі в ГДН швидкість молока в зазорі ротор - статор збільшується нелінійно спочатку плавно в межах 360 - 600 кг/год, а потім різкіше, залишаючись майже в 10 разів менше за колову швидкість лопаток ротора, що забезпечує інтенсивний вплив їх на всі шари молока у проточній частині ГДН. Теоретичні значення швидкості близькі до експериментальних даних.

Чим більша температура нагрівання молока в ГДН, а, отже, і перепад температур молока  $\Delta t$  на його вході та виході, тим більша тривалість зберігання пастеризованого молока (рис. 3.12).

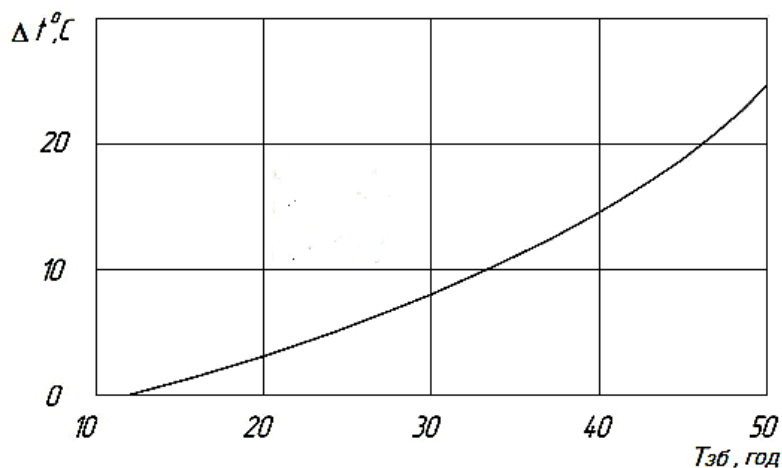


Рис. 3.12. Вплив ступеня нагрівання молока в ГДН на тривалість його зберігання в охолодженому стані

Таким чином, при продуктивності пастеризаційної установки 600 кг молока на годину оптимальні параметри гідродинамічного нагрівача наступні:

- діаметр ротора - 150 мм;
- діаметр комірок - 35 мм;
- кількість комірок ротора 12, статора - 11;
- Відносна колова швидкість ротора - 21 ... 24 м / с;
- перепад температур на вході та виході ГДН – 15°C.

## 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РОЗРОБЛЕНИХ РІШЕНЬ

Оптимізація витрат ресурсів особливо актуальна зараз оскільки більшість видів продукції сільськогосподарських підприємств України неконкурентоспроможна, в зв'язку з тим, що ресурсомісткість її у 2 - 3, а то й більше, рази вища, ніж у розвинених країнах Заходу. У загальних енергетичних витратах на виробництво продукції тваринництва найбільшу частину (54 - 60 %) складає енергія, що витрачається на виробництво і приготування кормів, тому зниження ресурсовитрат на їх виробництво дасть вагомі результати в ресурсозбереженні.

### 5.1 Розрахунок капіталовкладень

Балансова вартість дорівнює:

$$B = K \cdot \alpha, \quad (5.1)$$

де  $B$  - балансова вартість, грн;  $K$  – капіталовкладення, грн  
 $\alpha$  - коефіцієнт переводу в балансову вартість,  $\alpha = 1,2$ .

Відрахування на технічне обслуговування та ремонт:

$$P = \frac{B \cdot \varepsilon}{100}; \quad (4.2)$$

де  $\varepsilon$  - відсоток відрахувань на технічне обслуговування та ремонт,  $\varepsilon = 13\%$ .

### 4.2 Розрахунок експлуатаційних затрат

Експлуатаційні затрати включають в себе витрати на заробітну плату, амортизаційні та ремонтні відрахування, витрати на електроенергію. Для визначення річних експлуатаційних затрат необхідно знати річний обсяг робіт. Приймаючи до уваги розрахунки в п. 2.6, річний обсяг виробництва молока складає:

$$Q_p = Q_d \cdot 365 = 5523,3 \cdot 365 = 2016000 \text{ кг} = 2016 \text{ т.}$$

### Розрахунок фонду оплати праці

Витрати на оплату праці з врахуванням вихідних днів та відпусток і визначається за формулою:

$$Z_{\text{пр}} = T \cdot m \cdot b \cdot t \cdot 1,9 \quad (4.3)$$

Де  $T$  – кількість днів роботи на рік;

$t$  – час виконання роботи, год;

$m$  - кількість операторів (приймаємо 1 оператор),

$b$  - годинна тарифна ставка оператора ( $b = 34$  грн/год);

1,9 - коефіцієнт, що враховує нарахування.

