

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення та дослідження автоматизованої системи виробництва молочних продуктів

Виконав: студент VI курсу, групи КТм-61

174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка

спеціальності

(шифр і назва спеціальності)

Охнівський Р.І.

Семенець В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Золотий Р.З.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Микитишин А.Г.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Капаціла Ю.Б.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2024

Факультет	Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії (повна назва факультету)
Кафедра	комп'ютерно-інтегрованих технологій (повна назва кафедри)

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Керівник роботи Золотий Роман Захарійович, канд.техн.наук, доцент кафедри КТ
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «29» жовтня 2024 року № 4/7-1030

2. Термін подання студентом завершеної роботи 23 грудня 2024р.

3. Вихідні дані до роботи Технічні вимоги щодо виробництва молочних продуктів

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ
Аналітична частина
Технологічна частина
Конструкторська частина
Науково-дослідна частина
Спеціальна частина
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Титульний слайд
Актуальність роботи
Завдання роботи
Основна частина
Висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	доц. Золотий Р.З.		
Охорона праці та безпека в надзв. ситуаціях	доц. Тотосько О.В.		

7. Дата видачі завдання 15 жовтня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Охнівський Р.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Золотий Р.З.

(прізвище та ініціали)

Висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	доц. Золотий Р.З.		
Охорона праці та безпека в надзв. ситуаціях	доц. Тотосько О.В.		

7. Дата видачі завдання 15 жовтня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Семенец В.П.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Золотий Р.З.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота магістра складається з пояснювальної записки та графічної частини (ілюстративний матеріал – слайди).

Об'єм графічної частини дипломної роботи становить _____.

Об'єм пояснювальної записки складає ____ друкованих сторінок формату А4.

В роботі використано ____ літературних джерел.

В роботі було розроблено структуру та принципи роботи системи керування процесом виробництва молока, зокрема процесами доїння, аналізу кількості та якості молока для оптимізації самого процесу.

Дані про отримання молока з використанням засобів IoT передаються в систему керування SCADA, яка забезпечує процес контролю, керування та збору даних.

Система керування також керує процесами пастеризації та гомогенізації молока для його подальшого використання.

Також було розроблено та протестовано роботу автоматизованих пристроїв для аналізу якості та параметрів отриманого молока, які засобами IoT інтегровані в загальну систему.

Впровадження результатів роботи дозволить оптимізувати процес виробництва молока, підвищити продуктивність технологічного процесу та якість продукції.

Ключові слова: КОНТРОЛЕР, ВИРОБНИЦТВО МОЛОКА, ІНТЕРНЕТ-РЕЧЕЙ, КЕРУВАННЯ, ФЕРМА.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	7
ВСТУП	8
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	9
1. Управління молочним господарством та система керування молочного господарства.....	10
1.1. Функції управління.	10
1.2. Інструменти менеджменту.	13
1.3. Система автоматичного доїння молочної ферми	14
1.3.1. Архітектура та розпорядок роботи молочної ферми.	14
1.3.2. Функції управління.	15
1.3.3. Інструменти управління.....	18
1.4. Система контролю та управління молочними продуктами.....	21
1.4.1. Основна концепція.	21
1.4.2. Компоненти системи.	22
1.5. Висновки	23
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	25
2.1. Засоби відбору проб молока	25
2.2. Роботизовані доїльні машини	26
2.3. Огляд пристрою для аналізу молока	28
3 КОСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	32
3.1 Розробка мобільного аналізатора молока на базі IoT	32

<i>3.2. Ковшовий доїльний апарат.....</i>	<i>36</i>
<i>3.3. Запис індивідуальної кількості молока.</i>	<i>37</i>
<i>3.4. Розробка системи для автоматичної системи реєстрації кількості молока.</i>	<i>38</i>
<i>3.5. Виявлення надмірного видоювання.....</i>	<i>43</i>
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	46
<i>4.1 Результати аналізу даних системи контролю молока.....</i>	<i>46</i>
5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	51
<i>5.1 Розробка вбудованого аналізатора молока.....</i>	<i>51</i>
<i>5.2 Скада система контролю процесів виробництва.....</i>	<i>62</i>
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ... 65	
<i>6.1 Вимоги охорони праці під час роботи з електроустаткуванням.....</i>	<i>65</i>
<i>6.2 Вимоги безпеки під час виконання робіт</i>	<i>70</i>
<i>6.3 Вимоги безпеки після закінчення робіт з ремонту та обслуговування електроустаткування</i>	<i>72</i>
<i>6.4 Розрахунок захисного заземлення</i>	<i>73</i>
ВИСНОВКИ.....	80
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	81

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

DMS (Dairy management systems) - система керування молоком

DCMS (Dairy control and management systems) - система контролю та управління молочними продуктами

ICS (Individual concentrates supplementation) – забезпечення індивідуальними концентратами

DSS (Decision support system) - система підтримки прийняття рішень

ВСТУП

Молочне тваринництво в Україні має довгу та горду історію малих сімейних ферм, які обслуговують місцеві громади. Сьогодні виробництво молока все ще відносно децентралізоване через різних виробників, які продають свою продукцію кооперативам, які потім можуть продавати молоко більшим виробникам продуктів харчування. Однак ферми стають все більш централізованими, оскільки менші ферми закриваються і поступаються місцем меншій кількості більших ферм. Ці великі ферми отримують вигоду від економії на масштабі закупівлі матеріалів і можуть використовувати свій капітал для автоматизованого обладнання, яке дозволяє їм виробляти молоко 24 години на добу, 7 днів на тиждень, заощаджуючи витрати на оплату праці. Оскільки молоко є товаром, багато молочних ферм працюють за складними контрактами, які визначають ціну молока за фунт на основі пропозиції, попиту та якості молока. Контроль якості молока та виробництва часто є досить непередбачуваним, оскільки корови — живі істоти. Таким чином, ці великі молочні ферми з більшими ресурсами використовують кількісні інструменти якомога більше. Наприклад, корми та харчування корів ретельно контролюються командою ветеринарів і дієтологів, щоб виробляти максимально послідовний продукт. Інші автоматизовані інструменти включають автоматизовані системи годування, системи очищення та клімат-контролю. Крім того, часто використовуються роботизовані доїльні апарати, які автоматично збирають молоко від кожної корови. Щоб краще зрозуміти здоров'я та продуктивність стада, у кожної корови регулярно відбирають проби молока та відправляють їх до лабораторії для аналізу.

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

Інтеграція робототехніки доїння в молочну ферму звільняє фермера від праці з доїння та, за допомогою додаткових інструментів і скоригованих методів управління, призводить до автоматичної системи виробництва молока, в якій окрема корова є «окремою виробничою одиницею». Нові технології дозволяють отримувати та обробляти все більше індивідуальних онлайн-даних. Оскільки кожну корову можна доїти та годувати індивідуально відповідно до її власного ритму та продуктивності, ефективність виробництва, швидше за все, збільшиться.

Сьогодні сучасні молочні ферми використовують системи керування молоком (Dairy management systems, DMS) як систему підтримки для консультування пастуха щодо загального контролю управління молоком. Молочні онлайн-контрольовані підсистеми, такі як індивідуальні автоматичні годівниці для концентратів і автоматичне від'єднання соскових чашок, зазвичай є автономними системами.

Оскільки фермер не присутній кожного разу, коли необхідно прийняти рішення про доїння або годівлю, було розроблено нове покоління інтегрованих систем контролю та управління молочними продуктами (Dairy control and management systems, DCMS). DCMS — це більше, ніж система підтримки, до якої має звертатися пастух. Короткочасне використання DCMS повинно дозволити автоматичний контроль щоденного режиму годівлі та доїння. У довгостроковій перспективі DCMS має отримувати від кожної окремої корови, в межах обмежень біологічних і поведінкових характеристик корови, максимальну продуктивність (молока) з мінімальними ресурсами (корми, робоча сила, час доїльного апарату тощо).

Поточні роботизовані системи доїння планується інтегрувати в молочні заводи безприв'язного утримання. Коли використовується управління нульовим випасом, комп'ютеризовані індивідуальні системи годівлі та доїння

забезпечують автоматичний розпорядок дня на молокозаводі. При управлінні випасом гнучкість системи управління для роботи з різними режимами доїння та годівлі дещо обмежена. Молочна процедура не може бути повністю автоматизована в цьому випадку. Розробка методів управління та інструментів для автоматичної доїльної молочної ферми є актуальним завданням. Така розробка повинна супроводжуватися подальшими польовими випробуваннями, щоб отримати розуміння ефектів і прибутковості гнучких індивідуальних процедур доїння та годування.

1. Управління молочним господарством та система керування молочного господарства

1.1. Функції управління.

Управління можна розділити на три основні функції: планування, реалізація та контроль, які разом утворюють цикл управління. Планування забезпечує режим роботи для досягнення цілей фермера і може бути поділено на рівні відповідно до горизонту планування. Довгострокове управління та інвестиційне планування фермера знаходяться на стратегічному рівні.

Під час тактичного планування фермер планує управління молочним господарством для отримання оптимальних результатів у рамках заданої або запропонованої структури ферми. Впровадження – це виконання запланованих заходів, а контроль вимірює виконання та порівнює його зі стандартами. Модифікована версія циклу управління приведена на рис. 1.1.

Стратегічне і тактичне планування входять до функції планування. Стратегічні плани передбачають визначення цілей, організації господарства та альтернатив виробництва, фінансування та аналіз ризиків. Тактичне планування може включати харчування, виробництво грубих кормів, охорону

здоров'я, відтворення, виробництво молока, заміну великої рогатої худоби, робочу силу та грошові потоки.

