

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

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

ПРОКОПЕНКО АНДРІЙ ОЛЕКСІЙОВИЧ

УДК 631.22

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕХАНІЗАЦІЇ ФЕРМИ
ВРХ З МОДЕРНІЗАЦІЄЮ ПАСТЕРИЗАЦІЙНО-
ОХОЛОДЖУВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ**

208 “Агроінженерія”

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

_____ Прокопенко А.О.

Керівник роботи

Медведський О.В.

кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2024

АНОТАЦІЯ

Прокопенко Андрій Олексійович. Підвищення ефективності механізації ферми ВРХ з модернізацією пастеризаційно-охолоджувальної установки. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2024.

Кваліфікаційна робота спрямована на розв'язання проблем оптимізації виробничих процесів на молочних фермах шляхом вдосконалення існуючої технології пастеризації та охолодження молока. У рамках роботи проведено аналіз існуючих методів пастеризації та охолодження молока, визначено їх недоліки та розроблено інноваційні рішення для їх усунення.

Результатом виконаних досліджень є створення оптимізованої моделі пастеризаційно-охолоджувальної установки, яка забезпечує покращені показники енергоспоживання та якості молока. Запропоновані заходи сприятимуть підвищенню продуктивності ферми, зменшенню виробничих витрат та поліпшенню загальної ефективності технологічних процесів.

Проект містить розрахункову частину, креслення модернізованої установки, а також рекомендації з безпеки виконання робіт на фермі. Запропоновані рішення мають практичну значущість і можуть бути впроваджені на молочних фермах з метою підвищення їх конкурентоспроможності та стійкого розвитку.

Ключові слова: молоко, пастеризація, охолодження, ферма, модернізація, конструкція.

ANNOTATION

Prokopenko Andrii Oleksiiovych. Increasing the efficiency of cattle farm mechanization with the modernization of pasteurization and cooling plant. – Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2024.

The qualification work is aimed at solving the problems of optimizing production processes on dairy farms by improving the existing technology of milk pasteurization and cooling. As part of the work, the existing methods of milk pasteurization and cooling were analyzed, their shortcomings were identified, and innovative solutions were developed to eliminate them.

The result of the research is the creation of an optimized model of a pasteurization and cooling plant that provides improved energy consumption and milk quality. The proposed measures will help to increase farm productivity, reduce production costs and improve the overall efficiency of technological processes.

The project contains a calculation part, drawings of the modernized plant, and recommendations for the safety of work on the farm. The proposed solutions are of practical importance and can be implemented on dairy farms to increase their competitiveness and sustainable development.

Keywords: milk, pasteurization, cooling, farm, modernization, design.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ЗАСОБИ МЕХАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ МОЛОЧНО-ТОВАРНОЇ ФЕРМИ.....	9
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ. ВИБІР МАШИН І ОБЛАДНАННЯ.....	14
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА І КОНСТРУКТИВНІ РОЗРАХУНКИ ВИБРАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ.....	25
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	36
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	35

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Молочні ферми, як і сільськогосподарське виробництво країни загалом, повинні постійно зростати й удосконалюватися, планомірно реконструюватися і технічно переозброюватися. Мала і середня реконструкція тваринницьких підприємств зазвичай здійснюється на базі технічних рішень, підготовлених інженерно-технічними працівниками самих підприємств. Крім того, дуже часто багато машин і апаратів на фермах доводиться перекоструювати для виконання інших технологічних операцій. Найефективнішою є реконструкція, якщо вона виконується з урахуванням умов розмірів, спеціалізації виробництва, удосконалення технології утримання худоби, комплексної механізації виробничих процесів.

Сучасні тваринницькі ферми та комплекси насичуються складною, високопродуктивною технікою. Промисловість налагодила виробництво технологічних потокових ліній для штучного сушіння і брикетування кормів, машинного доїння корів з обробкою молока, роздачі кормів. Тривають роботи зі створення машин і обладнання для консервування кормів і обробки соломи. У деяких господарствах Житомирської області здійснено комплексну механізацію й автоматизацію тваринництва.

З кожним роком збільшується споживання населенням сільськогосподарських продуктів. Це означає, що потрібно забезпечити зростання виробництва основних видів продукту тваринництва.

Збільшення обсягів виробництва та підвищення якості молока за одночасного зниження їх собівартості є одним зі складних завдань сільськогосподарського виробництва. Успішному вирішенню цього завдання сприяє застосування нових технологій виробництва молока.

Нині стає економічно не вигідно організовувати в господарстві переробку молока, це пов'язано насамперед із високою вартістю обладнання та неможливістю якісного дотримання технології виробництва. Доцільніше

підвищувати якість молока за рахунок його первинної обробки, оскільки при цьому значно зростає його закупівельна вартість.

Поставлене завдання можна вирішити шляхом модернізації пастеризаційно-охолоджувальної установки для первинної обробки молока. Установку слід переобладнати й модернізувати для роботи у двох режимах:

1) очисника - охолоджувача (під час первинної обробки молока від здорового стада корів);

2) очисника - пастеризатора - охолоджувача, у якому в якості автономного виробника малогабаритного електродного котла використано бойлер із монтованим у нього електродами - нагрівачами (під час первинної обробки молока від стада корів у разі епізоотії). Це дасть змогу забезпечити всі необхідні виробничі процеси в молочному блоці ферми без монтажу додаткової дорогої автоматизованої пластинчастої пластинчастої охолоджувальної установки.

Модернізація фермерських потокових технологічних ліній дає планований ефект тільки в тому разі, якщо переналагодження роботи таких ліній або переведення устаткування на нові режими роботи здійснюється на базі попередніх технологічних і експлуатаційних розрахунків.

Нині особливу увагу необхідно приділити реконструкції дрібних ферм, обґрунтуванню і створенню для них універсальних комплектів машин і обладнання. Потрібно розробити програму будівництва під'їзних шляхів до цих ферм, сховищ, майданчиків.

Метою дипломного проєкту: підвищення ефективності механізації ферми великої рогатої худоби (ВРХ) шляхом модернізації пастеризаційно-охолоджувальної установки, що дозволить зменшити енергоспоживання, підвищити якість молочної продукції та забезпечити стабільність технологічних процесів.

Тому, виходячи з поставленої мети, було сформульовано такі завдання досліджень:

- провести аналіз сучасного стану механізації ферм ВРХ;

- розробити технічні рішення для модернізації установки;
- провести переоснащення ферми ВРХ для підвищення рівня механізації та автоматизації.

Об'єкт дослідження є процеси модернізації пастеризаційно-охолоджувальної установки для підвищення ефективності механізації ферми ВРХ, включаючи технічні рішення, впровадження автоматизації та оптимізацію енергоспоживання.

Предмет дослідження є закономірності впливу конструктивних параметрів пастеризаційно-охолоджувальної установки на техніко-економічні показники функціонування ферми ВРХ.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Куликівський В. Л., Пилипович М. М., Буката Д. О., **Прокопенко А. О.**, Рубіс О. В. Підвищення ефективності машинного доїння корів шляхом розроблення та оптимізації доїльного обладнання. Сучасна концепція освітлення в птахівництві. Збірник тез X-ї всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь». м. Житомир, 20 квітня 2024 року. Житомир : ЖАТФК. С. 30-32.

2. Медведський О.В., **Прокопенко А. О.**. Основи теорії технічного обслуговування фермерського обладнання. Міжнародна науково-практична конференція молодих науковців, аспірантів і здобувачів вищої освіти «*Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки*». м. Рівне, 9-10 травня 2024 року. Рівне : НУВГП. С.

3. **Практичне значення одержаних результатів.** Практичний інтерес для аграрних підприємств України представляє модернізована пастеризаційно-охолоджувальна установка.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 16 найменувань.

Загальний обсяг роботи становить 37 сторінок комп'ютерного тексту, містить 2 таблиці.

РОЗДІЛ 1

ЗАСОБИ МЕХАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ МОЛОЧНО- ТОВАРНОЇ ФЕРМИ

1.1 Аналіз наявних засобів механізації

Одним з основних завдань застосування машин і різного устаткування у тваринництві є скорочення витрат робочого часу та економія енергії на виробництво продукції [2, 4, 6, 7, 9].