Річна тривалість роботи агрегату:

$$T_p = T \cdot t \quad (5.3)$$

### 4.3. Розрахунок амортизаційних відрахувань

Амортизаційні відрахування розраховуються за формулою:

$$A = \frac{B \cdot \beta}{100}, \quad (5.4)$$

де  $\beta$  - відсоток амортизаційних відрахувань,  $\beta = 15,2$  %.

Витрати на електроенергію визначають

$$B = N \cdot T_p \cdot Z_e, \quad (5.5)$$

де  $Z_e$  – вартість кВт · год електроенергії, грн.

### 4.4. Розрахунок експлуатаційних затрат

Експлуатаційні затрати на роздавання кормосумішок розраховуються за формулою:

$$C_{\text{б.}} = Z_{\text{пр.}} + P + A + B \quad (4.6)$$

Річна економія експлуатаційних затрат розраховується за формулою:

$$AC_P = (C_{\text{п.р.б.}} - C_{\text{п.р.п.}}) \cdot Q_p; \quad (4.7)$$

Річні приведені затрати розраховуємо за формулою:

$$P_{\text{пр.}} = Z_{\text{заг}} + c_k \cdot K, \quad (4.8)$$

де  $P_{\text{пр}}$  - приведені затрати, грн.;

$Z_{\text{заг}}$  - загальні затрати, грн.;

$c_k$  - коефіцієнт ефективності приведених затрат,  $c_k = 0,15$ ;

$K$  - капіталовкладення, грн;

Приведені затрати на одиницю продукції розраховуємо за формулою:

$$P_{\text{пр.од}} = \frac{P_{\text{пр.}}}{O_p}, \quad (4.9)$$

Річний економічний ефект становить

$$P_{\text{ек}} = (P_{\text{пр.од.б.}} - P_{\text{пр.од.р.}}) \cdot O_p; \quad (4.10)$$

Термін окупності капітальних вкладень складає:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_p}{P_{\text{ек}}}, \quad (4.11)$$

Обчислення показників економічної ефективності згідної приведеної методики здійснювалися за допомогою програми Excel Microsoft. Отриманні результати були занесені в таблицю 4.1.

## Економічні показники проекту

Назва показника	Існуючий комплект	Розроблений комплект
Річний обсяг виробництва молока, т	2016	2016
Капіталовкладення, грн.;	24500	110690,8
- експлуатаційні затрати, грн.;	209050,7	110080,3
- приведені затрати, грн.	218730,2	117080,8
- питомі затрати праці, люд-год/т;	0,68	0,55
Економія експлуатаційних затрат, грн.		65490,4
Річний економічний ефект, грн.		105121,7
Термін окупності, років		1,03

Отже, в результаті впровадження запропонованої технології первинної обробки молока буде отримано річний економічний ефект 105121,7 грн.

Період окупності капіталовкладень буде становити 1,03 роки.

## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1. Загальні положення

Охорона праці - це система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Правовою основою законодавства, щодо охорони праці в господарстві є:  
Конституція України,

Закон України «Про охорону праці»,

Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасних випадків на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності»,

Закон України «Про охорону здоров'я»,

Закон України «Про пожежну безпеку»,

Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища»,

Закон України «Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення»,

Закон України «Про колективні договори і угоди», Закон України «Про дорожній рух»,

Кодекс законів про працю України,

Положенням про організацію роботи з охорони праці.

НПАОП 01.0-1.01-12. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві

НПАОП 01.2-1.10-05. Правила охорони праці у тваринництві. Велика рогата худоба

НПАОП 0.00-4.12-2005. Перелік робіт з підвищеною небезпекою

Правила охорони праці для працівників, зайнятих на роботах зі зберігання та переробки зерна. НПАОП-15.0-1.01-17. Затверджені наказом

Міністерства соціальної політики України 20.09.2017 № 1504, зареєстровані в Міністерстві юстиції України 23 жовтня 2017 р. за N 1288/31156.