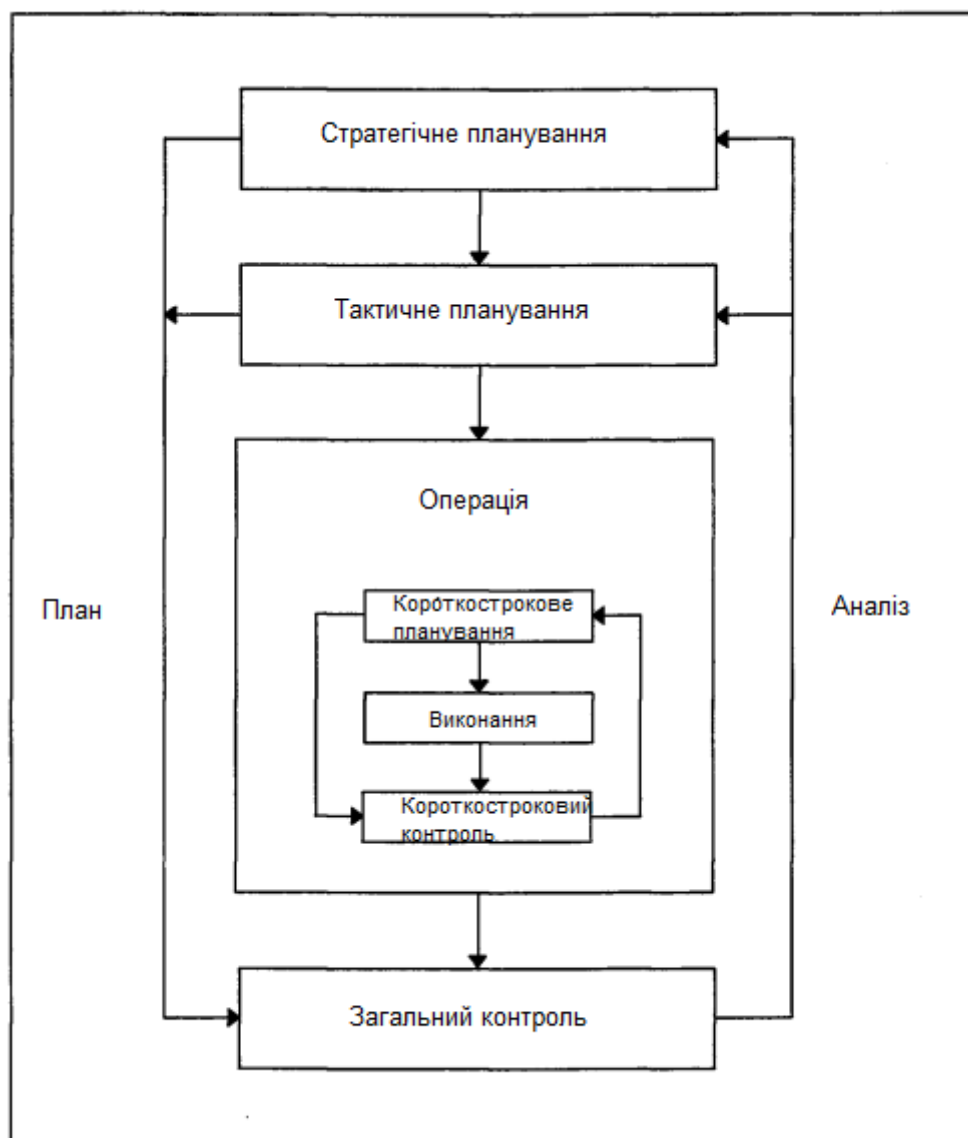


Рисунок 1.1 – Загальний цикл керування виробництвом молока

Оперативна функція містить короткострокові дії управління: планування, виконання (тобто «впровадження» в описаному циклі управління) і короткостроковий контроль. Операційна функція включає виробництво грубих кормів, харчування, охорону здоров'я, відтворення, виробництво молока, заміну великої рогатої худоби та управління готівкою.

У рамках короткострокового контролю можна виділити два види контролю. По-перше, це короткочасний контроль процесу, перевірка ефективності процесу, щоб вирішити, які дії вжити. Короткочасне керування процесом на молочній фермі сьогодні обмежене автономними підсистемами, заснованими на останніх застосуваннях мікроелектроніки на молочній фермі.

Короткочасний контроль процесу складається з п'яти розділів:

- 1) живлення, включаючи індивідуальні годівниці концентратів і грубих кормів, вагончики для зважування та змішування, водопостачання;
- 2) виробничий контроль, у тому числі в доїльних залах, зважування корів;
- 3) контроль здоров'я тварин, наприклад мастит і температура тіла;
- 4) фертильність, виявлення тічки та контроль народжуваності;
- 5) контроль навколишнього середовища, включаючи викиди аміаку та клімат.

Другий тип контролю — це короткостроковий управлінський контроль, який відноситься до рішень або дій, які вживаються для контролю за розвитком системи, що контролюється в часі. Короткостроковий контроль управління передбачає щоденне управління годуванням, яке базується переважно на вільному доступі до грубого корму на ліжку (протягом періоду без випасу).

Розподіл грубих кормів може бути ручним або комп'ютеризованим за допомогою контрольованих систем зважування (наприклад, вагони для зважування та змішування). Концентрат можна інтегрувати в загальний змішаний раціон на ліжку або окремо додавати через самогодівлю. Самогодівниця розташовується в доїльному залі або на місці годівлі. В останньому випадку доступ корів до самогодівниць є добровільним. Режим доїння фіксований і ґрунтується на дво- і триразовому доїнні всіх лактуючих корів у доїльному залі.

Час доїння зазвичай фіксується відповідно до трудових обмежень ферми. Функція загального контролю є середньостроковим контролем ферми і передбачає вимірювання продуктивності та порівняння її зі стандартами.

Фермер використовує списки елементів, які потребують уваги, і періодично звітує DMS, щоб покращити управлінські рішення щодо стада та окремої корови.

1.2. Інструменти менеджменту.

Використання систем менеджменту може підвищити прибуток молочного виробництва. Фермери використовують DMS у поєднанні з обробкою даних для покращення управлінських рішень. Більшість DMS, що використовуються в управлінні стадом, є базою даних. DMS створює широкий спектр звітів і списків дій і уваги, які, як правило, базуються на зростаючій кількості автоматично отриманих онлайн і офлайн даних, таких як надій молока, провідність молока, температура молока, активність корови, температура тіла, маса тіла, імпеданс тканин, додавання концентратів, споживання грубих кормів і дані із зовнішніх джерел або баз даних.

Деякі DMS включають моделі, які поєднують елементи фізичних і фінансових записів для консультацій щодо управління пасовищами та квотами. Інші комбінують більше моделей, наприклад, зосереджуючись на виявленні тійки чи маститу, рішеннях щодо вибракування та стратегії фертильності. Програмне забезпечення для харчування, яке допомагає фермеру планувати щоденний раціон корови, також може бути інтегровано. Рекомендації щодо годівлі стада зазвичай ґрунтуються на середній продуктивності корів, включаючи характеристики популяції, такі як парність, сезон отелення та стадія лактації.

1.3. Система автоматичного доїння молочної ферми

1.3.1. Архітектура та розпорядок роботи молочної ферми.

Архітектура молочної ферми AMS базується на двох основних секціях (рис. 1.2), секції AMS і молочній секції. Розділ AMS розділений на два підрозділи. Перший, селекційний блок, поєднується з самогодівлею, тому що корови іноді встають, особливо щоб відвідати станцію годівлі.

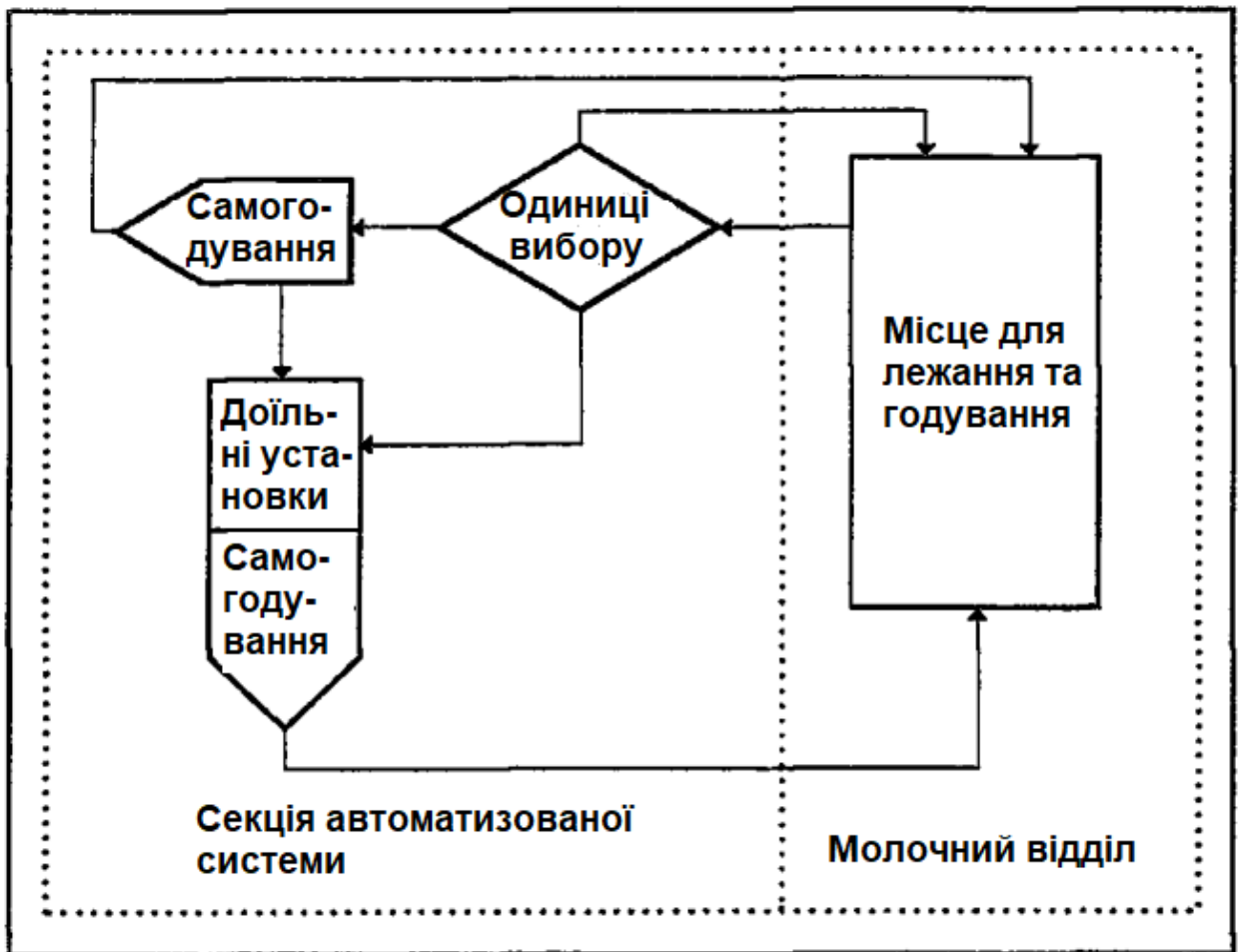


Рисунок 1.2. Архітектура молочної системи автоматичної доїльної системи (AMS)

Також можливою конфігурацією є селекційний блок без самоподачі. Таким чином, концентрати доповнюються на самороздавачах селекційного

блоку та доїльного блоку. Селекційний блок розташовують поблизу годівлі, щоб підвищити їх привабливість для корів. Коли корова добровільно надходить у селекційне відділення, приймається рішення, чи відправляти її на доїння, чи підгодовувати її індивідуальними концентратами (Individual concentrates supplementation, ICS), чи і те й інше.

По-друге, доїльна установка також інтегрована з самороздавачем. Там корова доїться автоматично за допомогою доїльного робота та ICS або не доїться, але отримує ICS. Друга основна частина включає зону годування та лежання. Груба частина раціону доступна коровам на ярах відділення годівлі протягом усього дня. Корито з водою також має бути розташоване в зоні годівлі або біля місць годівлі та лежання в молочному відділенні. Процедура AMS базується на добровільних візитах корови до селекційного відділення.

За допомогою воріт, керованих комп'ютером, щоденне доїння та процедура ICS AMS на молочній фермі повністю автоматизована, за винятком звичайної ветеринарної процедури, технічного обслуговування та розподілу грубих кормів на койку. Однак остання також може бути повністю автоматизована.

1.3.2. Функції управління.

Інтеграція AMS на молочній фермі впливає на всі основні функції циклу управління: планування, функціонування та контроль. Управління за допомогою AMS є відносно новим, і кожна корова є індивідуальною одиницею прийняття рішень. Крім того, для окремих корів приймається більше рішень. Вплив різних режимів доїння та годівлі на продуктивність, здоров'я, плідність і вибракування ще не повністю вивчений. У рамках функції стратегічного планування слід уточнити цільові функції процесу прийняття рішень.