Виробничий процес на фермах складається з окремих ліній, пов'язаних одна з одною [1, 2, 4, 6, 7, 10, 11].

Основними виробничо-технологічними лініями, стосовно яких впроваджуються засоби механізації, є приготування і роздача кормів, водотеплопостачання, очищення приміщень від гною і створення мікроклімату.

Для роздачі кормів застосовують мобільні кормороздавальники, як КТУ - 10А, РММ - 5,0, РКА - 8, та стаціонарні кормороздавальники, як ТВК - 80Б, РК - 50, РКУ - 200 та інші. Економічна оцінка засобів механізації роздачі кормів за даними господарств Житомирської області наведена в таблиці 1.1. Як бачимо, стаціонарні кормороздавачі потребують великих капіталовкладень і витрат. Серед мобільних кормороздавачів найбільш економічним є кормороздавач КТУ-10А [2, 4, 6, 7, 9].

Для напування тварин ефективніше застосовувати автоматичні поїлки ПА - 1А, ПА - 1Б, АП - 1А, АГК - 4А. Автоматична поїлка ПА - 1Б з алюмінію, внаслідок чого маса поїлки зменшилася на 2 кг, ніж поїлка ПА - 1А виконана здебільшого з чавуну. Поїлка ПА - 1А виконана, з деталями разом, з полімерних матеріалів [2, 4, 6, 7, 10].

Механічні засоби для прибирання гною - це скребкові транспортери - СН-160А, ТСН-3Б, ТСН-2Б, скребкові транспортери - УС-10, УС-15, УС-12, ТС-1-2, ТС-1-5, а також гідравлічні системи видалення гною. Загальні пристрої ТСН - 160А і ТСН - 3Б аналогічні. Основна відмінність ТСН - 160А є застосування

більш надійного круглоланкового ланцюга якірного типу. Залежно від обладнання гнойових каналів скребки можна розташувати над тяговим ланцюгом і під ним. Натяжний пристрій транспортера забезпечує автоматичний натяг ланцюга і своєчасно компенсує його витяжку та зношування [2, 4, 6, 7, 9].

Таблиця 1.1 – Економічна оцінка засобів механізації роздачі кормів (у розрахунку на одну голову)

Засоби механізації	Затрати праці, год.	Капіталовкладення, грн.	Приведені затрати, грн.
Мобільний кормороздавач:			
КТУ – 10А	2,39	67,8	64,9
РММ – 5,0	4,18	106,1	129,9
РКА – 8	3,11	79,8	75
РСП - 10	2,45	73,2	70,7
Стаціонарний кормороздавач:			
РК – 50	3,23	257,2	18,2
РКУ – 200	5,70	360,6	186,6
ТВК – 80Б	3,29	252,7	132,9

Установка УС - 15 працює в поєднанні з установкою УС - 10, а ТС - 1 - 2 з ТС - 1 - 5.

Установки працюють у зворотно-поступальному режимі. Робота установок УС - 12 і УСП - 12 аналогічна роботі ТС - 1 - 2 і ТС - 1 - 5. Основна відмінність - це більш дрібні канали, що вимагають на виготовлення значно менше бетону і проста конструкція скреперів, що складаються. Ці системи працюють в автоматичному режимі [2, 4, 6, 7, 10, 12, 14].

Гідравлічні системи видалення гною застосовують за безпідстилкового утримання тварин. Порівняльна економічна оцінка механічної та гідравлічної

системи гноєвидалення показує, що економічно ефективніше використовувати гідравлічну систему гноєвидалення. Але з санітарно-гігієнічної точки зору ці системи нераціональні [1, 2, 4, 6, 7, 9, 12, 13].

Для підтримання оптимального мікроклімату в тваринницькому приміщенні використовують механічні системи вентиляції, поєднання з обігрівом повітря. При цьому припливне повітря піддається нагріванню або охолодженню, зволоженню або осушенню. Широко застосовуються комплекти обладнання "Клімат - 2" і "Клімат - 3". Вони працюють в автоматичному і в ручному режимі, забезпечуються теплотою від котелень із водяним опаленням. "Клімат - 4" відрізняється тим, що опалення зовнішнього повітря здійснюють електричними калориферами. Застосовуються комплекти припливно-витяжних установок ПВУ-6 і ПВУ-9, а також електрокалориферні установки серії СФОЦ різних потужностей. Їхнім загальним недоліком є підвищена витрата електроенергії. Найефективнішим технічним розв'язанням проблеми скорочення витрат енергії на забезпечення мікроклімату є використання тепла повітря, що видаляється з тваринницьких приміщень. Використання теплової енергії в системах мікроклімату здійснюється здебільшого теплоутилізаційним устаткуванням 3-х типів: утилізаторами з проміжним теплоносієм, регенеративним та рекуперативними теплообмінниками [2, 4, 6, 7, 9, 12, 13].

Залежно від способу утримання корів у зимовий і літній періоди застосовують доїльні установки різних типів.

За доїння цілий рік на фермі в стійлах і прив'язному утриманні застосовують доїльні установки АД - 100А і ДАС - 2Б із переносними відрами.

У тих самих умовах, але зі збором молока через молокопровід у загальну ємність застосовують доїльні установки АДМ - 8А, М - 620 "Імпульс" (ФРН).

За наявності автоматичної прив'язі можна застосовувати систему доїння в доїльних залах.

За доїння цілий рік на комплексі в спеціальних доїльних залах і безприв'язно-боксовому утриманні корів застосовують автоматизовані доїльні

установки типу УДА-8 "Тандем", УДА-16 "Ялинка", а також конвеєрні установки типу УДА-100 "Карусель". Збір молока в перелічених установках - у загальну ємність через короткий молокопровід. Під час доїння на пасовищах застосовують пересувну установку УДС - 3А зі збором молока в загальну ємність молокопроводом або в доїльні відра [2, 4, 6, 7, 9, 12, 13].

У наших умовах найбільше підходить доїльна установка АДМ-8А, що відрізняються від установки М-620 "Імпульсу" великою продуктивністю та простим обслуговуванням [2, 4, 6, 7, 9, 10, 12, 13].

Первинну обробку молока (очищення та охолодження) проводять з метою збереження його у свіжому вигляді в період зберігання і доставки на пункти переробки або молочні заводи. У разі потреби на молочних фермах і комплексах молоко піддають пастеризації та сепаруванню.

Первинну обробку молока необхідно здійснювати в суворій відповідності до вимог санітарних і ветеринарних правил для молочних ферм колгоспів і радгоспів. У разі застосування уніфікованих доїльних установок із молокопроводом очищення й охолодження молока проводять за допомогою тканинного молочного фільтра і пластичного охолоджувача. Так само застосовують очищувачі - охолоджувачі молока ОМ-1А, призначені для відцентрового очищення та охолодження молока [2, 5].

Резервуари-охолоджувачі молока бувають із проміжним охолоджувачем (охолоджена вода) – ТОМ-2А, РПО-1,6, РПО-2,5 і з безпосереднім охолодженням – МКА-200Л - 2А, РНО-2,5. Резервуар РПО-2,5 відрізняється від РПО-1,6 здебільшого розмірами і великою місткістю [2, 4, 6].

Водоохолоджувальні установки УВ-10, МВТ 20-1-0, АВ-30 призначені для охолодження води, використовуваної як джерело холоду для охолодження молока в проточних і ємнісних охолоджувачах на фермах. Відрізняються вони лише конструктивним виконанням. Їхнім великим недоліком є велике вживання електроенергії, дорожнеча, застосування холодильного агента.

Холодильний агент є отруйною речовиною для людини та навколишнього повітря. Такі великі недоліки зникають застосуванням холодної води з артезіанської свердловини.

Пастеризацію молока здійснюють з метою знищення бактерій, що знаходяться в ньому, за допомогою пастеризаторів. Пастеризатори поділяють на короткочасну пастеризацію і тривалу пастеризацію.

Пастеризаційно-охолоджувальна установка ОПФ-1, ОПФ-1-20, ОПФ-1-300 застосовуються для пастеризації молока від хворих корів. Для тривалої пастеризації молока застосовують ванни ВДП-300, ВДП-600, ВДП-1000, які різняться одна від одної тільки місткістю [2, 4, 6, 7, 9, 12, 13, 15].