Рівні небезпечних і шкідливих виробничих чинників у виробничих приміщеннях та на робочих місцях не повинні перевищувати норм, установлених:

- Санітарними нормами мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99, затвердженими постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01 грудня 1999 року № 42,
- Санітарними нормами виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку ДСН 3.3.6.037-99, затвердженими постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01 грудня 1999 року № 37,
- Державними санітарними нормами виробничої загальної та локальної вібрації ДСН 3.3.6.039-99, затвердженими постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01 грудня 1999 року № 39,
- Державними санітарними нормами і правилами при роботі з джерелами електромагнітних полів, затвердженими наказом Міністерства охорони здоров'я України від 18 грудня 2002 року № 476, зареєстрованими у Міністерстві юстиції України 13 березня 2003 року за № 203/7524,
- Вимогами до роботодавців щодо захисту працівників від шкідливого впливу електромагнітних полів, затвердженими наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 05 лютого 2014 року № 99, зареєстрованими у Міністерстві юстиції України 25 лютого 2014 року за № 335/25112.

## **5.2. Стан охорони праці в господарстві**

У господарстві проведено паспортизацію робочих місць. При цьому були враховані параметри навколишнього середовища, що впливають на організм людини: температура, тиск, освітленість, рівень шуму, вологість, швидкість руху повітря. Для оперативного контролю за станом охорони праці заведений журнал зауважень і пропозицій.

Оперативний контроль передбачає регламентовані в часі перевірки та звіти керівників і спеціалістів виробничих підрозділів господарства.

Завідуючим фермою разом з громадськими інспекторами з охорони праці комітету профспілки здійснюють перший ступінь оперативного контролю. При цьому мають щозмінно перевірятись заходи по усуненню існуючих недоліків..

Головний інженер господарства здійснює оперативний контроль 1 раз у десять днів. В журнал оперативного контролю заносяться зауваження та пропозиції. Звіт керівнику господарства складається щомісячно.

Щомісяця керівник підприємства проводить огляд та перевіряє стан організації роботи з охорони праці в господарстві.

У відповідності з загальними положеннями організовується система навчання працюючих безпеці праці. Під час професійно-технічного навчання на робочому місці під керівництвом спеціаліста проводяться навчання з питань охорони праці для нових працівників.

Відповідно до виробничих умов господарства проводяться за раніше окресленим планом всі види інструктажу. Вони розробляються у відповідності з діючими правилами та нормами вимог безпеки. Планування заходів з охорони праці передбачає розробку плану заходів, які оформлюються угодою між адміністрацією та профспілковим комітетом.

Вступний інструктаж проводять з усіма працівниками та спеціалістами, що приймаються на роботу, незалежно від їх освіти, стажу роботи чи посади, а також з відрядженими, учнями та студентами, що прибули на виробниче навчання чи практику. Вступний інструктаж проводить інженер з охорони праці. Він реєструється в журналі реєстрації вступного інструктажу.

Первинний інструктаж на робочому місці проводиться з кожним працівником окремо з практичним показом безпечних способів і методів роботи.

Повторний інструктаж проводиться індивідуально чи з групою працівників через шість місяців за програмою інструктажу на робочому місці з

метою перевірки та покращення рівня знань правил та інструкцій з охорони праці.

Позаплановий інструктаж проводять після зміни правил охорони праці, технологічного процесу, модернізації обладнання та інструменту, порушення робітниками вимог безпеки, перерви в роботі більше 30 календарних днів для робіт з підвищеною небезпекою і 60 днів для інших робіт.

Цільовий інструктаж проводять з працівниками перед виконанням робіт, на які оформляється наряд-допуск.

Проведення цільового інструктажу фіксується в наряді-допуску, а повторного та позапланового - в журналі реєстрації первинного інструктажу на робочому місці.

Навчання безпеці праці під час підвищення кваліфікації для робітників проводиться на курсах підвищення кваліфікації спеціалістів при вищих навчальних закладах або науково-дослідних інститутах і підприємствах.

### 5.3. Розрахунок природного освітлення корівника

Природне освітлення розділяється на бокове, верхнє і комбіноване освітлення. В даному тваринницькому приміщенні вікна розташовані у двохсторонньому боковому порядку.