Можливі цілі включають автоматизацію, максимальне виробництво, економію робочої сили або будь-яку зважену комбінацію цих записів з огляду

на їхню економічну важливість. Сучасна стратегія вибракування значною мірою базується на критеріях віку, здоров'я, продуктивності та плідності.

Не можна нехтувати благополуччям фермерів і корів. В результаті функції тактичного планування збільшення частоти доїння може збільшити виробництво та вплинути на склад молока, з одного боку, і вплинути на параметри доїльного апарату та переповнити доїльний блок, з іншого. Парсонс використав комп'ютерне моделювання, щоб показати, що для перших 60 корів потрібні дві доїльні установки, але для визначення оптимальних економічних критеріїв для розрахунку максимальної потужності AMS потрібно набагато більше даних.

Слід також враховувати наслідки невдалої адаптації до AMS. У рамках операційної функції два короткострокових контролю управління та процесу відрізняються двома характеристиками: швидкістю прийняття рішень та залученням фермера до процесу прийняття рішень (рис. 1.3). Короткостроковий контроль управління повинен базуватися на індивідуальному профілі продуктивності корови, наприклад кількості, якості та складі молока. Цей профіль може бути змінений зміною характеристик режиму доїння, таких як частота часу доїння, інтервали між доїнням і час кожного доїння.

Частота доїння під час лактації може збільшити продуктивність, але також може спричинити проблеми з фертильністю, такі як затримка післяпологового відновлення оваріальної циклічності та зниження частоти зачаття.

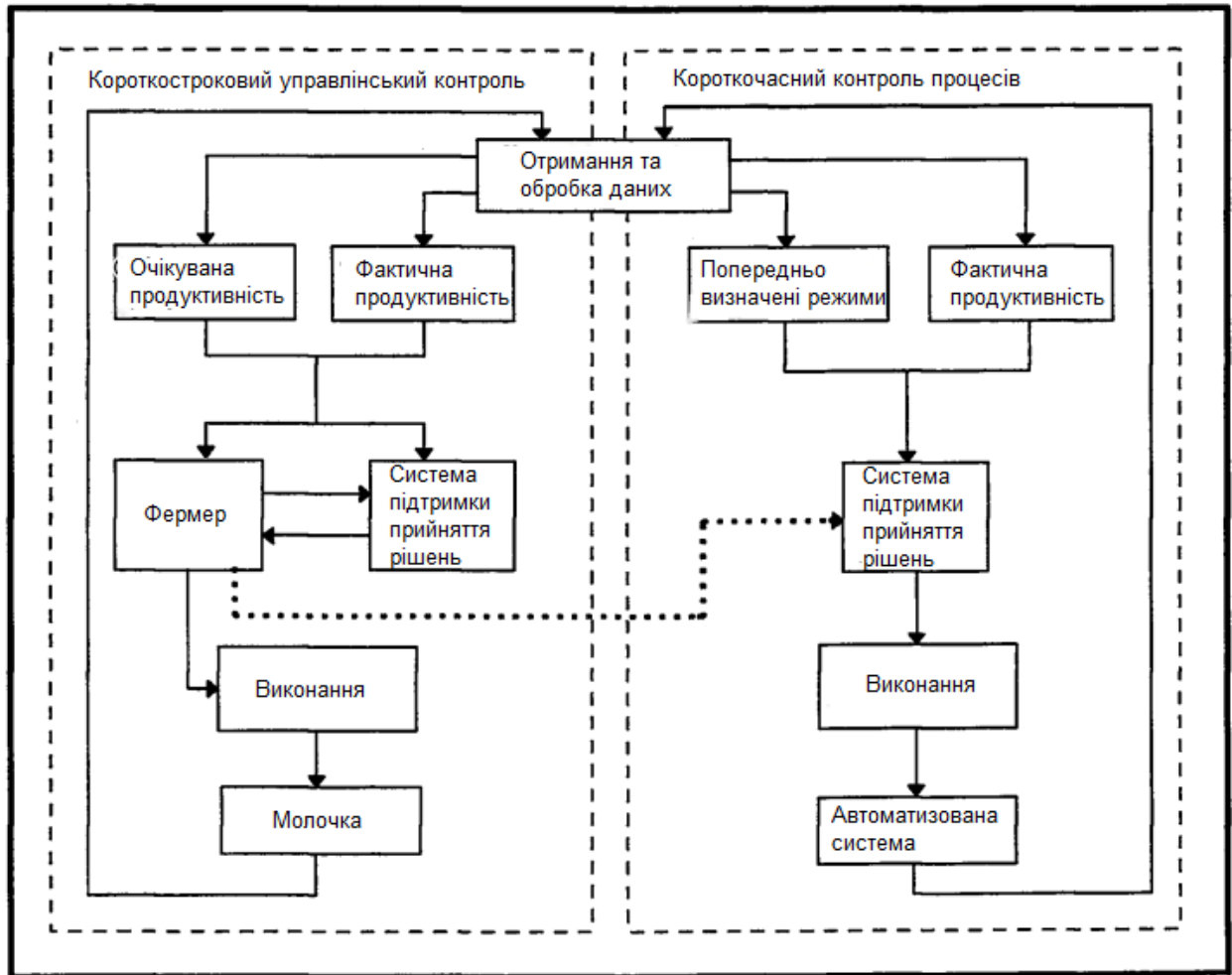


Рисунок 1.3. Короткострокове управління та контроль процесів. Пунктирна стрілка означає участь фермера в процесі прийняття рішень.

Попередньо визначені рішення щодо доїння та ICS слід приймати для окремих корів, виходячи з продуктивності кожної корови і відповідно до рутинних обмежень AMS, таких як частота доїння та щоденний розподіл відвідувань. Фермер може здійснювати короткостроковий управлінський контроль за допомогою рекомендацій і звітів системи підтримки прийняття рішень (DSS). Короткочасний технологічний контроль включає процес годування. Оскільки корова буде доповнюватися концентратами тільки на селекційному відділенні або на доїльному відділенні, необхідне щоденне управління та контроль ICS. Фермер не має прямого впливу на управління процесом. Рішення про доїння та ICS приймає DSS в режимі он-лайн, коли

корова потрапляє в селекційний блок. Але фермер може впливати на рішення процесу, коригуючи змінні стану та початкові значення через DSS. Протягом дня розпорядок доїння та ICS залежить від того, як корова відвідує відділення селекції. Кожна корова має індивідуальний добовий ритм.

Нездатність системи підтримувати послідовний режим доїння та годівлі окремої корови порушує її щоденний ритм, і тому цього слід уникати. Попит на входження в блок відбору не є постійним протягом 24 годин. Корова, яку необхідно доїти згідно з попередньо визначеними виробничими стандартами, може прийти до селекційної секції відповідно до її щоденного ритму, але селекційна секція може бути зайнята іншою короною. Потім така корова може не прийти знову і може не підтримувати свій попередньо встановлений режим доїння.

Довгі та нерівні інтервали між доїннями і різний час доїння протягом дня негативно впливають на виробництво молока та споживання їжі. Однак додавання корові концентратів під час кожного візиту, заохочуючи її до подальших відвідувань, може призвести до надлишку ICS, який коштує дорого та може змінити склад молока і перекондиціонувати корову перед отеленням. На загальному рівні контролю фермер, який підтримує DSS, отримує інформацію про продуктивність корів і намагається покращити доїння та рішення ICS на основі цієї інформації. Потім, оновлюючи стадо та окремі параметри, фермер контролює загальне стадо управління через DCMS (рис. 1.3 і 1.4).

1.3.3. Інструменти управління.

Традиційний DMS, який лише допомагає фермеру, виявився важливою частиною більшого онлайн-ового DCMS. DCMS займається збором та обробкою інформації та керуванням як в режимі онлайн, так і в режимі офлайн (рис. 1.4).

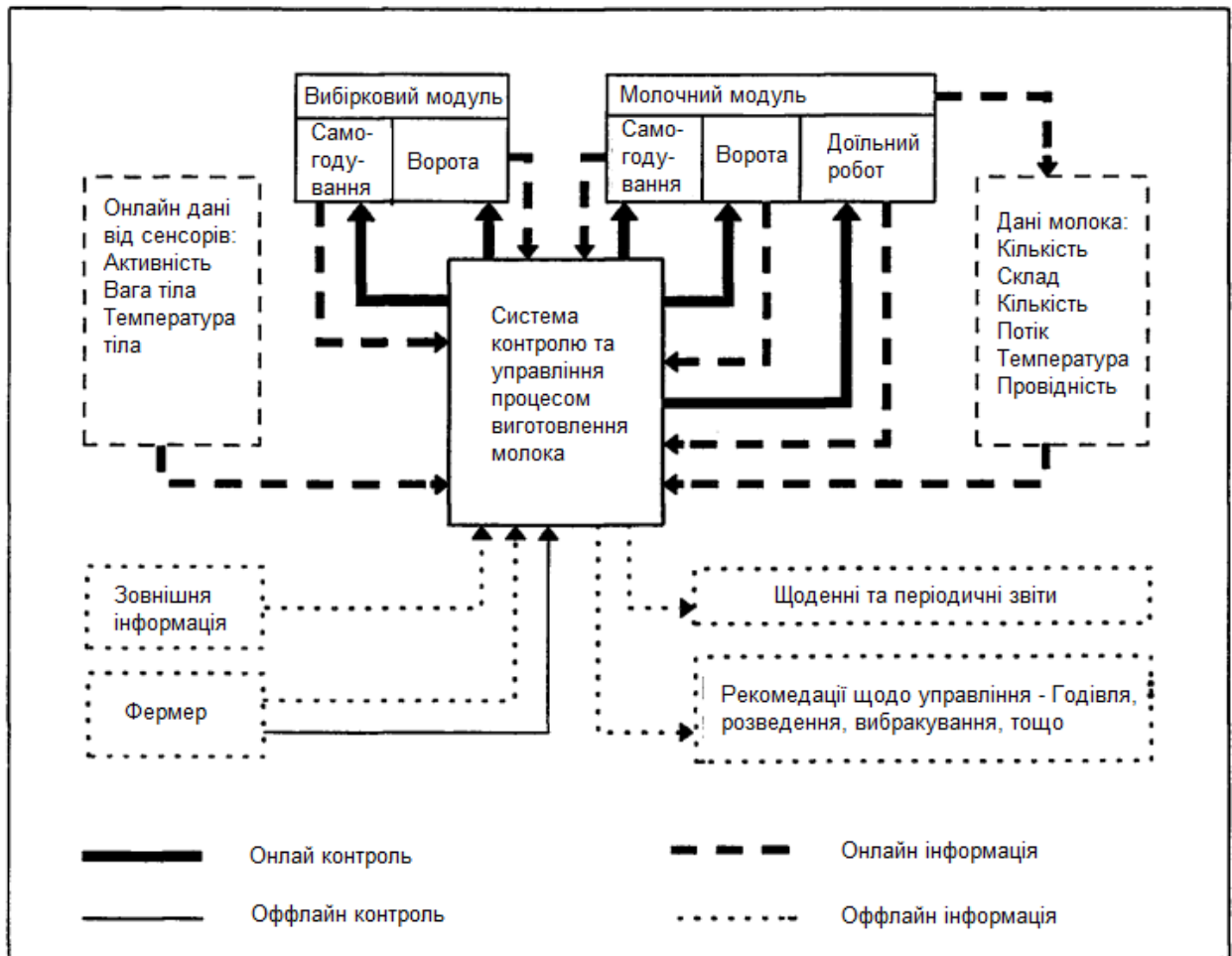


Рисунок 1.4 - Система контролю та управління молочним виробництвом: контрольно-інформаційний потік.