2.2 Аналіз конструкцій перепускних клапанів

На аркуші 1 графічної частини зображено конструкції різних типів перепускних клапанів, що застосовуються в конструкціях пастеризаційно-охолоджувальних установок. Вони мають такі конструктивні недоліки:

- неможливість автоматичного регулювання напрямку потоку (рис. 1-4, 6 і 7);
- мають складну конструкцію (рис. 2,5,6);
- ненадійні в роботі (рис. 1 і 2);
- складність використання в паралельних потоках (рис.2, 3, 4, і 6).

Найдоцільніше для нашого випадку використовувати конструкцію перепускного клапана, показаного на рис. 7, зробивши його вдосконалення. Для цього розробимо конструкцію клапана з автоматизацією його перемикання.

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ. ВИБІР МАШИН І ОБЛАДНАННЯ

2.1 Розрахунок річної потреби в кормах

Річну потребу в кормах для комплексу підраховують, знаючи поголів'я тварин і кормові раціони.

Раціон складається з компонентів зазначених у таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Раціон харчування великої рогатої худоби залежно від пори року

Корма	Час року	
	Зима	Літо
Концентрати, кг	1,4...2,4	1,0...1,2
Сіно, кг	4...6	4
Солома, кг	3...5	-
Силос, кг	15...20	13...16
Коренебульбоплоди , кг	10	7

Добова витрата, у кг кожного виду корму визначається за формулою:

$$P_c = n_1 m_1 + n_2 m_2 + \dots + n_n m_n = \sum_1^n n_i m_i, \quad (3.1)$$

де n_1, n_2, n_n – добова норма видачі корму з розрахунку на одну тварину для різних груп, кг;

m_1, m_2, m_n – поголів'я тварин у групах;

P_c', P_c'' – добова витрата корму відповідно взимку, влітку, кг;

$P_{c1}, P_{c2}, P_{c3}, P_{c4}, P_{c5}$ – добова витрата корму відповідно концентрат, сіно, солома, силос, коренебульбоплоди,

$$P_{c1}' = 2,4 \times 200 + 2,4 \times 190 + 2,4 \times 3 + 2 \times 800 = 2543,2 \text{ кг}$$

$$P_{c2}' = 6 \times 200 + 6 \times 190 + 6 \times 3 + 5 \times 800 + 4 \times 550 = 6358 \text{ кг}$$

$$P_{c3}' = 5 \times 200 + 5 \times 190 + 5 \times 3 + 5 \times 800 + 3 \times 550 = 5965 \text{ кг}$$

$$P_{c4}' = 20 \times 200 + 15 \times 190 + 20 \times 3 + 18 \times 800 + 15 \times 550 = 29560 \text{ кг}$$

$$P_{c5}' = 10 \times 200 + 10 \times 190 + 10 \times 3 + 10 \times 800 = 11930 \text{ кг}$$

$$P_{c1}'' = 1,2 \times 200 + 1,2 \times 190 + 1,2 \times 3 + 1,2 \times 800 = 1431,6 \text{ кг}$$

$$P_{c2}'' = 4 \times 200 + 4 \times 190 + 4 \times 3 + 4 \times 800 + 4 \times 550 = 6972 \text{ кг}$$

$$P_{c3}'' = 13 \times 200 + 13 \times 3 + 13 \times 800 + 13 \times 550 = 21189 \text{ кг}$$

$$P_{c4}'' = 8 \times 200 + 8 \times 3 + 8 \times 800 = 8024 \text{ кг}$$

Річна потреба в кормах ВРХ, у кг визначається за формулою:

$$P_2 = P_c'' \times t_{\text{л}} \times k + P_c' \times t_3 \times k, \quad (2.2)$$

де $t_{\text{л}}$ і t_3 – тривалість літнього і зимового періоду використання цього виду корму, днів.

k – коефіцієнт, що враховує втрати кормів під час зберігання і транспортування: $k = 1,01 \dots 1,1$.

Зробимо розрахунок:

$$P_{z1} = 2543,2 \times 200 \times 1,01 + 1431,6 \times 1,01 \times 155 = 737843,38$$

$$P_{z2} = 6358 \times 200 \times 1,05 + 6972 \times 155 \times 1,05 = 2469873$$

$$P_{z3} = 5965 \times 200 \times 1,05 = 1252650$$

$$P_{z4} = 29560 \times 200 \times 1,1 + 21189 \times 155 \times 1,1 = 10115924$$

$$P_{z5} = 11930 \times 200 / 1,03 + 8024 \times 155 \times 1,03 = 3738611,6.$$

2.2 Визначення потреби у сховищі

Загальна місткість сховища, у м^3 обчислюється за формулою:

$$V = P_2 / \rho, \quad (2.3)$$

де P_2 – річна потреба в кормах, кг;

ρ – насипна густина корму, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Обчислимо місткість сховищ відповідно за кормами:

$$V_1 = 737843,38 / 1,3 \times 10^3 = 567,6 \text{ м}^3,$$

$$V_2 = 2469873 / 300 = 8232,9 \text{ м}^3,$$

$$V_3 = 1252650 / 350 = 3579 \text{ м}^3,$$

$$V_4 = 10115924 / 475 = 21296,7 \text{ м}^3,$$

$$V_5 = 3738611,6 / 1119,6 = 3339,2 \text{ м}^3,$$

Для визначення потрібного числа сховищ скористаємося формулою:

$$N = V/(V_x \times E), \quad (2.4)$$

де V_x – місткість сховища, м³

E – коефіцієнт використання місткості сховища.

Виконаємо розрахунок по кормах відповідно:

$$\begin{aligned} N_1 &= 567,6/1000 \times 0,65 = 0,87, \text{ приймаємо } 1, \\ N_2 &= 8232,9/1000 \times 1,0 = 8,23, \text{ приймаємо } 8, \\ N_3 &= 3579/1000 \times 1,0 = 3,58, \text{ приймаємо } 4, \\ N_4 &= 21296,7/4000 \times 0,98 = 5,43, \text{ приймаємо } 5, \\ N_5 &= 1339,2/500 \times 0,90 = 2,97, \text{ приймаємо } 3. \end{aligned}$$

Визначаємо довжину сховищ, у м:

$$L = V_x/(B \times h), \quad (3.5)$$

де B – ширина сховища, м;

h – висота сховища, м.

$$L_1 = 1000/7,5 \times 4 = 33,3 \text{ м}$$

$$L_2 = 1000/7,5 \times 4 = 33,3 \text{ м}$$

$$L_3 = 1000/7,5 \times 4 = 33,3 \text{ м}$$

$$L_4 = 4000/18 \times 3 = 74 \text{ м}$$

$$L_5 = 500/6 \times 1,9 = 43,8 \text{ м.}$$

2.3 Технологічна лінія водопостачання та автопоїння

Середньодобову витрату води, в л/добу на фермі знаходять за формулою:

$$Q_{\text{ср.доб}} = N_1 q_1 + N_2 q_2 + \dots + N_n q_n + Q_{\text{пож.}}, \quad (2.6)$$

де $N_1 N_2 \dots N_n$ – число водоспоживачів ;

$q_1 q_2 \dots q_n$ – середньодобові норми водоспоживачів, л/добу;

$Q_{\text{пож}}$ – витрата води на пожежогасіння, л.

$$Q_{\text{ср.доб}} = 200 \times 120 + 550 \times 20 + 800 \times 30 + 3 \times 50 + 190 \times 60 = 70550 \text{ л.}$$

Максимальна добова витрата води;

$$Q_{\text{мах.доб}} = K_{\text{доб}} \times Q_{\text{ср.доб}}. \quad (2.7)$$

де $k_{\text{доб}}$ – коефіцієнт добової нерівномірності:

$$Q_{\text{мах.доб}} = 1,3 \times 70550 = 91715 \text{ л/добу.}$$

Максимальна годинна витрата води становить:

$$Q_{\text{мах.год}} = K_p \times Q_{\text{ср.год}}, \quad (2.8)$$

де K_p – коефіцієнт годинної нерівномірності.