При боковому освітленні розрахунок площі вікон проводиться за формулою [10]:

$$100 \cdot \frac{S_0}{S_M} = \frac{e_M \cdot k_3 \cdot \eta_0}{r_0 \cdot r} \cdot k_{з.д}; \quad (5.1)$$

$$S_0 = \frac{e_M \cdot k_3 \cdot \eta_0 \cdot S_M}{r_0 \cdot r \cdot 100} \cdot k_{з.д}$$

де  $S_0$  — площа вікон при боковому освітленні, м<sup>2</sup>;

$S_M$  — площа підлоги приміщення, м<sup>2</sup>;

$e_M$  — нормативне значення КЕО;

$k_3$  — коефіцієнт запасу;

$k_{з.д}$  — коефіцієнт, що враховує затінення вікон сусідніми приміщеннями;

$r_0$  — загальний коефіцієнт світлопроникнення матеріалу;

$r$  — коефіцієнт, що враховує КЕО при боковому освітленні завдяки світловідбиттю поверхні приміщення.

$\eta_0$  світлохарактеристика вікна.

Значення вказаних коефіцієнтів вибираємо по таблицям нормативне значення КЕО визначаємо по формулі:

$$e_M = e_n^{III} \cdot m \cdot c \quad (5.2)$$

де  $e_n$  — значення КЕО по таблицям;

$m$  — коефіцієнт світлового клімату;

$c$  — коефіцієнт сонячності клімату.

Так як дане приміщення розташоване в III поясі світлового клімату, то:

$$e_n^{III} = 1,5 \cdot 0,9 \cdot 0,6 = 0,81$$

Загальний коефіцієнт світлопроникнення дорівнює:

$$r_0 = r_1 \cdot r_2 \cdot r_3; \quad (5.3)$$

де  $r_1$  — коефіцієнт світлопроникнення приміщення;

$r_2$  — коефіцієнт, що враховує втрати світла в перекритті вікна;

$r_3$  — коефіцієнт, що враховує втрати світла в конструкціях.

$$r_0 = 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1 = 0,52$$

Підставивши коефіцієнти у формулу (4.1.) одержимо:

$$S_0 = \frac{864 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1,2}{0,6 \cdot 1,2 \cdot 100} = 12 \text{ м}^3$$

Визначаємо необхідну кількість вікон в корівнику по формулі:

$$n = \frac{S_0}{S_{\text{вікна}}}; \quad (5.4)$$

де  $S_{\text{вікна}}$  — площа одного вікна, приймаємо  $S_{\text{вікна}} = 0,8 \text{ м}^2$ .

$$n = \frac{12}{0,8} = 15 \text{ вікон}$$

#### 5.4. Розрахунок штучного освітлення корівника

Організація правильного освітлення робочих місць і виробничих приміщень природним і штучним освітленням має велике санітарно-гігієнічне значення, сприяє підвищенню продуктивності праці, зниженню травматизму, поліпшенню якості продукції.

Недостатнє освітлення ускладнює виконання технологічного процесу і може бути причиною нещасного випадку та захворювання органів зору. У зв'язку з цим до виробничого освітлення ставлять високі вимоги.

Кількість ламп для освітлення корівника визначаємо по формулі:

$$n = \frac{F_{cn}}{f_{cn}}; \quad (5.5)$$

де  $F_{cn}$  — загальний світловий потік;

$f_{cn}$  — світловий потік однієї лампи.

Лампа розжарювання потужністю 100 Вт має світловий потік 1710 Лм. Загальний світловий потік визначаємо по формулі:

$$F_{el} = \frac{K_3 \cdot S_n \cdot E}{\eta \cdot z}; \quad (5.6)$$

де  $S_n$  — площа підлоги корівника, м<sup>2</sup>;

$z$  — коефіцієнт нерівномірності освітлення;

$E$  — норма штучного освітлення;

$K$  — коефіцієнт запасу;

$\eta$  — коефіцієнт використання світлового потоку.