Он-лайн система отримує доступну інформацію від індивідуальних датчиків корови, таку як активність, температура тіла та ідентифікаційний номер. Індивідуальну масу тіла, активність і витрату концентрату можна отримати на селекційному відділенні або доїльному пункті за допомогою відповідних приладів. Індивідуальні дані про молоко, такі як удій, провідність молока та температура молока, надаються на доїльному пристрої. Час відкриття та закриття воріт селекційного блоку та доїльного блоку, ідентифікація корів і точне місцезнаходження корів є важливими даними для підтримки контролю автоматичного щоденного контролю. Також використовується інформація про роботу доїльного робота. Що стосується

офлайн інформації, доступні архівні дані з бази даних фермера та дані із зовнішніх джерел. DCMS періодично створює звіти та рекомендації щодо управління на прохання фермера. DCMS керує в режимі онлайн селекційним блоком, заслінками доїльного блоку та самороздавачем. Під час кожного відвідування корови селекційного відділення приймається рішення про ІС та доїння. Фермер може в автономному режимі контролювати щоденне доїння та годівлю. Усі умови, що впливають на продуктивність корови, динамічно змінюються.

Таким чином, DCMS має стежити, вивчати та постійно адаптуватися до кожної окремої корови. Прийняття рішення також передбачає порівняння фактичних показників зі стандартами. Порівняння продуктивності на рівні окремої корови на основі продуктивності попереднього дня є дуже складною статистичною роботою через великі варіації, які виникають. Зростаючий обсяг зібраних даних і потреба в інтегрованому онлайн-аналізі вимагають інструментів і методів, відмінних від традиційних систем.

Використання систем, заснованих на знаннях, забезпечує не тільки інформацію, але й інтерпретацію наявної інформації. Існують деякі неінтегровані, засновані на знаннях системи, доступні для використання в молочному скотарстві, але жодна з них не стосується AMS. Оскільки DCMS також приймає рішення, експертна система повинна бути інтегрована для прийняття остаточного рішення.

Експертна система — це комп'ютерна система, яка використовує знання, факти та методи міркування для вирішення проблем, які зазвичай потребують досвіду людини. Експертні системи здатні об'єднувати результати та знання з різних галузей і зберігати досвід. Тому стає необхідною розробка експертної системи для допомоги в контролі процесу доїння та годівлі, яку можна вважати новим застосуванням в управлінні молочним господарством. Експертна система, яка об'єднує консультативні та діагностичні функції, розширює можливості прийняття складних управлінських рішень за

допомогою внутрішньогосподарського комп'ютера. Експертна система допоможе контролювати процес, аналізуючи та розробляючи альтернативні напрямки дій, багаторазово тлумачачи поточну ситуацію, прогнозуючи майбутнє, діагностуючи ймовірну причину передбачуваних проблем, формулюючи план виправлення та контролюючи його виконання для забезпечення успіху.

1.4. Система контролю та управління молочними продуктами

1.4.1. Основна концепція.

Прототип DCMS від використовував деякі основні припущення. Контроль або маніпулювання схемою відвідування корів для досягнення кращого розподілу відвідувань протягом дня може бути можливим, використовуючи різні порції ICS для кожної корови відповідно до її вивченого та передбаченого режиму відвідування.

Щоб отримати підвищену продуктивність, кожна корова повинна дотримуватися встановленого режиму доїння. Кожна корова повинна отримувати доповнення відповідно до її продуктивності, а не відповідно до її режиму відвідування.

Проте кожне відвідування селекційного відділення винагороджується концентратами. Деякі корови можуть зайняти систему, і ці корови будуть вилучені з будь-якої ICS на деякий час. Період адаптації до системи AMS перед отеленням настійно рекомендується, і він може уникнути негативних наслідків від невдалої адаптації до режиму AMS протягом перших тижнів лактації, коли нарощується продуктивний потенціал.

Протягом цього періоду (від 2 до 4 тижнів) корова залишатиметься в групі доїння та отримуватиме невелику порцію ICS у селекційному відділенні, щоб сприяти швидкій адаптації до режиму AMS. Індивідуальна система воріт

для додавання грубих кормів може завадити сухостійним коровам отримати високий енергетичний раціон. Таким чином уникають високої енергетичної норми на ліжку, щоб запобігти надмірному кондиціонуванню перед отеленням. Тим не менш, деякі корови можуть не адаптуватися до розпорядку AMS.

Пріоритети будуть встановлені для корів відповідно до їхнього режиму доїння, схеми відвідування та індивідуального перегляду у відповідь на відвідування без винагороди (доїння або концентрати). DCMS має бути автономною системою, керованою персональним комп'ютером, щоб зменшити витрати на обладнання та програмне забезпечення AMS і зробити DCMS комерційно привабливим для пастуха.

1.4.2. Компоненти системи.

Блок відбору, затвори доїльного блоку та автогодівниця керуються через контролери. Контролер отримує свої робочі інструкції з комп'ютеризованої DCMS. DCMS складається з трьох основних модулів (рис. 1.5).

1. DSS — це база даних, оснащена комерційним програмним забезпеченням для підготовки раціонів, розведення, стратегії вибракування, наприклад «модель корів» і NRC, а також база моделей, що містить моделі для аналізів. орієнтована на молочно-товарну ферму АМС. Прикладами таких моделей є індивідуальний режим доїння та годівлі (виробництво), прогноз наступного відвідування селекційного відділення (поведінка), вплив на фертильність (фізіологія) зміни режиму доїння під час лактації та прогноз стратегії вибракування корів, які не адаптуються до система (економіка).

2. DSS – це експертна система, яка приймає рішення на основі групи критеріїв на рівні поведінки та продуктивності. Не всі критерії однаково впливають на остаточне рішення. Критерії прийняття рішення включають режим доїння та ICS, інтервали між доїнням, ICS винагороджені та

невинагороджені відвідування, індивідуальні відвідування та відвідування стада, потужність системи та вплив ненагороджених відвідувань або нерівних інтервалів доїння.

3. DSS — це інтерфейс введення-виведення, який отримує інформацію від датчиків, доїльного блоку та блоку відбору та передає її до бази даних. Цей інтерфейс також надає доїльному блоку та блоку відбору інформацію про керування експертною системою.

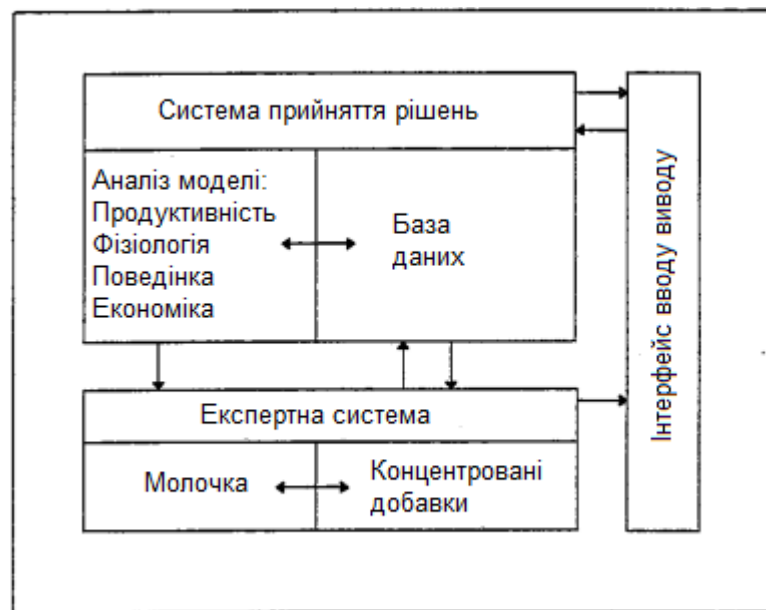


Рис. 1.5. Основні компоненти системи контролю та управління молочними продуктами.

1.5. Висновки

Технологія автоматичного доїння буде впроваджена найближчим часом на різних типах молочних ферм. Ці молочні ферми відрізняються розміром стада, кліматом, квотою молока, типами AMS і системою управління випасом. Тому перед іншими біологічними та економічними модифікаціями слід розробити відповідні методи управління. Із запровадженням техніки індивідуального автоматичного доїння, збору та обробки даних у режимі он-лайн тепер ставиться окрема корова в центр молочної ферми. Нові біологічні

моделі повинні бути адаптовані до нових обставин на молочній фермі AMS. Необхідно оптимізувати різні аспекти короткострокового та довгострокового контролю режиму доїння та годівлі. Слід прискорити дослідження впливу індивідуального режиму доїння та стратегії годівлі на виробництво молока та рентабельність стада. DCMS створює повний та ефективний щоденний автоматичний розпорядок дня на молочних заводах на основі управління нульовим випасом і підвищення ефективності на молокозаводах, де випас є частиною розпорядку дня. DCMS — це нове покоління DMS, яке об'єднує короткостроковий і довготерміновий контроль, використовуючи експертну систему для інтеграції багатьох джерел даних і аналізу в режимі онлайн. У центрі процесу прийняття рішень стоїть корова як окрема виробнича одиниця. Попередньо визначені значення та умови для конкретного стада керують процесом прийняття рішень DCMS. Оскільки фермер не може бути присутнім кожного разу, коли необхідно прийняти рішення щодо годівлі або доїння, DCMS контролює короткострокове управління молокозаводом. Фермер все ще здійснює загальний контроль молочних продуктів, який підтримується рекомендаціями DCMS. Комбіновані інструменти управління високоефективної DSS і низьких інвестицій у доїльне роботизоване обладнання та системи підтримки (сенсори та програмне забезпечення) підвищують прибутковість молочної ферми та покращують якість життя дійних корів і пастухів.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Засоби відбору проб молока

Без кількісних даних про молоко, вироблене кожною коровою, молочні фермери не можуть приймати точні рішення щодо харчування чи ліків. Таким чином певні організації надають лабораторні послуги молочним фермерам для точного аналізу компонентів кожного коров'ячого молока. Сьогодні працівники цих агросервісних компаній їздять на кожну молочну ферму не частіше ніж раз на місяць, щоб вручну відібрати пробу молока від кожної корови, а потім доставити її до лабораторії компанії. Потім молочний фермер отримує звіт про кожну корову з бажаних тестів. Одним з важливих тестів є тест на мастит.

Мастит – це захворювання, яке часто викликається бактеріальною інфекцією, що характеризується запаленням вимені корови, зниженням виробництва молока, погіршенням якості молока та виділеннями в молоці. Зокрема, молоко містить підвищений рівень соматичних клітин, таких як лейкоцити, які передаються від корови до молока, оскільки воно бореться з інфекцією. Як і звичайна застуда, мастит є відносно поширеним явищем для корів і, як правило, легкий, але може бути проблематичним, якщо його не виявити вчасно та не приділити йому належної уваги.