Середня годинна витрата води становить:

$$Q_{\text{ср.год}} = Q_{\text{мах.доб}} / 24.$$

$$Q_{\text{ср.год}} = 91715 / 24 = 3821,4 \text{ л.}$$

$$Q_{\text{мах.год}} = 2 \times 3821,4 = 7642,9 \text{ л.}$$

Секундна витрата води становить:

$$Q_{\text{с.мах}} = Q_{\text{мах.год}} / 3600, \quad (2.9)$$

$$Q_{\text{с.мах}} = 7642,9 / 3600 = 2,1 \text{ л}$$

Розрахункова витрата води, у л/с при напуванні тварин з автоматичних поїлок визначається за формулою:

$$P = P_u \times \Pi, \quad (3.10)$$

де P_u – інтенсивність напування тварин, л/с.

Π – число одночасно діючих поїлок.

За рекомендацією Брагіна при прив'язному утриманні корів, із розрахунку одна поїлка на два стійла.

$$P = 0,1 \times 100 = 10 \text{ л/с.}$$

2.4 Технологічна лінія видалення гною

Продуктивність потокової лінії за один цикл, у т/год увімкнення механічних транспортних засобів визначається за формулою:

$$Q_{\text{л}} = \sum q_i m_i / (1000 T_{\text{ц}} \times \Pi_{\text{вк}}), \quad (2.11)$$

де q_i – добовий вихід гною, кг;

m_i – поголів'я тварин, шт;

$T_{\text{ц}}$ – час роботи лінії, год;

$\Pi_{\text{вк}}$ – число циклів увімкнення на добу

$$q_{\text{ек. добу}} = q_e + B, \quad (2.12)$$

де $q_{\text{ек. добу}}$ - добовий вихід екскрементів від 1 тварини, кг;

B – кількість технологічної води з розрахунку на одну тварину на добу, кг.

Приймаємо $B = 2 \dots 5$ кг.

Корови $q_{1\text{ек. добу}} = 55 + 3 = 58$ кг.

Бики $q_{2\text{ек. добу}} = 40 + 3 = 43$ кг.

Телята до 6-ти місяців $q_{3\text{ек. добу}} = 7,5 + 3 = 10,5$ кг.

Молодняк до 2-х років $q_{4\text{ек. добу}} = 26 + 3 = 29$ кг.

Час циклу, в год становитиме:

$$T_{\text{ц}} = L / 3600 \times V, \quad (2.13)$$

де L - довжина транспортера, м;

V - середня швидкість скребка, м/с.

$T_{\text{ц}} = 160 / 3600 \times 0,18 = 0,25$ год

$Q_{\text{л}} = (58 \times 200 + 43 \times 3) / (1000 \times 0,25 \times 3) = 23,46$ т/год.

Подача скребкового транспортера, у т/год визначається за формулою:

$$Q = 3600 b \times h \times V \times \rho_{\text{н}} \times \varphi, \quad (2.14)$$

де b – довжина скребка, м.

h - висота скребка, м.

V – середня швидкість скребка, м/с.

$\rho_{\text{н}}$ – густина гною, т/м³

φ – коефіцієнт заповнення міжскребкового простору.

$$(V = 0,5-0,6).$$

Поставивши значення, визначимо подачу транспортера:

$$Q = 3600 \times 0,285 \times 0,055 \times 0,18 \times 0,55 \times 0,5 = 2,8 \text{ т/год.}$$

Тривалість роботи транспортера протягом доби становитиме:

$$T_{\text{доб}} = n_{\text{вк}} \times T_{\text{ц}} = 3 \times 0,25 = 0,75 \text{ год.} \quad (2.15)$$

Місткість гнойового каналу, у м³ визначається за формулою:

$$V_{\text{н.к.}} = h' \times b' \times L' \times V' \times \rho_{\text{н}} \times \varphi, \quad (2.16)$$

де h' – висота гнойового каналу, м;

b – ширина гнойового каналу, м;

L – довжина гнойового каналу, м;

$$V_{\text{н.к.}} = 0,2 \times 0,32 \times 160 \times 0,5 = 5,12 \text{ м}^3 .$$

Число вмикань транспортера на добу визначається з виразу:

$$n_{\text{вк}} = V_{\text{н}} / V_{\text{нк}}, \quad (2.17)$$

де $V_{\text{н}}$ – добовий вихід гною, м^3

$$V_{\text{н}} = q_{\text{л ек. доб}} \times n / \rho_{\text{н}} = 58 \times 200 / 550 = 21 \text{ м}^3 \quad (2.18)$$

Площа гноєсховища дорівнює:

$$F = q_{\text{доб}} \times D_{\text{хр}} / (h'' \rho_{\text{н}}), \text{ м}^2 \quad (2.19)$$

де h'' – висота укладання гною, м. $h'' = 2,0-2,5$ м

$D_{\text{хр}}$ – тривалість зберігання гною,

$$q_{\text{доб}} = 58 \times 200 + 43 \times 3 + 550 \times 10,5 + 750 \times 20 = 39254 \text{ кг}$$

$$F = 39254 \times 200 / 2,5 \times 550 = 5709,67 \text{ м}^3$$

Для транспортування гною від тваринницьких приміщень використовуємо механічну установку циклічної дії. Для транспортування гною стаціонарним трубопроводом розраховуємо місткість гноєприймача, у м^3 :

$$V = q_i \times n_i \times t_{\text{р.н}} / (1000 \times 24 \times \rho_{\text{н}}), \quad (2.20)$$

де q_i – добовий вихід гною від даної тварини, кг

$t_{\text{р.н}}$ – час ремонту насоса (2-3 год);

$\rho_{\text{н}}$ – насипна густина гною, $\text{кг} / \text{м}^3$

n_i – число тварин кожного виду:

$$V = 58 \times 200 \times 3 / (1000 \times 24 \times 550) = 0,0026 \text{ м}^3.$$

Витрата гною, ($\text{м}^3/\text{с}$).

$$Q = V / (3600t),$$

де V – об'єм, який необхідно транспортувати, м^3

t – час роботи установки, год

$$Q = 5,25 / 3600 \times 25 = 0,006 \text{ м}^3/\text{с}$$

Критичний діаметр гноєпроводу становить:

$$D_{\text{кр}} = 40 \times Q \rho_{\text{н}} / (\Pi \times \text{Re}_{\text{кр}} \times \mu), \text{ м} \quad (2.22)$$

де $Re_{кр}$ – критичне число Рейнольдса;

μ – в'язкість, Па \times с

$$Re_{кр} = 2800 - 3200$$

$$D_{кр} = 40 \times 0,006 \times 550 / \pi \times 2800 \times 0,8 = 0,180 \text{ м}$$

Загальні гідравлічні втрати, в м складуть:

$$H = h_{л} + h_{м} + h_{г} \quad (2.23)$$

де $h_{л}$ – лінійні втрати, м;

$h_{м}$ – місцеві втрати, м;

$h_{г} = \pm \Delta z \rho_{н} / \rho_{в}$ – геодезичні втрати, м;

Δz – різниця геодезичних відміток, м;

$\rho_{в}$ – густина води, кг/м³

$$h_{л} = \lambda \times V^2 \times L / (2 \times q \times D), \text{ м} \quad (2.24)$$

де λ – коефіцієнт гідравлічних опорів.

Значення λ залежить від числа Рейнольдса

$$Re = V \times D \times \rho_{н} / \mu \quad (2.25)$$

Число Рейнольдса дорівнює:

$$Re = 1,5 \times 0,18 \times 550 / 0,35 = 424$$

Для ламінарного режиму руху коефіцієнт гідравлічних опорів дорівнює:

$$\lambda = 64 / Re; \quad (2.26)$$

$$\lambda = 64 / 424 = 0,08;$$

$$h_{л} = 0,08 \times 1,5^2 \times 150 / 2 \times 9,81 \times 0,18 = 7,6 \text{ м};$$

$$h_{м} = 0,1 \times 7,6 = 0,76 \text{ м};$$

$$h_{г} = \pm 0,5 \times 550 / 1000 = 0,275 \text{ м};$$

$$h = 7,6 + 0,76 + 0,275 = 8,635 \text{ м}$$

За загальними гідравлічними втратами h і подачею $Q_{н}$ вибираємо насос.