$$F_{el} = \frac{1.3 \cdot 1656 \cdot 20}{0.45 \cdot 0.95} = 95680 \text{ Лм}$$

Кількість ламп становить:

$$n = \frac{95680}{1710} = 56 \text{ ламп.}$$

## ВИСНОВКИ

1. Згідно проведеного аналізу виробничої діяльності СТОВ «Кирилівське» та огляду інформаційних джерел були запропоновані комплексні рекомендації по механізації технологічних процесів на молочно-товарній фермі господарства.
2. Для підвищення якості молока та тривалості його зберігання до моменту реалізації запропоновано використовувати процес пастеризації молока. Для цього пропонується використовувати пастеризаційну установку з гідродинамічним нагрівачем.
3. Теплова обробка молока в установці з ГДН відбувається шляхом перетворення механічної енергії за рахунок тертя шарів молока, турбулізації потоку молока, а також тертя молока в зазорі між ротором і статором.
4. При пропускній здатності пастеризаційної установки 500 кг молока за годину оптимальні параметри гідродинамічного нагрівача наступні:
  - діаметр ротора - 160 мм;
  - кількість комірок у роторі 14, у статорі - 15
  - діаметр комірки - 36 мм;
  - колова швидкість ротора - 25 м / с;
  - різниця температур на вході та виході гідродинамічного нагрівача – 15°C.
5. При впровадженні даної технології первинної обробки молока на фермі буде отримано річний економічний ефект 203130 грн. Період окупності становитиме 1,5 року.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аверчева Н.О. Підвищення якості молока як основа конкурентоспроможності продукції на Європейському ринку.// Агросвіт, 2019. - №22. - С. 19-30.
2. Антощенкова В. В., Кравченко О. М. Економічна ефективність виробництва та реалізації молока в Україні. Актуальні проблеми інноваційної економіки, 2016.- № 3. - С. 39–44.
3. Димань Т.М. Безпека продовольчої сировини і харчових продуктів: підручник / Т.М. Димань, Т.Г. Мазур. – К.: ВЦ «Академія», 2011. – 520 с.
4. Закон України «Про молоко та молочні продукти» від 24.06.2004 № 1870-IV (<http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1870-15>)
5. Єресько, Г. О. Технологічне обладнання молочних виробництв [Текст] / Г. О. Єресько, М. М. Шинкарик, В. Я. Ворошук– К.: Фірма „ІНКОС”, центр навчальної літератури, 2007. – 344 с.
6. Молоко-сировина коров'яче. Технічні умови: ДСТУ 3662-2015. – [Чинний від 2018-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2018. – 9 с.
7. Молоко коров'яче питне. Загальні технічні умови: ДСТУ 2661:2010. – [Чинний від 2010-10-11]. – К.: Держспоживстандарт України, 2018. – 17 с.
8. Кухтин М.Д. Теоретичне обґрунтування ветеринарно-санітарних нормативів і розроблення системи контролю виробництва молока коров'ячого незбираного охолодженого : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. вет. наук : спец. 16.00.06 “Гігієна тварин та ветеринарна санітарія” / М.Д. Кухтин. – Львів, 2011. – 40, [1] с.
9. Молочне скотарство в особистих селянських господарствах: О.Ф. Гончар, Ю.М. Сотніченко, В.М. Башенко: Монографія. – Черкаси: Черкаська дослідна станція біоресурсів, 2012. – 281 с.
10. Миронюк Г. Посібник для малих та середніх підприємств молокопереробної галузі з підготовки та впровадження системи управління безпеністю