Оскільки мастит є симптомом різних інфекцій, його важко визначити. До того, як мастит представить себе як хворобу, підвищений рівень соматичних клітин порівняно з вихідним рівнем може свідчити про інфекцію. Кількість цих клітин (Somatic Cell Count, або SCC) є стандартним показником для виявлення несприятливої якості молока та здоров'я корови в результаті інфікування маститом. Молоко від здорового вимені демонструє SCC менше

ніж 200 000 клітин/мл молока, тоді як молоко від корів з маститом зазвичай демонструє SCC більше 200 000 клітин/мл [1].

Оскільки ручний збір молока є трудомістким і дорогим процесом, більшість молочних ферм збирають проби молока лише раз на місяць. Деякі взагалі не відбирають індивідуальні проби у своїх корів. Наразі немає рішення, яке б відбирало та аналізувало молоко вбудованим методом, що автоматично надає дані про молоко безперервно. Це зменшить час і робочу силу, необхідні для збору зразків, і забезпечить часті дані про якість молока та здоров'я корів, дозволяючи молочним фермерам спостерігати за тенденціями та підхоплювати мастит, перш ніж він спрогресує занадто далеко.

2.2. Роботизовані доїльні машини

Наявність багатоцільових промислових роботів у поєднанні з кращим і дешевшим обчислювальним обладнанням і датчиками сприяло застосуванню роботизованої автоматизації в нішевих галузях. Зростання вартості робочої сили та жорстке регулювання цін на молоко означали, що молочні фермери могли придбати роботизоване доїння під ключ.

Процес доїння корови відносно простий, але трудомісткий. Кожну корову потрібно доїти два-три рази на день, і кожен із 4 сосків вимені може потребувати доїння різної тривалості. Цей процес є повторюваним і нудним та брудним. Таким чином, доїння корів є хорошим кандидатом для проведення автоматизації.

Хоча специфіка кожної системи відрізняється, основний принцип однаковий. Корови вільно заходять у зону утримання, коли відчують потребу в доїнні, і коли вони готові, робот відкриває ворота в загін, де корова стоїть під час доїння. Ці системи відомі як автоматизовані системи доїння (Automated Milking Systems, AMS) або системи добровільного доїння (Voluntary Milking Systems, VMS). Схема типової молочної ферми, оснащеної

AMS, показана рис. 1.1. Коли корова займе своє місце, робот-рука розбризкує очищувальні розчини на соски корови, а потім рука розміщує чашечку на кожну соску за допомогою системи зору, як показано на рис. 1.2.

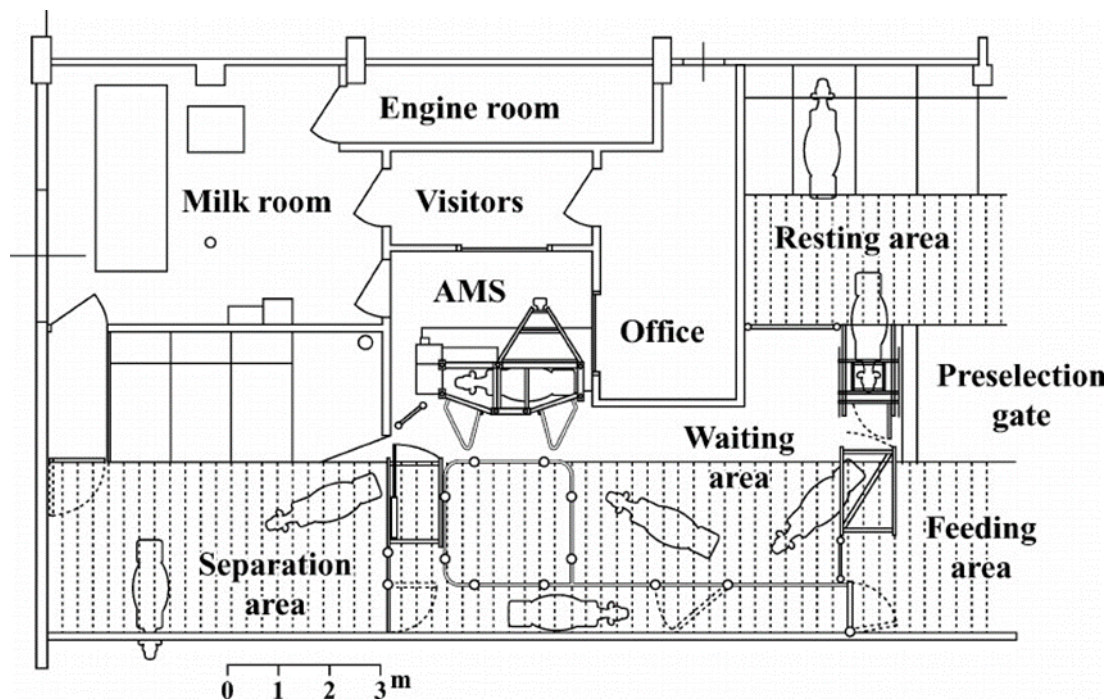


Рисунок 2.1 - Схема роботизованої молочної ферми, оснащеної AMS [2]



Рисунок 2.2 - Чашки, прикріплені доїльним роботом до вимені корови.

Коли доїльні стакани прикріплені, доїльний робот використовує невеликий вакуум і пульсацію на доїльних стаканах, щоб витягнути молоко з

вимені. Схему пульсації циклу показано на рис. 1.3. Молоко тече через різні трубки та давачі в резервуар для тимчасового зберігання. Коли корову закінчили доїти, молоко з резервуару перекачується в головний резервуар ферми для майбутнього збору.

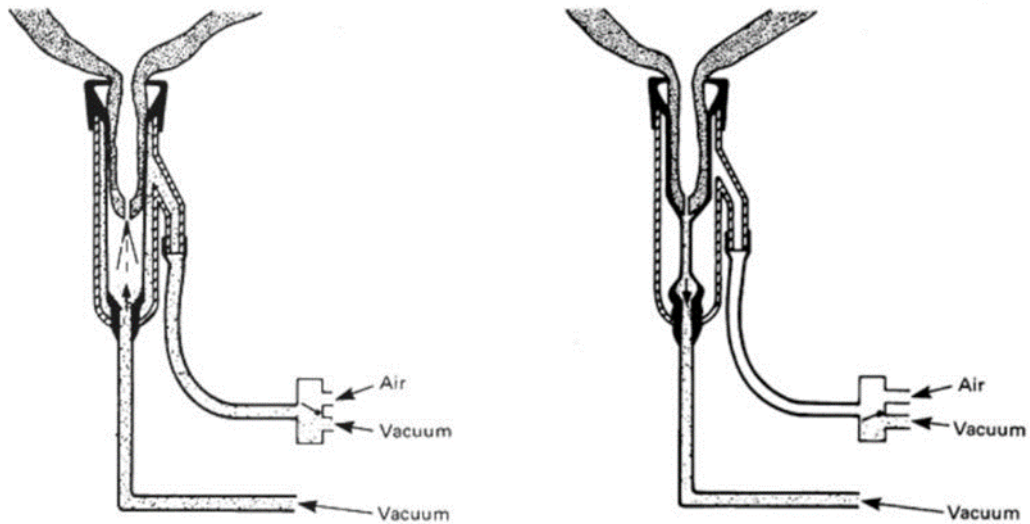


Рисунок 2.3 - Цикл пульсації доїльного апарату

Роботизовані доїльні апарати працюють 24 години на добу автономно. Вони потребують періодичного очищення та ремонту, але критичні функції, включаючи самоочищення, відбір проб молока та доїння, виконуються автономно. Особливо важливою є функція відбору проб молока. У цьому режимі невелика кількість молока автоматично забирається з резервуару та надсилається до зовнішнього пристрою для відбору проб, щоб власники молочних ферм могли перевірити здоров'я своєї худоби, а отже, якість продукту.

2.3. Огляд пристрою для аналізу молока

Портативний аналізатор молока, показаний на рис. 2.4. Цей портативний пристрій дозволяє фермеру взяти невелику пробу молока за допомогою прозорої крапельниці та вставити її в портативний пристрій. Датчик оптично аналізує склад молока, а дані завантажуються на веб-портал, де фермер може стежити за властивостями молока, а отже, перевірити здоров'я кожної корови. Дані давача, що базуються на навченому алгоритмі машинного навчання, забезпечують точне розуміння вмісту молочного жиру та білка, а також SCC.



Рисунок 2.4 – загальний вигляд прототипу портативного ручного аналізатора молока (зразок молока збирається крапельницею та оптично аналізується, коли крапельниця вставлена).

Проте з точки зору автоматизації більш доцільно створити пристрій, який можна інтегрувати з системою доїння, щоб зменшити ручну роботу.

Вбудований аналізатор молока — це модульний стаціонарний пристрій, який інтегрується в існуючі з'єднання та інтерфейси роботизованої доїльної машини. Пристрій буде конкурентоспроможним порівняно з існуючими давачами SCC, оскільки він не потребує використання будь-яких реагентів чи хімікатів і ніколи не контактує безпосередньо з молоком, тому можна повернути зразок молока назад у накопичувальний резервуар. Він також

забезпечує набагато вищу точність, ніж давачі SCC на основі провідності, які корелюють електропровідність із рівнями соматичних клітин. Нарешті, як і портативний аналізатор, цей продукт завантажує статистичні дані зі зразків молока в базу даних для пристроїв IoT, що дозволяє безперервно та дистанційно контролювати здоров'я корів.

Принцип роботи вбудованого аналізатора можна чітко пояснити схемою, показаною на рис. 2.5. Інфрачервоний (ІЧ) давач виявляє наявність зразка молока, коли зразок молока протікає через скляну кювету. Після кількох секунд затримки, коли ІЧ-давач спрацьовує, мікроконтролер надсилає команди для запуску світлодіодів. Потім спектрофотометр вимірює довжину хвилі світла, що проходить через кювету. Нарешті необроблені дані надсилаються до бази даних, і аналіз завершується за допомогою алгоритму машинного навчання.

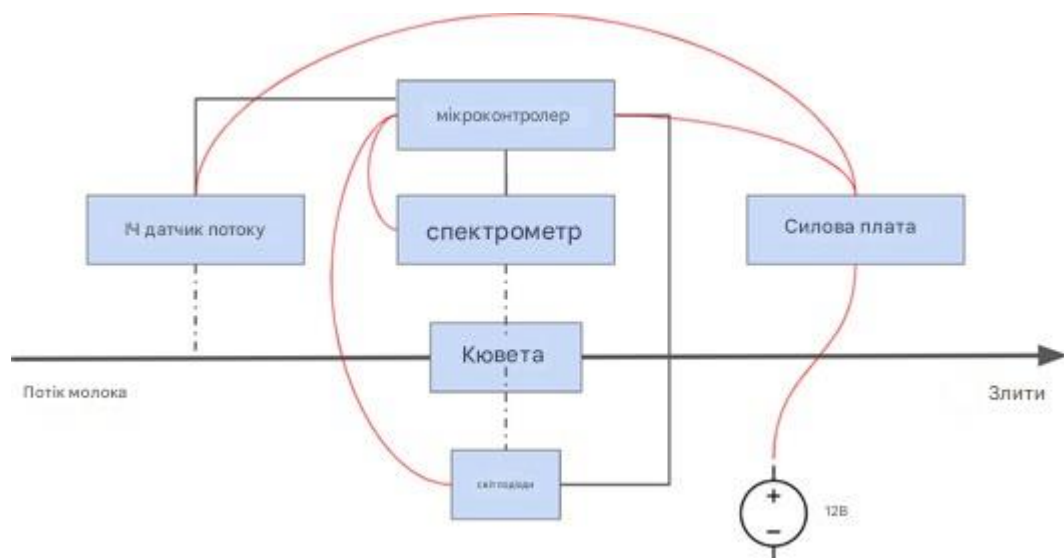


Рисунок 2.5 - Схема вбудованого аналізатора молока

Було продемонстровано, що електроніка та програмне забезпечення вбудованого аналізатора працюють ефективно, а друковані плати (PCB) були розроблені та протестовані. Однак система кріплення, корпус, кріплення компонентів і електропроводка були ще на стадії прототипу. Робоче

середовище вбудованого аналізатора також складне, що включає часті бризки води, високу температуру навколишнього середовища та вібрацію. Ці два виміри зробили процес розробки продукту вбудованого аналізатора більш складним.