При цьому повинні виконуватися умови:

$$h \leq h_{н} \leq 1,5 h_{л} \text{ і } Q \leq Q_{н}$$

де $h_{н}$ - гідравлічні втрати насоса, м. З розрахунків видно, що умови виконуються.

Обираємо установку УТН-10.

2.5 Молочно-потокова технологічна лінія

Необхідна кількість доїльних установок визначається за формулою:

$$Z_{\text{ду}} = M_{\text{д}} / (T \times Q_{\text{у}}), \text{ шт.} \quad (2.27)$$

де $M_{\text{д}}$ – число дійних корів, гол;

T – час доїння всіх корів, год: $T = 1.5/2.25$ год;

$Q_{\text{у}}$ – пропускна здатність доїльної установки, гол./год,

$Q_{\text{у}} = 100$ корів/год.

$$Z_{\text{ду}} = 200 / (2 \times 100) = 1 \text{ шт.}$$

Число апаратів на установці дорівнює:

$$K_{\text{ап}} = t/r, \text{ шт} \quad (2.28)$$

де t – час доїння однієї корови, год;

$$t = 2,78 + 0,33, \quad (2.29)$$

де q – разовий надій молока, кг;

$$t = 2,78 + 0,33 \times 8,2 = 5,48 \text{ хв} = 0,091 \text{ год.}$$

Ритм потоку становить, у год: $r = (T-t)/(M_{\text{д}}-1)$

$$r = (2 - 0,091) / (200 - 1) = 0,0096 \text{ год.}$$

$$K_{\text{ап}} = 0,091 / 0,0096 = 9 \text{ шт.}$$

Необхідне число операторів машинного доїння дорівнює:

$$Z_{\text{Дq}} = t_{\text{рд}}/r, \text{ шт} \quad (2.30)$$

де $t_{\text{рд}}$ – час ручної роботи оператора, год; $t_{\text{рд}} = 2,37$ хв.

$$Z_{\text{д}} = 0,0395 / 0,0096 = 4 \text{ шт.}$$

Оптимальна кількість апаратів, що обслуговуються одним оператором, дорівнює:

$$K_{\text{опт}} = [(0,48q + 1,84) - (t_{\text{пп}} + t_{\text{в}})] / t_{\text{в}}, \text{ шт.} \quad (2.31)$$

де $t_{\text{пп}}$ – тривалість переходів і простою оператора, хв;

$t_{\text{в}}$ – допоміжний час, хв;

$$t_{\text{пп}} = 0,99 \text{ хв}; t_{\text{в}} = 2,23 \text{ хв.}$$

$$K_{\text{опт}} = [(0,48 \times 82 + 1,84) - (0,99 + 2,33)] / 2,23 = 3 \text{ шт.}$$

Продуктивність доїльних установок, у кор./год визначимо за формулою:

$$Q_{\text{с.т}} = 60 \times K_{\text{ан}} / t', \quad (2.32)$$

де t' – час доїння однієї корови, хв.

$$Q_{\text{с.т}} = 60 \times 9 / 5,486 = 98,4 \text{ кор./год.}$$

Розрахунок кількості молока, що наданоється за 1 год роботи:

$$q_p = \beta \times m \times c' \times G \times M_{\text{q.г}}, \text{ кг} \quad (2.33)$$

де β – коефіцієнт, що враховує максимально можливий надій молока за добу ($\beta = 0,003$);

m – коефіцієнт нерівномірності надходження молока, $m = 1,4$;

c' – коефіцієнт, що враховує максимально можливий надій молока за одне доїння. За дворазового доїння корів $c' = 0,65$;

G – середній надій молока за рік від однієї корови ферми, кг;

$M_{\text{q.г}}$ – кількість корів, що видоюються за 1 год.

$$Q_p = 0,003 \times 1,4 \times 0,65 \times 2400 \times 98 = 642 \text{ кг за добу:}$$

$$Q_{\text{доб}} = \beta G M_{\text{q.г}} = 0,003 \times 2400 \times 98 = 705,6 \text{ кг} \quad (2.34)$$

Річний вихід молока становитиме:

$$Q_{\text{мол}} = M_{\text{д}} \times G_{\text{год}} \times k = 200 \times 2400 \times 1,3 = 624 \text{ т.} \quad (2.35)$$

Тривалість безперервної роботи складе:

$$t = 100 \times V_{\text{гр}} / (P \times M_o), \text{ год} \quad (2.36)$$

де $V_{\text{гр}}$ – об'єм грязьового простору барабана, дм^3 ;

P – відсоток відкладення сепараторного слизу від загального пропущеного бруду %; $P = 0,03 \dots 0,06$.

M_o – продуктивність очисника, л/год

$$t = 100 \times 30 / (0,06 \times 1200) = 42 \text{ год.}$$

Необхідний напір для подачі холодоносія,

$$H = H_1 + 0,5 \times V_2 / (q \times (1 + \lambda_{\text{мп}} \times l/d + \Sigma \lambda_{\text{м.с}})) \quad (2.37)$$

де H_1 – висота встановлення приймача охолоджувача над рівнем насоса, що подає воду в охолоджувач, м;

V – швидкість руху холодоносія, м/с /12/

$\lambda_{\text{мр}}$ – коефіцієнт опору тертю;

l – сумарна довжина труб охолодження, м /16/

d – діаметр труби, м

$\lambda_{\text{мс}}$ – коефіцієнт місцевих опорів

$$H = 0,5 \times 2,5 / (9,81 \times (1 + 0,003 \times 15 / 0,02 \times 0,04)) = 0,54 \text{ м}$$

Робоча поверхня охолодження дорівнюватиме /4/

$$F = q_p \times c \times (t_1 - t_2) / K \Delta t_{\text{ср}}, \text{ м} \quad (2.38)$$

де q_p – кількість продукту, що підлягає охолодженню за 1 год, кг;

c – теплоємність продукту, Дж / (кг °С)

t_1, t_2 - початкова і кінцева температура продукту, °С;

K – загальний коефіцієнт теплопередачі, Вт / (м² × °С)

$$K = 1200 \dots 1400$$

$\Delta t_{\text{ср}}$ – середня логарифмічна різниця температур, °С

$$\Delta t_{\text{ср}} = \Delta t_{\text{max}} - \Delta t_{\text{min}} / 2,3 \lg (\Delta t_{\text{max}} / \Delta t_{\text{min}}), \text{ °С} \quad (2.39)$$

де Δt_{max} – різниця температур рідин на початку процесу охолодження, °С;

Δt_{min} – різниця температур рідини наприкінці процесу, °С, ($\Delta t_{\text{min}} = 2 - 3 \text{ °С}$).

$$\Delta t_{\text{ср}} = 32 - 3 / 2,3 \lg (32/3) = 12,2 \text{ °С};$$

$$F = 642 \times 3,95 \times (35 - 5) / 1200 \times 12,2 = 5,2 \text{ м}^2$$

Витрата води визначається з виразу:

$$q_p \times c (t_1 - t_2) = q_v \times c_v (t_1' - t_2'), \text{ кг} \quad (2.40)$$

де q_v – кількість води, кг;

t_1', t_2' – кінцева і початкова температура води, °С;

c_v – пит.ома теплоємність води, Дж/(кг °С);

$$q_v = q_p c (t_1 - t_2) / c_v ((t_1' - t_2')) = 642 \times 3,95 \times (35 - 5) / 4,19 (10 - 4) = 3026 \text{ кг}$$

Об'єм води дорівнюватиме:

$$V_v = q_v / \rho_v = 3026 / 1000 = 3 \text{ м}^3 \quad (2.41)$$

де ρ_v – густина води, кг/м³.