- харчових продуктів на основі концепції ХАССП / Г. Миронюк, О. Дорофєєва, Г. Василенко. — К. : Проект USA ID, 2008. — 131 с.
11. Машкін М.І., Париш Н.М. Технологія виробництва молока і молочних продуктів / М.І.Машкін, Париш Н.М. // К.: Вища освіта, 2006. — 351 с. :іл.
  12. Технологічне обладнання молочних виробництв. «Інкос», 2007 Київ, 344с.
  13. Маслак О.О. Пріоритети молочної галузі / О.О. Маслак // Агробізнес сьогодні. — 2014. — №22(293). — Режим доступу: <http://www.agro-business.com.ua/ostannia-vip-novyna/2468-2014-11-20-10-59-18.html>
  14. Кучер Л. Ю. Шляхи підвищення ефективності виробництва молока на інноваційній основі / Кучер Л. Ю. // Економіка АПК. - 2013. - № 3 - С. 70
  15. Кучер Л. Ю. Інтенсифікація молочного скотарства у підвищенні його прибутковості / Л. Ю. Кучер // Вісн. аграр. науки. — 2010. — № 12. — С. 72–75.
  16. Шиян Н.І. Розвиток скотарства в Україні. / Шиян Н.І. //Економіка АПК. — 2016. - №9. -С. 38-43.
  17. Іванова А.С. Молочне скотарство: сучасний стан та проблеми вирішення. /*Агросвіт*. — 2017. — №22. — С. 57- 62.
  18. Петриченко О.А. Аналіз тенденцій розвитку галузі молочного скотарства в ланці молокопродуктового ланцюга. *Економіка АПК*. 2018. №5. С. 33-40.
  19. Тристан Р. В. Обґрунтування основних параметрів гідродинамічного нагрівача пастеризаційної установки. Матеріали XVII-го Міжнародного форуму молоді "Молодь і сільськогосподарська техніка у XXI сторіччі" (м. Харків, 25-26 березня 2021 р.); наук. кер. Болтянський Б. В. Харків, 2021. С. 37.
  20. Болтянський Б. В. Забезпечення комфорту тварин у молочному скотарстві. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: Мат. II Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 483-487. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/boltjanskyjb.v.-dereza-o.o.-dereza-s.v.-zabezpechennja-komfortu-tvaryn-u-molochnomuskotarstvi.pdf>

21. Розрахунок параметрів пластинчастої пастеризаційно-охолоджувальної установки. Методичні вказівки для студентів спеціальності 8.05050313 Обладнання переробних і харчових виробництв ОКР Бакалавр - Таврійський державний агротехнологічний університет, 2015 -19 с.
22. Баглай Н.І. Удосконалення пастеризаційно–охолоджувальної установки для кисломолочних продуктів ОПЛ-10 / Н.І. Баглай, Б.Л. Шамчук // Збірник тез доповідей ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 25-26 листопада 2020 року. — Т. : ТНТУ, 2020. — Том 2. — С. 141.
23. Машини, обладнання та їх використання в тваринництві: підручник для здобувачів ступеня вищої освіти закладів вищої освіти / Р. В. Скляр, О. Г. Скляр, Н. І. Болтянська, Д. О. Мілько, Б. В. Болтянський. – К.: Видавничий дім «Кондор», 2019. – 608 с., іл.
24. Проектування технологій і технічних засобів для тваринництва [Скорик О.П., Полупанок В.М., Науменко О.А. та ін.]; за ред. О.П.Скорика, В.М.Полупанова. – Харків: ХДТУСГ, 2009.
25. Проектування механізованих технологічних процесів у тваринництві: навчальний посібник з виконання дипломних проектів з механізації тваринництва [І.М. Бендера, В.П. Лаврук, С.В. Єрмаков та ін.]; за ред. І.М. Бендери, В.П. Лаврука. – Кам'янецьПодільський: ФОП Сисин О.В., 2011. – 564с.
26. Карташов Л.П. Стратегия создания адаптивной техники для эффективной биотехнической системы производства молока / Л.П. Карташов, А.И. Фененко // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха. – 2005. – Вип. 89. –С. 347–354.
27. Присяжнюк М.В. Система технологій та машин для виробництва молока та яловичини / Присяжнюк М.В. та ін.// Аграрна наука – 2013. – 336с.
28. Машиновикористання у тваринництві: Підручник для студентів вищих аграрних навчальних закладів III-IV рівнів акредитації / І.І.Ревенко, О.О. Заболотько, В.С. Хмельовський. – К. : ЦП «Компринт», 2016. – 260 с.