3 КОСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Розробка мобільного аналізатора молока на базі IoT

За останнє десятиліття автоматизація молочних ферм набула все більшого значення. Найважливішою особливістю розумної ферми є використання систем на основі Інтернету речей для моніторингу та керування багатьма сенсорними пристроями, які використовуються на фермі. Підключення між системами датчиків за допомогою Інтернету дозволяє інтегрувати потоки даних, які раніше було важко отримати. Хмарна інфраструктура використовується для зберігання даних, зібраних із різноманітного вимірювального обладнання, включаючи нашийники для великої рогатої худоби, доїльні станції та кормові вагони тощо [3, 4]. Хмарна структура є чудовим прикладом відповідного методу для мінімізації перешкод, які необхідно подолати, щоб здійснити повну інтеграцію. Зростання технологій, які дозволяють бездротово підключати сенсорні мережі, дозволило встановлювати сенсорні платформи за низькою ціною. Ці сенсорні платформи використовують у різних галузях промисловості та спільнотах [5, 6]. У сфері сільського господарства, особливо на невеликих молочних фермах, IoT і сенсорні технології використовувалися для створення технологій, які допомагають фермерам приймати рішення та підвищувати ефективність роботи ферм. Це економить їхній час і дає їм інформацію про виробничий процес, стадо та кожну тварину. Молоко містить багато поживних речовин, необхідних людині. Це чудове джерело білка, жиру, лактози, вітамінів і мінералів, життєво важливих для росту організму, підтримки здоров'я та профілактики захворювань [7, 8].

Кількість молока є найважливішим фактором в управлінні фермою, де загальна кількість молока на молочній фермі використовується як дані для оцінки прибутку підприємства та його розподілу постачальникам. Між тим,

індивідуальна кількість молока, вироблена коровою за сеанс доїння, є основним критерієм для оцінки цінності молочних корів і для прийняття рішень щодо вибракування та парування, а також важлива для правильного коригування кількості корму та складання раціонів, на додаток до оцінки рентабельності [8]. На великих фермах, де для доїння корів використовуються трубопровідні доїльні апарати, індивідуальна кількість молока легко вимірюється та реєструється за допомогою цифрового лічильника молока, встановленого на кожному стояку. У той же час на невеликих молочних фермах, які використовують доїльні машини з відрами, його можна виміряти за допомогою витратоміра молока, градуйованих скляних молочних колб або зважуванням і записом результатів вручну. Однак це призводить до труднощів і збільшення часу доїння.

У цьому дослідженні вимірювали індивідуальне коров'яче молоко та записували дані на основі Інтернету речей, що спрощує для кооперативів доступ до інформації про кожну ферму. Це нововведення дозволяє кооперативам оцінювати ефективність вирощування великої рогатої худоби та контролювати, рекомендувати та оптимізувати процес для максимальної ефективності. Таким чином, це дослідження вивчає автоматичну систему реєстрації кількості молока для ковшового доїльного апарату на основі IoT. Кількість молока від кожної корови вимірюється в кілограмах, записується на карту пам'яті microSD і відправляється для запису в хмарну таблицю.

У тваринницькій сфері виробництво молока є очевидним, оскільки воно створює робочі місця та дохід, а також використовує технології для підвищення ефективності виробництва. Технологія може бути використана для регулювання годівлі корів і виробництва молока, як це робиться в кількох інших галузях промисловості, включаючи промислове виробництво.

Фраза IoT використовується для позначення свого роду технології, яка, за прогнозами, найближчим часом матиме мільярди продуктів, підключених до Інтернету та доступних звідусіль у найближчому майбутньому. На даний

час IoT розширюється в сільському господарстві та тваринництві, дозволяючи інтелектуальним налаштуванням розуміти оточення та взаємодіяти з людьми.

У цьому розділі представлені деякі ініціативи, пов'язані з технологіями, що допомагають у вирощуванні великої рогатої худоби, які застосовуються в точному землеробстві на основі Інтернету речей, застосовуваного на невеликих щоденних фермах.

Представлено модель контролю годівлі, водопостачання та відводу газів у фермах [9, 10]. Він використовує мікроконтролери та виконавчі механізми; датчики рівня води, ультразвукові, газові, температури та вологості; IP камери. Модель також містить вбудовану систему для ведення сільськогосподарської інформації та обліку в реальному часі. Цей модуль містить датчики та два мікроконтролери, Arduino Mega та Uno. Система має автоматичний і ручний режими. В автоматизованому режимі він використовує порогові значення як параметри для запуску системи. Тварин годують за допомогою бункера з клапаном, двигуном і ультразвуковим датчиком для вимірювання рівня їжі. Коли корм закінчується, клапан бункера відкривається, щоб нагодувати тварин.

Розумна ферма — це модель, створена за посиланням [11] для управління якістю сирого молока. Автори припускають, що відмова споживачів від молока та інших молочних продуктів через низьку якість має серйозні негативні наслідки для провідних учасників ланцюга постачання молочної продукції. Smart Farm має на меті забезпечити виробників молока та постачальників логістичних послуг автоматизованими системами нового покоління на основі інтерактивного штучного інтелекту для проактивного моніторингу якості сирого молока. Автори запропонували модель MooCare, призначену для допомоги виробникам в управлінні молочною худобою з метою отримання кращих показників продуктивності [12]. Використовуючи пристрої IoT, MooCare здійснює автоматизацію та індивідуалізацію годівлі тварин. Дані, зібрані за допомогою таких пристроїв, дозволяють MooCare

зробити науковий внесок, який полягає у забезпеченні прогнозування молочної продуктивності кожної корови за допомогою механізму прогнозування ARIMA. Таким чином, фермери можуть бути сповіщені заздалегідь, що дозволить їм відреагувати з точки зору розробки кращого плану харчування, який можна індивідуально підібрати для кожної корови. Фуад та ін. розробили мобільний додаток MIT App Inventor для моніторингу продуктивності та репродуктивності невеликих молочних стад [13]. Мобільний додаток можна розробити для постійного збору даних і спостереження за молочними фермами в сільській місцевості. Араго та ін. запропонував неінвазивну та безконтактну систему виявлення тічки з інтегрованою технологією IoT для підвищення ефективності виявлення поведінки корів під час тічки. Камери з панорамним нахилом і масштабуванням (PTZ) і веб-додаток на основі Python покращують виявлення корів у тічці [14]. Розміри корівника вимірюються, а кут зору камер на верхньому корівнику попередньо розраховується. Камери спостереження ідентифікують корів і випадки тічки. Деніз та ін. [15] представили дизайн і виконання електронної системи, створеної виключно для моніторингу харчових звичок молочних корів у реальному часі. Система побудована на вбудованій схемі, яка обробляє звук, який видає тварина, щоб ідентифікувати, класифікувати та кількісно визначити події харчової поведінки жуйних. Хван та ін. [16] показали систему консультування щодо захворювань худоби, яка працює зі смартфоном на ОС Android. За допомогою цієї системи люди можуть запобігти можливому неправильному використанню антибіотиків та інших ліків для тварин і перевірити статус захворювань худоби на ранній стадії, щоб їх можна було швидко лікувати. Ця стаття [17] використала штучний інтелект, представивши, як штучні нейронні мережі можна використовувати для класифікації корів за тим, наскільки вони здорові. Це допомагає фермерам правильно доглядати за своїми коровами, оскільки здорові корови дають хороше молоко. Мета цього дослідження [18] полягала

в тому, щоб описати розробку мобільної інтелектуальної системи для виявлення захворювань великої рогатої худоби та надання рекомендацій щодо дій з надання першої допомоги. Центральний інтелект системи був побудований з використанням нечітких нейронних мереж.

3.2. Ковшовий доїльний апарат

На рисунку 3.1 зображено ковшовий доїльний апарат, який складається з чотирьох основних компонентів: (а) вакуумна система, (б) пульсатори, які змінюють рівень вакууму навколо соска, (в) доїльні блоки, що складаються з чотирьох доїльних стаканів, з вкладишами, з'єднаними з кігтем, і (d) молочні відра.

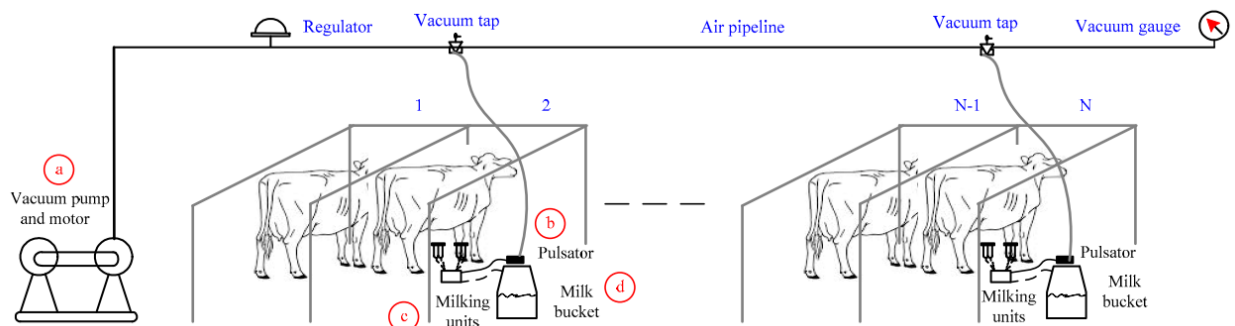


Рисунок 3.1 - Ковшовий доїльний апарат: дві доїльні установки.

Після приєднання доїльного стакану доїльні апарати відбирають молоко від дійної корови, застосовуючи частковий вакуум до соска, створюючи різницю тиску, що призводить до відкриття прожилкового каналу, і молоко витікає з дійної цистерни через молочну трубку до соска. приймальне відро або контейнер [19]. Для обробки доїння всі корови стоять біля стійкового хліву, де кожна корова має своє місце для їжі та доїння щодня. На доїння корови використовується одна доїльна установка. Для прикладу, як показано на рис. 3.1, система машини має два доїльних агрегати; отже, він може доїти двох корів одночасно, де N — це кількість корів для доїння кожного разу.

3.3. Запис індивідуальної кількості молока.