Робоча поверхня, у м² парового пастеризатора дорівнює:

$$F = 2,3q_p \times c / K_n \times (l_q (t_{\text{пар}} - t_{\text{мол}}) / t_{\text{пар}} - t_n) \quad (2.42)$$

де K_n – загальний коефіцієнт теплопередачі пастеризатора, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \times ^\circ\text{C})$;

$t_{\text{пар}}$ – температура пари, $^\circ\text{C}$;

t_n – температура молока після пастеризації, $^\circ\text{C}$.

$$F = 2,3 \times 642 \times 3,95 / 1170 \times l_q \times 96-35/96-85 = 3,7 \text{ м}^2$$

Витрата пари, $\text{кг}/\text{год}$ складе:

$$P = (i - c_k \times t_k) \eta_T = q_p \times c \times (t_{\text{п}} - t_{\text{мол}}), \quad (2.43)$$

де i – ентальпія пара, $\text{Дж}/\text{кг}$;

$c_k = 1 \text{ Дж}/(\text{кг } ^\circ\text{C})$ – питома теплоємність конденсату;

t_k – температура конденсату, $^\circ\text{C}$;

η_T – тепловий ККД апарату ($\eta_T = 0,8 - 0,95$)

$$P = q_p \times c (t_{\text{п}} - t_{\text{мол}}) / (i - c_k t_k) \eta_T = 642 \times 3,95 (85 - 35) / (1000 - 1 \times 80) \times 0,9 = 153,2 \text{ кг}/\text{год}$$

Поверхня теплообміну рекуператора, м^2 дорівнює:

$$F_{\text{рег}} = E \times q_p \times c / [K_p (1 - E)], \quad (2.44)$$

де E – коефіцієнт рекуперації, $E = 0,7 - 0,8$;

K_p – загальний коефіцієнт теплопередачі регенератора, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \times ^\circ\text{C})$,

$K_p = 1100 \dots 1400$;

$$F_{\text{рег}} = 0,7 \times 3,95 \times 642 / [1200 (1 - 0,7)] = 5 \text{ м}^2$$

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА І КОНСТРУКТИВНІ РОЗРАХУНКИ ВИБРАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

3.1 Економічна потреба створення установки

Положення в сільськогосподарському виробництві за недостатньої забезпеченості матеріально-економічними ресурсами погіршується ще й низької ефективності їх використання, при цьому низька надійність сільськогосподарської техніки і тому підвищується витрати на підтримку її у працездатному стані.

Подальше нарощування виробництва сільськогосподарської продукції в умовах ринкових відносин і матеріально-технічного забезпечення, що склалося, вимагає пошуку додаткових джерел поставки ресурсів, дбайливого їх витрачання, розробка та впровадження нових ресурсо-енергозберігаючих технологій, залучення в енергетичний баланс країни поновлюваних та інших нетрадиційних джерел енергії. .

Обов'язкова умова отримання високоякісного молока – очищення та охолодження його відразу після видавання. Колгоспи та радгоспи, розташовані поблизу молокозбірних державних пунктів, молочних та маслоробних заводів, застосовують на молочнотоварних фермах найпростішу схему обробки обробки молока: очищення-охолодження. Цю ж схему застосовують при виробництві гарантійного молока, отриманого від стада, що знаходиться під постійним ветеринарним наглядом та в умовах високих санітарних вимог. При відправленні молока безпосередньо у торговельну мережу на продаж у розлив чи доставці на підприємства комунального харчування користуються схемою: очищення – пастеризація – охолодження [15].

Однак через низьку забезпеченість ферм холодильною технікою, труднощами її обслуговування та недостатньою надійністю, молоко в охолоджену вигляді здається лише близько 50%. Крім того, загострення

екологічної обстановки обумовлює скорочення використання основного холодоагенту сучасних холодильних установок – фреону.

Тому необхідно розробити альтернативні екологічно чисті джерела холоду. Це особливо доцільно використовувати в теплу пору року та переобладнанням існуючих установок. Використання таких джерел дозволить створити екологічно чисту екологічно вигідну технологію охолодження молока протягом усього року. Забезпечити економію електроенергії на фермах.

3.2 Зоотехнічні вимоги

Свіжовидоїне молоко містить в 1 мл до 186 тисяч бактерій, а в такій же кількості молока першого сорту при здачі на підприємство відповідно до ДСТУ повинно бути не більше 500 тисяч мікробних тіл. При охолодженні молока до температури 4-5 °С життєдіяльність мікроорганізмів практично припиняються і можна зберігати протягом багато часу. За молоко першого гатунку, охолодженого до температури не вище 10 °С, додатково виплачують на 15 % більше від закупівельної ціни. Кислотність молока виражається в градусах Тернера (°Т), які показують кількість мілілітрів децинормального розчину лугу (KOH або NaOH), що йде на нейтралізацію 100 мл молока у присутності фенолфталеїну. Метод визначення кислотності молока та молочних продуктів викладений у ДСТУ.

Кислотність свіжовидоєного молока зазвичай знаходиться в межах 16...18 °Т. Жирність щонайменше 3,2%. Щільність молока повинна бути не нижчою за 1,027 г/см³.

3.3 Огляд існуючих конструкцій аналогічного типу

Розроблено установки для охолодження молока сезонної та постійної дії. Джерелами холоду служить атмосферне повітря, крига, артезіанська вода, водопровідна вода.

Для охолодження молока проточною водою на фермах у зимову пору року виготовляється акумулятор природного холоду. Установка складається із стійок, листа завтовшки 1,5мм. Це утворює ванну для охолодження води. Вода, проходячи через ванни, охолоджується і самопливом надходить у ванну охолоджувача молока. Завдяки використанню акумулятора холоду досягається значний економічний ефект.

Поточне охолодження молока може організовано за допомогою послідовно встановлених пластинчастих охолоджувачів АДМ-13000 і з використанням як охолоджувач водопровідної води, яка після проходження через водяний тракт охолоджувачів знову повертається у водопровідну мережу. Це дає значну економію енерговитрат, оскільки відпадає потреба у штучному холоді.

У цих установках багато хорошого, але великим недоліком є неможливість застосування установки в теплу пору року.

3.4 Вибір конструкції

Аналізуючи існуючі конструкції, вибираємо економічну, просту і надійну в експлуатації технологічну схему первинної обробки молока, конструкцію перепускного клапана і замінюємо відцентровий насос НМУ на молочний насос діафрагмового типу СБ - 43А. Технологічну схему первинної обробки молока в режимі очищувача – охолоджувача переналагоджуємо для використання в зимову та літню пору року.

3.5 Технологічні та конструктивні розрахунки

Технологічна лінія при первинній обробці молока від стада корів у разі епізоотії.

Молоко з молокозбірника подається вакуумним діафрагмовим насосом в зрівняльний бак, звідки насосом подається в секцію №1 регенерації апарату, підігрівається молоком, що йде на охолодження, до 37 – 40°C і надходить у секцію пастеризації. У ній молоко нагрівається циркулюючою водою до

температури 76 - 90 ° С залежно від заданого режиму і через перепускний клапан подається у витримувач або зрівняльний бак. З витримувача молоко надходить у секції №1 і №2 регенерації, віддає теплоту зустрічному потоку молока, а потім у секції IV і V, де охолоджується холодною водою до температури 4 – 7 °С і виходить з установки та в останню чергу надходить для зберігання танки.

Другий варіант роботи установки ОПФ – 1 – 300 у режимі очищувач – охолоджувач. Цей режим застосовується під час первинної обробки молока від здорового стада корів. Молоко з молокозбірника подається вакуумним діафрагмовим насосом у зрівняльний бак, звідки відцентровим насосом подається до молокоочисника. Очищене молоко подається в секцію №2 і №1 регенерації, а потім в секції IV і V, де охолоджується холодною водою до температури 6 - 7 ° С і виходить з установки і в останню чергу надходить для зберігання танків.

Після охолодження холодною водою температура молока має бути в межах 5 – 8 °С.

3.5.1 Розрахунок температури охолодження водою

Знаходимо середні значення теплоємності за додатками 1 та 2

Для молока при $t_m = 36...40^\circ\text{C}$.

$$c_m = 3,9107 \text{ кДж / (кг} \times ^\circ\text{C)}.$$

Для води зі свердловини $t_v = 4...10^\circ\text{C}$, приймаємо $t_6 = 6^\circ\text{C}$.

$$c_v = 4,2185 \text{ кДж / (кг} \times ^\circ\text{C)}.$$

Приймаємо значення коефіцієнта теплопередачі $R = 1800-2400 \text{ Вт/(м}^2 \times ^\circ\text{C)}$ приймаємо $R = 1,8 \text{ кВт/ (м}^2 \times ^\circ\text{C)}$.