29. Машини та обладнання для тваринництва. Для студентів вищих аграрних навчальних закладів /Ревенко І.І., Хмельовський В.С., Заболотько О.О, Ребенко В.І. та ін. – © ДУ «Науково-методичний центр вищої та фахової передвищої освіти», 2019. - <http://rodak.if.ua/mot/index.htm>
30. Проектування і розрахунок технологічних систем у тваринництві: Посібник для студентів вищих аграрних навчальних закладів III-IV рівнів акредитації /О.О.Заболотько та та ін. – К. : ЦП «Компринт», 2019. – 268 с.
31. Технологія переробки молока : навчальний посібник / Шаблій Л. М. Видавничий дім «Кондор», 2019. – 308 с.
32. Механізація доїння і первинної обробки молока: Підручник для здобувачів вищої освіти / Скляр О. Г., Болтянська Н. І., Скляр Р. В., Маніта І. Ю. // К.: Видавничий дім «Кондор», 2021. – 404 с., іл
33. Носов Ю.М. Проектування технологічних процесів у тваринництві та птахівництві / Носов Ю.М. // К.: Видавничий дім «Кондор», 2019. – 500 с.
34. Сиротюк В.М. Машини та обладнання для тваринництва. Навч. пос. / Сиротюк В.М.// К.: Видавничий дім «Кондор», 2021. – 204 с.
35. Дмитрів В.Т. Машиновикористання у тваринництві. Лабораторний практик. / Дмитрів В.Т.// К.: Видавничий дім «Кондор», 2021. – 252 с.
36. Фененко А.І. Механізація доїння корів. Теорія і практика : монографія / А. І. Фененко. - К., 2008. - 198 с.
37. Дмитрів В.Т. Основи теорії машиновикористання у тваринництві : навч. посіб. / В. Т. Дмитрів. - Л. : Афіша, 2008. - 260 с.
38. Мельник Ю.Ф. Машини для тваринництва та птахівництва : навч. посіб. / Ю. Ф. Мельник, Ю. Я. Лузан, О. О. Шевченко, Я. М. Гадзало, А. М. Мірошник, М. С. Даценко; Укр. НДІ прогнозування та випробування техніки і технологій для с.-г. вир-ва ім. Л.Погорілого. - Дослідницьке, 2009. - 207 с.
39. Сенік В. Б. Якість молока при пастеризації енергозберігаючим гідродинамічним пастеризатором / В. Б. Сенік // Аграрний вісник Причорномор'я: зб. наук. пр. / ОДАУ. - Одеса, 2016. - Вип.80: Технічні науки. - С.177-180.

40. Пат. на корисну модель №21860. Україна, МПК (2006) А23С 3/00. Гідродинамічна установка кавітаційного пастеризатора молока /Топілін Г.Є., Сенік В.Б. Опубл. 10.04.2007; Бюл.№4
41. Єрошенко С. І. Експериментальне дослідження інтенсифікованого конвективного теплообміну в каналах пластинчастого рекуператора / С. І. Єрошенко, Ю. В. Майборода // Вісник аграрної науки, 2011. - №5. – С. 32 – 34.
42. Костенко В. І. Технологія виробництва молока і яловичини. Практикум К 71 [текст] : навч. посіб. / В. І. Костенко-К. : «Центр учбової літератури», 2013. - 400 с.
43. Машина та обладнання для тваринництва. Том 2/О.А. Науменко, І.Г. Бойко, О.В. Нанка; за ред. І.Г. Бойко. – Х.: 2006. – 278с.
44. Хомик Н. І. Машина та обладнання для тваринництва: навчально-методичний посібник до лабораторних робіт / Н. І. Хомик, Т.А. Довбуш, Г. Б. Цьонь. – Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2018. – 100 с.
45. Теорія та розрахунок машин для тваринництва /І.Г. Бойко, В.Г Грідасов, А.І. Дзюба та ін.; За ред. І.Г. Бойко. – Х.: НМЦ ХНТУСГ, 2002. – 216с.
46. Хомик Н.І., Довбуш А.Д. Машина та обладнання для тваринництва. Курс лекцій. Ч. 2 Тернопіль: Видавництво ТНТУ ім. І.Пулюя, 2013. – 224 с.
47. Цьонь Г.Б. Машина та обладнання для тваринництва: навчально-методичний посібник до курсового проекту. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А, 2017. – 84 с.
48. . Zabolotko O., Achkevych O., Potapova S., Kisilov R. Research in milking machine of pairwise combined type. “Engineering for Rural Development”. Volume 22. Jelgava, Latvia University of Agriculture. 2023. Pp. 390-396. doi.org/10.22616/ERDev.2023.22.TF084
49. Achkevych O., Achkevych V., Bratishko V., Potapova S. Justification of rational design parameters of milking machine for installations with milk line system. “Engineering for Rural Development”. Volume 19. Jelgava, Latvia University of Agriculture. 2020. Pp. 1313-1318. doi.org/10.22616/ERDev2020.19.TF329