Кількість молока на молочних фермах є найважливішою інформацією в управлінні фермою. Індивідуальну кількість молока можна виміряти кількома методами, як показано на рис. 3.2. Фермери повинні уважно читати ваги та записувати результати вручну на початку та в кінці доїння кожної корови, використовуючи масштабний молокомір або градуйовані скляні молочні колби. За допомогою зважування, після доїння кожної корови, відро молока необхідно виміряти зважуванням і розрахувати реальну масу молока. Ці методи є дуже складними та призводять до збільшення часу доїння. Незважаючи на те, що цифровий лічильник молока можна використовувати, він дуже дорогий.

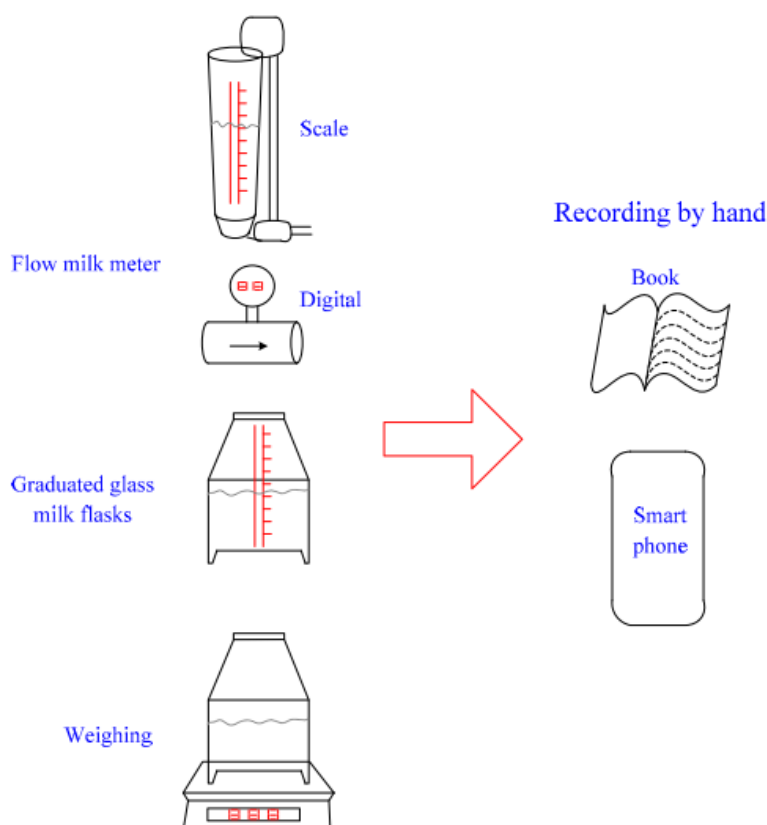


Рисунок 3.2 - Система реєстрації кількості молока вручну.

Система записів була розроблена за допомогою програмування додатків для смартфонів, щоб допомогти в управлінні невеликими молочними фермами [21]. Однак ці системи реєстрації все ще потребують даних про кількість молока з вимірювань.

3.4. Розробка системи для автоматичної системи реєстрації кількості молока.

Цілі цього дослідження полягають у вимірюванні та реєстрації індивідуальної кількості молока. Пропонована система має бути простою і не впливати на звичайний процес доїння. У цьому розділі ми покажемо, як розробити систему для досягнення цілей дослідження. На рис. 3.3 показана принципова блок-схема запропонованої системи. Основними функціями блоку керування є вимірювання кількості молока та запис даних, таких як годинник реального часу, ідентифікаційний номер корови, а також індивідуальна та загальна кількість молока в системі запису: карта пам'яті microSD і хмарні таблиці.

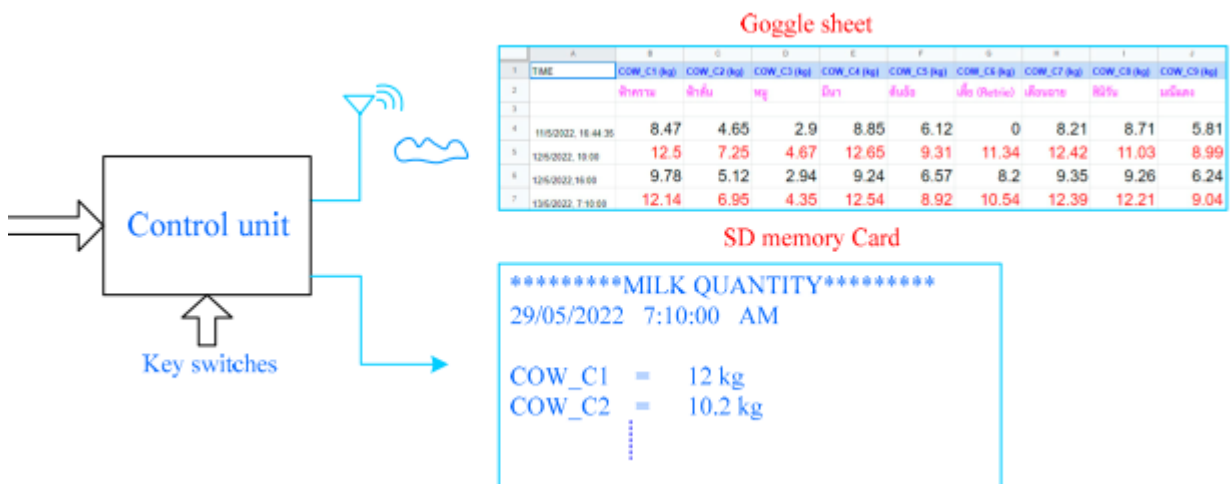


Рисунок 3.3 – Пропонована система аналізу.

Блок керування.

Блок керування автоматичними системами реєстрації кількості молока складається з вагового механізму та вбудованої системи. Механізм вагових ваг функціонує, завантажуючи відро з молоком, у той час як вбудована система обробляє введення клавішного перемикача, вимірювання кількості молока, відображення текстів на РК-дисплеї, а також запис і надсилання даних на хмарну таблицю.

Ваговий механізм.

З системи доїльного апарату з відром, як показано на рис. 3.1, фермери зазвичай використовують відро для молока з нержавіючої сталі об'ємом 30 л; отже, загальна вага становить близько 38 кг, включаючи порожнє відро молока. Коли кожну корову закінчено доїти, фермер повинен підняти доїльну установку, щоб видоїти інших корів. Це може бути важко для дрібних фермерів. Тому використовується молочна тачка, як показано на рис. 3.4, яка складається зі сталеві конструкції та трьох коліс. Витримує до 50 кг. Під основою кола встановлений тензодатчик вагою 50 кг і підключений до вбудованої системи. Коли відро з молоком ставиться на круглу основу, отриманий електричний сигнал змінюється відповідно до ваги відра з молоком і надсилається до вбудованої системи для обробки кількості молока.

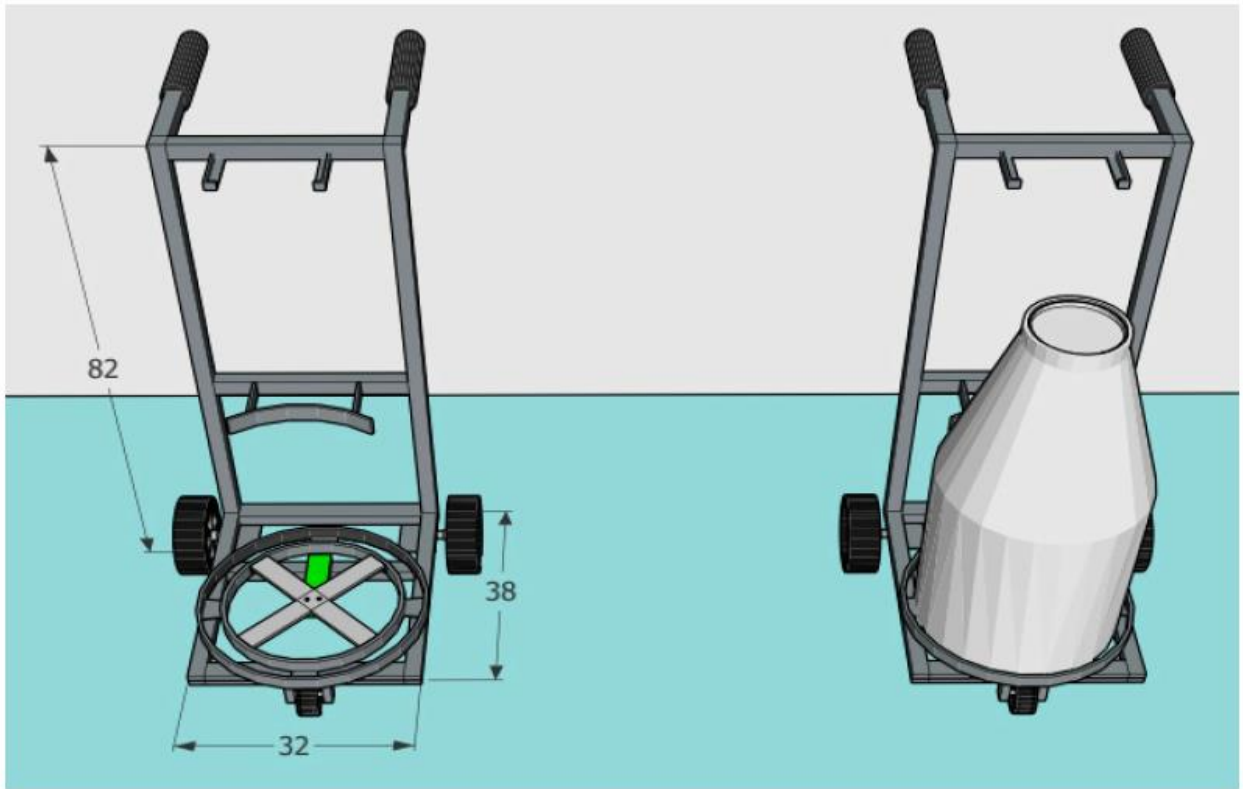


Рисунок 3.4. Молочна тачка

Вбудована система.

Ми розробляємо вбудовану систему для автоматичної системи реєстрації кількості молока, враховуючи такі фактори: простота використання, малий розмір і надійність. У цьому підрозділі описано деталі апаратного та програмного забезпечення. Розробка апаратного забезпечення Розроблено принципову схему автоматичної системи реєстрації кількості молока, як показано на рис. 3.5.

Така система розроблена на основі модульної структури, яка складається з численних електронних модулів.

- Arduino Mega 2560 PRO використовується як основний контролер. Він відповідає за отримання даних від ключових перемикачів для визначення кількості корів; збір даних з тензодатчика для вимірювання кількості молока; збереження даних, таких як дата, час, ідентифікатор корови та індивідуальна

та загальна кількість молока, на пам'ять microSD; надсилання всіх даних до хмарних платформ через Node MCU.

- Давач навантаження, який перетворює силу в електричний сигнал, який можна виміряти. Електричний сигнал змінюється залежно від прикладеної сили. Для вимірювання ваги побудовано ваги, використовуючи тензодатчики, підключені до підсилювача HX711 і Arduino. У цьому експерименті використовуються тензодатчики з максимальною вагою 50 кг.

- Послідовний годинник реального часу (RTC) забезпечує функції відліку часу для використання в системі на основі часу.