Визначаємо водяні еквіваленти робочих рідин за формулами:

для потоку молока:

$$W_m = m_m \times c_m, \quad (3.1)$$

$$W_m = 0,286 \text{ кг/с} \times 3,9107 = 1,119 \text{ Вт/}^\circ\text{C}.$$

для потоку води:

$$W_B = n_B \times m_B \times c_B = 3 \times 1 \times 4,2185 = 1,206 \text{ Вт/}^\circ\text{C}, \quad (3.2)$$

де $n_B = 3$ кратність витрати води:

Знаходимо кінцеві температури, в $^\circ\text{C}$ робочих рідин після проходження ними першої секції охолодження за формулами:

для молока:

$$\delta t_m = t_1' - t_1'' = (t_1' - t_2') \frac{1 - e^{-\left(1 - \frac{\omega_m}{\omega_s}\right) \frac{kF}{\omega_m}}}{1 - \frac{\omega_m}{\omega_s} e^{-\left(1 - \frac{\omega_m}{\omega_s}\right) \frac{kF}{\omega_m}}} \quad (3.3)$$

Для холодної води:

$$\delta t_s = t_1'' - t_1' = (t_1' - t_2') \frac{\omega_m}{\omega_s} \frac{1 - e^{-\left(1 - \frac{\omega_m}{\omega_s}\right) \frac{kF}{\omega_m}}}{1 - \frac{\omega_m}{\omega_s} e^{-\left(1 - \frac{\omega_m}{\omega_s}\right) \frac{kF}{\omega_m}}} \quad (3.4)$$

де t_1' і t_1'' – початкова і кінцева температура рідини, що нагріває, $^\circ\text{C}$.

t_2' і t_2'' – початкова і кінцева температура охолоджувальної рідини, $^\circ\text{C}$.

k – коефіцієнт теплопередачі теплообмінної поверхні, $\text{кВт}/(\text{м}^2\text{}^\circ\text{C})$.

F – площа поверхні теплообміну теплообмінного апарата, м^2 .

Площі теплообмінної поверхні охолоджувача наведено в його технічній характеристиці:

секції пастеризації	2,24 м^2
секції регенерації №1	1,54 м^2
секції регенерації №2	2,38 м^2
секції охолодження водопровідною водою	1,26 м^2
секція охолодження крижаною водою	1,26 м^2

Використання установки в зимовий період.

Температура молока $t_m = 35^\circ\text{C}$.

Температура охолоджувальної води $t_6 = 4^\circ\text{C}$.

для потоку молока: III секція

$$\delta t_{m3} = (35 - 4) \frac{1 - 2,7183^{-\left(1 - \frac{1,119}{1,209}\right) \frac{1,8 \cdot 1,26}{1,119}}}{1 - \frac{1,119}{1,206} \cdot 2,7183^{-\left(1 - \frac{1,119}{1,206}\right) \frac{1,8 \cdot 1,26}{1,119}}} = 25,29 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Тоді кінцева температура молока дорівнюватиме:

$$t_{m3} = t_1' - \delta t_{m3} = 35 - 25,29 = 9,71 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.5)$$

для потоку охолоджувальної води:

$$\delta t_{e4} = (35 - 4) \frac{1,119}{1,206} \cdot \frac{1 - 2,7183^{-\left(1 - \frac{1,119}{1,209}\right) \frac{1,8 \cdot 1,26}{1,119}}}{1 - \frac{1,119}{1,206} \cdot 2,7183^{-\left(1 - \frac{1,119}{1,206}\right) \frac{1,8 \cdot 1,26}{1,119}}} = 11,81 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Тоді кінцева температура води дорівнюватиме:

$$t_{e3} = t_2' + \delta t_{e3} = 4 + 7,81 = 11,81 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.6)$$

Для потоку молока IV секції кінцева температура дорівнює:

$$\delta t_{m4} = (9,71 - 4) \frac{1 - 2,7183^{-\left(1 - \frac{1,119}{1,209}\right) \frac{1,8 \cdot 1,26}{1,119}}}{1 - \frac{1,119}{1,206} \cdot 2,7183^{-\left(1 - \frac{1,119}{1,206}\right) \frac{1,8 \cdot 1,26}{1,119}}} = 25,29 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Тоді кінцева температура молока дорівнюватиме:

$$t_{m4} = t_{m3} - \delta t_{m4} = 9,71 - 4,66 = 5,05 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.7)$$

Для потоку охолоджувальної води:

$$\delta t_{e4} = (9,71 - 4) \frac{1,119}{1,206} \cdot \frac{1 - 2,7183^{-\left(1 - \frac{1,119}{1,209}\right) \frac{1,8 \cdot 1,26}{1,119}}}{1 - \frac{1,119}{1,206} \cdot 2,7183^{-\left(1 - \frac{1,119}{1,206}\right) \frac{1,8 \cdot 1,26}{1,119}}} = 1,44 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Тоді кінцева температура води:

$$t_{e4} = t_2' + \delta t_{e4} = 4 + 1,44 = 5,44 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Середню температуру води обчислимо за формулою:

$$t_{cp} = t_{B3} + t_{B4} / 2 = 11,81 + 5,44/2 = 8,63 \text{ } ^\circ\text{C} . \quad (4.8)$$

У зимовий період використовуємо тільки дві секції установки, для охолодження молока.

Визначимо кінцеві температури під час використання установки в літній період.

Температура молока становить $t_M = 35 \text{ } ^\circ\text{C}$

Температура охолоджувальної води - $t_B = 6 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Обчислимо температури для II секції

Для потоку молока:

$$\delta t_{M_2} = (35 - 6) \frac{1 - 2,7183^{-\left(1 - \frac{1,119}{1,209}\right) \frac{1,8 \cdot 1,26}{1,119}}}{1 - \frac{1,119}{1,206} \cdot 2,7183^{-\left(1 - \frac{1,119}{1,206}\right) \frac{1,8 \cdot 1,26}{1,119}}} = 25,17 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Тоді кінцева температура молока дорівнює:

$$t_{M2} = t_1' - \delta t_{M2} = 35 - 25,17 = 9,83$$

Для потоку охолоджувальної води:

$$\delta t_{B_2} = (35 - 6) \frac{1,119}{1,206} \cdot \frac{1 - 2,7183^{-\left(1 - \frac{1,119}{1,209}\right) \frac{1,8 \cdot 1,26}{1,119}}}{1 - \frac{1,119}{1,206} \cdot 2,7183^{-\left(1 - \frac{1,119}{1,206}\right) \frac{1,8 \cdot 1,26}{1,119}}} = 7,78 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Тоді кінцева температура води обчислюватиметься за формулою

$$t_{B2} = t_2' + \delta t_{B2} = 6 + 7,78 = 13,78 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Визначимо кінцеві температури для III секції

Для потоку молока

$$\delta t_{M_3} = (9,83 - 6) \frac{1 - 2,7183^{-\left(1 - \frac{1,119}{1,209}\right) \frac{1,8 \cdot 1,26}{1,119}}}{1 - \frac{1,119}{1,206} \cdot 2,7183^{-\left(1 - \frac{1,119}{1,206}\right) \frac{1,8 \cdot 1,26}{1,119}}} = 3,12 \text{ } ^\circ\text{C}$$

тоді кінцева температура молока дорівнюватиме:

$$t_{m3} = t_{m2} + \delta t_{m3} = 9,83 - 3,12 = 6,71 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Для потоку охолоджувальної води

$$\delta t_{\delta_3} = (9,83 - 6) \frac{1,119}{1,206} \cdot \frac{1 - 2,7183^{-\left(1 - \frac{1,119}{1,209}\right) \frac{1,8-1,26}{1,119}}}{1 - \frac{1,119}{1,206} \cdot 2,7183^{-\left(1 - \frac{1,119}{1,206}\right) \frac{1,8-1,26}{1,119}}} = 0,97 \text{ } ^\circ\text{C}$$

тоді кінцева температура води дорівнюватиме:

$$t_{B3} = t_2' + \delta t_{B3} = 6 + 0,97 = 6,97 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Визначимо кінцеві температури для IV секції

Для потоку молока

$$\delta t_{\delta_4} = (6,71 - 6) \frac{1 - 2,7183^{-\left(1 - \frac{1,119}{1,209}\right) \frac{1,8-1,26}{1,119}}}{1 - \frac{1,119}{1,206} \cdot 2,7183^{-\left(1 - \frac{1,119}{1,206}\right) \frac{1,8-1,26}{1,119}}} = 0,58 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Тоді кінцева температура молока:

$$t_{m4} = t_{m3} + \delta t_{m4} = 6,71 - 0,58 = 6,13 \text{ } ^\circ\text{C}$$

для потоку охолоджувальної води:

$$\delta t_{\delta_4} = (6,71 - 6) \frac{1,119}{1,206} \cdot \frac{1 - 2,7183^{-\left(1 - \frac{1,119}{1,209}\right) \frac{1,8-1,26}{1,119}}}{1 - \frac{1,119}{1,206} \cdot 2,7183^{-\left(1 - \frac{1,119}{1,206}\right) \frac{1,8-1,26}{1,119}}} = 0,97 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

тоді кінцева температура води становитиме:

$$t_{B4} = t_2' + \delta t_{B4} = 6 + 0,18 = 6,18 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Середня температура води:

$$t_{cp} = (t_{B2} + t_{B3} + t_{B4}) / 3 = (13,78 + 6,97 + 6,18) / 3 = 8,97 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Для охолодження молока до температури $t_m = 6,13 \text{ } ^\circ\text{C}$, у літній період року при температурі води $t_b = 6 \text{ } ^\circ\text{C}$, досягаємо використанням трьох секцій установки ОПФ - 1 - 300.

Витрату води розраховуємо за формулою:

$$V_B = m_M n_B, \quad (3.9)$$

де $n_B=3$ кратність витрати води;

$m_M = 0,286$ масова витрата молока, кг/с.

$$V_B = 0,286 * 3 = 0,858 \text{ кг/с} = 0,858 * 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Витрата води за годину роботи однієї секції становитиме:

$$V_B = 0,858 * 10^{-3} * 3600 = 3,088 \text{ м}^3/\text{Год}.$$

Витрата води за годину роботи двох секцій становитиме:

$$V_B = 3,088 * 2 = 6,1776 \text{ м}^3/\text{Год}.$$

Витрата води за годину роботи трьох секцій складе:

$$V_B = 3,088 * 3 = 9,2664 \text{ м}^3/\text{Год}.$$

Кількість молока, що надоюється за годину роботи – $q_p = 642$ кг.

Кількість молока, що надоюється за добу, дорівнює $q_{\text{сут}} = 140$ кг.

Витрата води на 1 кг молока в зимову пору року при використанні двох секцій для охолодження складе:

$$V_{1\text{кг}} = 6,1776 / 642 = 0,00962 \text{ м}^3/\text{Год},$$

у літню пору року при використанні трьох секцій:

$$V_{1\text{кг}} = 9,2664 / 642 = 0,0144 \text{ м}^3/\text{Год}.$$

Витрата води за добу становитиме: у зимову пору року

$$V_{\text{дою}} = 0,00962 * 1404 = 13,506 \text{ м}^3;$$

у літню пору року

$$V_{\text{доб}} = 0,0144 * 1404 = 20,217 \text{ м}^3.$$

3.5.2 Розрахунок зусилля електромагніту

$N_{\text{ел.м}} = 15 - 30$ Н – тягова сила електромагніту,

$l = 12,5$ мм - довжина важеля клапана,

$f = 0,2$ - коефіцієнт тертя.

$P_{\text{пр}}$ – посилення пружини кільця ущільнювача, $P_{\text{пр}} = 4$ Н.

Для того щоб пересунути клапан, електромагніту потрібно подолати зусилля поворотної пружини.

Зусилля поворотної пружини знаходимо зі співвідношення

$$N_{\text{ел.м}} = 2P_{\text{пр.ел.}}$$

звідси $P_{\text{пр.ел.}} = N_{\text{ел.м}}/2$

$$P_{\text{пр.ел.}} = 15/2 = 7,5 \text{Н.}$$

Розраховуємо мінімальне плече важеля, яке може пересувати електромагніт:

$$a_{\min} = \frac{2 \cdot F_{\text{мп}} \cdot r}{P_{\text{пр.эл}}} = \frac{2 \cdot f \cdot P_{\text{пр}} \cdot r}{P_{\text{пр.эл}}}, \text{ мм} \quad (3.11)$$

де $r = 43 \text{мм}$ – радіус розташування отворів на клапані від основної осі.

$$a_{\min} = \frac{2 \cdot 0,2 \cdot 4 \cdot 0,043}{7,5} = 9,2 \cdot 10^{-3} = 9,2 \text{ мм.}$$

Електромагніт потужністю $N_{\text{ел.м}} = 15 \text{Н}$ за наявності поворотної пружини зусиллям $P_{\text{пр.ел.}} = 7,5 \text{ Н}$ може пересувати клапан із мінімальним плечем $a = 9,2 \text{ мм}$, а сконструйований перепускний клапан має плече важеля для пересування положення клапана $l = 12,5 \text{ мм}$.

Звідси висновок, що наша конструкція працюватиме стійко.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі наведено зоотехнічні вимоги на всі основні процеси. Запропоновано засоби механізації виробничих процесів молочно-товарної ферми.

Обґрунтовано раціональний генеральний план молочно-товарної ферми, підібрано та розраховано машини й обладнання технологічних ліній. Зроблено розрахунок вентиляції та опалення.

На основі аналізу наявних конструкцій розроблено, розраховано й автоматизовано перепускний клапан, що дає змогу працювати пастеризаційно-охолоджувальній установці на двох режимах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бойко І.Г. (ред.) *Машини та обладнання для тваринництва*. Том 1. Харків: Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка (ХНТУСГ), 2006. 225 с.
2. Бойко І.Г. (ред.) *Машини та обладнання для тваринництва*. Том 2. Харків: Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка (ХНТУСГ), 2006. 279 с.
3. Ревенко І.І., Хмельовський В.С., Заболотько О.О. *Машини і обладнання для тваринництва*. Ніжин: Національний університет біоресурсів і природокористування України; ПП Лисенко М.М., 2017. 304 с.
4. Скорик О.П., Полупанов В.М. *Проектування технологій і технічних засобів для тваринництва*. Харків: Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка (ХНТУСГ), 2009. 429 с.
5. Скорик О.П., Фісяченко О.І. *Практикум по машинах та обладнанню для тваринництва*. Харків: Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка (ХНТУСГ), 2004. 256 с.
6. Хомик Н.І., Довбуш Т.А., Цьонь Г.Б., Довбуш А.Д. *Машини та обладнання для тваринництва*. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, ФОП Паляниця В. А., 2022. 360 с.
7. Шведик М.С. *Механізація тваринництва. Конспект лекцій*. Луцьк: Луцький НТУ, 2015. 136 с.
8. Roshanianfard A., Faizollahzadeh-Ardabili S. *Autonomous Agricultural Vehicles: Concepts, Principles, Components, and Development Guidelines*. Boca Raton: CRC Press, 2024. 219 p.
9. Кравчук В.І., Мельник Ю.Ф. *Машини для заготівлі та приготування кормів*. Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2009. 136 с.

10. Goyal M.R., Verma D.K. Engineering Interventions in Agricultural Processing. Apple Academic Press, 2018. 377 p.
11. Kutz M. Handbook of Farm, Dairy and Food Machinery Engineering. 3rd Edition. Academic Press, 2019. 779 p.
12. Бондаренко Р. М. Обробка молока гідродинамічною кавітацією. Київ : Аграрна наука, 2019. 216 с.
13. Гречко, В. П. Модернізація пастеризаційно-охолоджувальних установок. Харків : ХНТУСГ, 2020. 320 с.
14. Коваль, І. В. Сучасні технології механізації фермерських господарств. Одеса : ОНАХТ, 2018. 287 с.
15. Петренко, В. О. Автоматизація технологічних процесів у молочному виробництві. Львів : ЛНАУ, 2021. 310 с.
16. Яковенко Л. І. Основи механізації тваринницьких ферм. Дніпро : ДДАЕУ, 2018. 280 с.