- ЖК-дисплей I2C показує кількість ваги, а також дату та час, взяті з RTC.

- Карта microSD використовується для зберігання інформації, отриманої в результаті зчитування датчика, а також часу вимірювання.

- Node MCU використовується для встановлення бездротового з'єднання та передачі всіх даних на хмарну платформу.

Розробка програмного забезпечення

На рис. 3.6 показано діаграму переходу стану для автоматичної системи реєстрації кількості молока. Система складається з кількох підперехідних станів: початкового стану, стану отримання, стану процесу та стану передачі. Ініціалізація починається під час увімкнення системи. Початковий стан відображається на головному дисплеї. Він переходить у стан отримання за допомогою перемикача «Номер корови», щоб ідентифікувати кількість корів, наприклад C_1, C_2, . . . і C_N. Коли він отримує номер корови, цей стан переходить у стан процесу натисканням кнопки «Enter». Він починає вимірювати кількість молока.

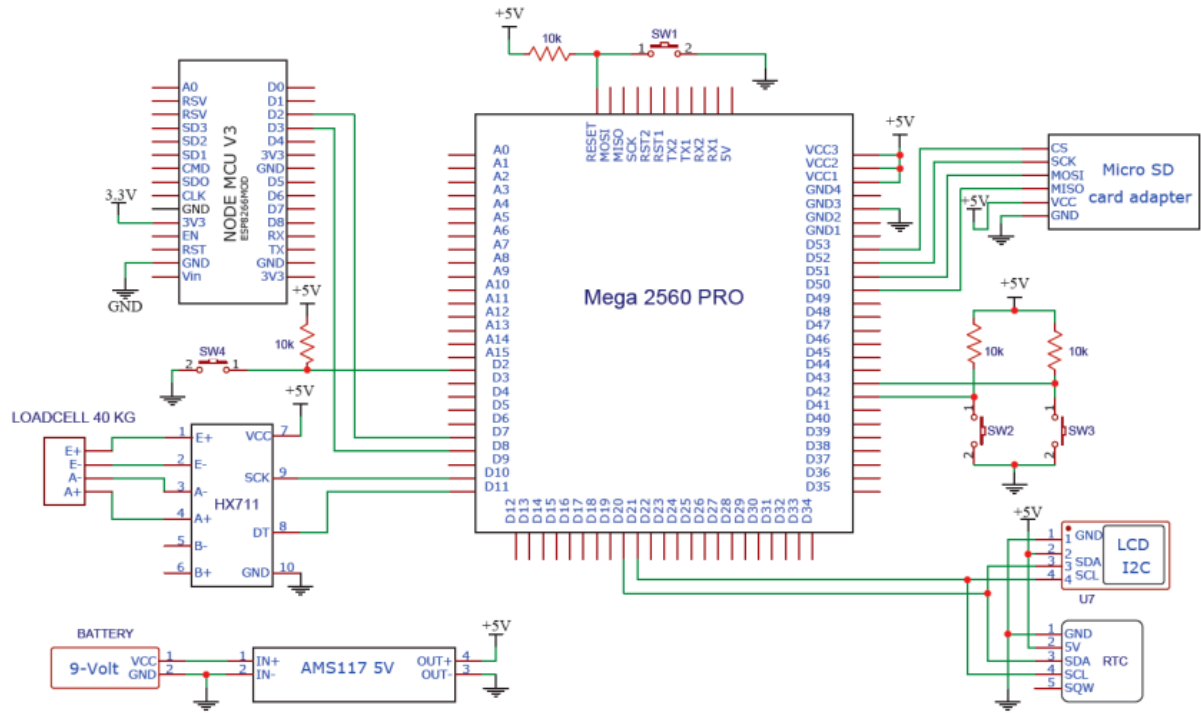


Рисунок 3.5 - Принципова схема запропонованої системи.

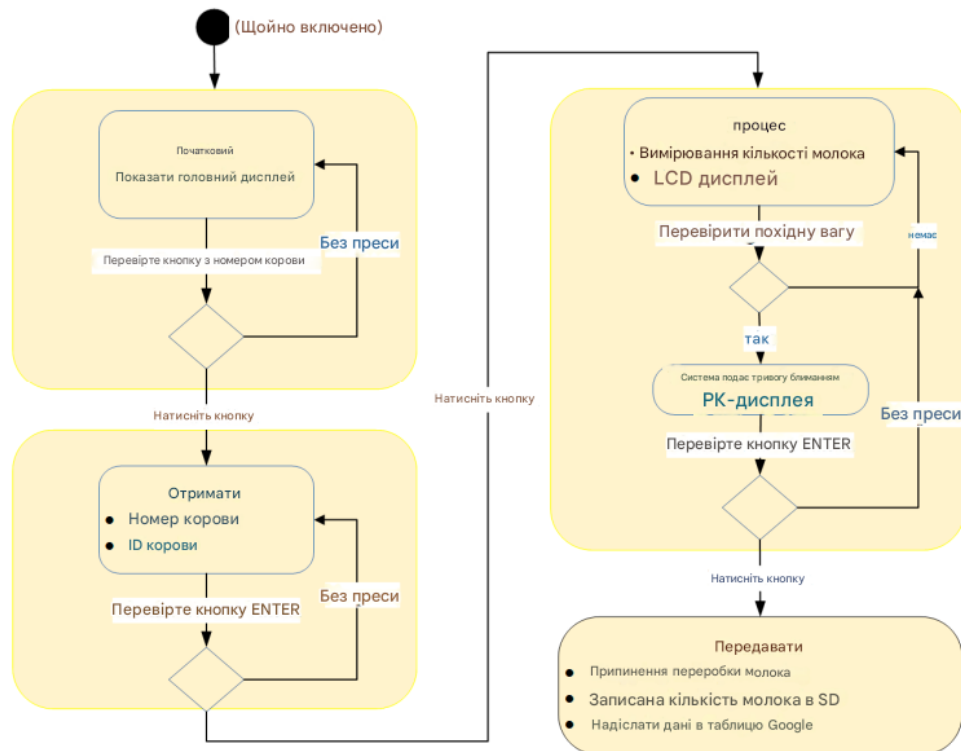


Рисунок 3.6. Діаграма переходів станів.

Під час обробки вимірювання ваги метод встановлення нуля використовує вагу до натискання перемикача Enter, щоб встановити її як нуль кг.

Результат вимірювання ваги та кількість молока відображаються на дисплеї в реальному часі. Під час обробки молока фермер повинен стежити за швидкістю потоку молока, щоб розкласти чайні чашки для захисту від надоїння. Тому, щоб допомогти фермеру, система перевіряє швидкість зміни маси молока в часі. Якщо він стає майже нульовим, коров'яче молоко закінчується. Система попереджає фермера про необхідність натиснути кнопку «Enter», щоб зупинити обробку молока та розкласти чайні чашки.

Після натискання кнопки Enter відбувається перехід до стану передачі, коли індивідуальна та загальна кількість молока записується на карту пам'яті SD. Після цього система перевіряє номер корови, чи всі корови повністю надоєні, і надсилає дані для запису на хмарний сервіс. Алгоритми в кожному стані реалізовані на платі Arduino Mega 2560 PRO за допомогою Arduino IDE.

3.5. Виявлення надмірного видоювання.

Наддоїння починається, коли потік молока в соскову цистерну менший, ніж потік із сокового каналу. Це може спричинити підвищення температури поверхні соска, потовщення стінки цистерни, зменшення діаметра соска та подовження каналу соска, а отже, збільшить можливість проникнення бактерій у сосок. Тому апарат слід зняти з вимені корови до початку надоїння. Багато дослідників зосереджувалися на оптимальній точці перемикання для видалення доїльного блоку або соска шляхом визначення швидкості потоку. Однак цю техніку можна застосовувати лише в системі автоматичного доїння. Тому, щоб подбати про здоров'я вимені корів на невеликих фермах, ми пропонуємо спосіб знайти точку перемикання.

На рис. 3.7 зображено ескіз молока. Вага, показана пунктирною лінією, проти її похідної, показаної пунктирною лінією.

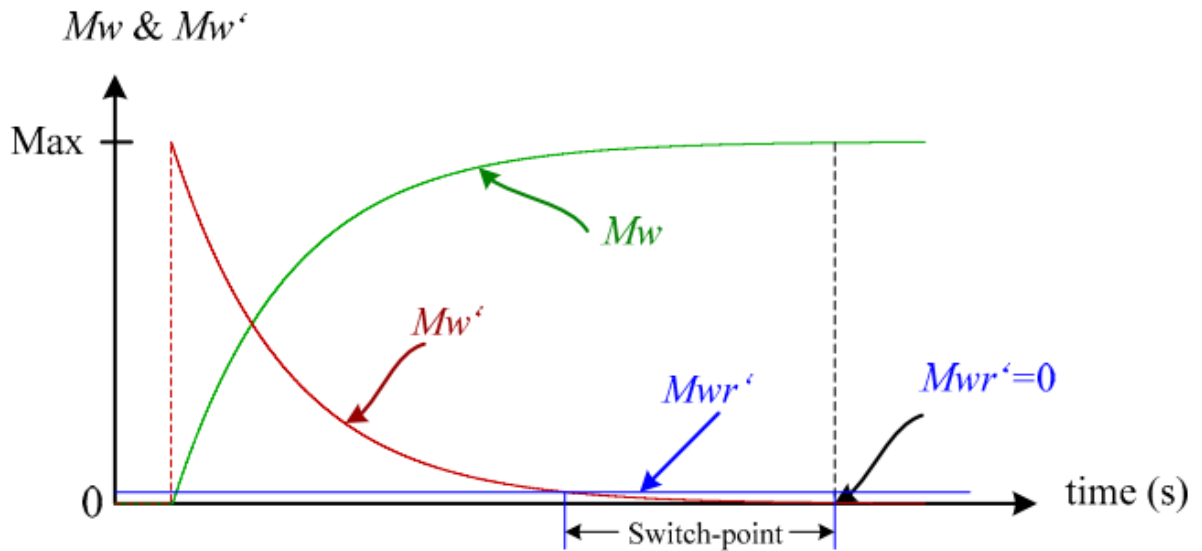


Рисунок 7 - Маса молока та її похідна за часом.

Похідну ваги молока за часом можна знайти за допомогою рівняння:

$$Mw' = \frac{dMw}{dt} \quad (3.1)$$

де Mw – маса молока; dMw — миттєва швидкість зміни; dt – миттєва швидкість зміни часу. Mw' є похідною ваги молока за часом.

Щоб знайти точку перемикання, рівняння (3.1) встановлюється як

$$Mw' \leq Mwr' \quad (3.2)$$

З рівняння (3.2) для встановлення точки перемикання використовується опорна похідна, Mwr' . Якщо Mwr' встановлено на нуль, це означає точку

перемикання, знайдену при максимальній вазі молока. Щоб знайти оптимальну точку перемикання, Mwr' можна знайти експериментально.

Система запису

Коли обробка доїння завершена, блок керування надсилає дані: годинник реального часу, ідентифікатор корови, індивідуальну та загальну кількість молока через мережу Інтернет для запису в хмарну таблицю. Деякі сільські ферми можуть мати доступ до Інтернету або мати низьку якість мережі. У результаті, щоб уникнути втрати даних, ці файли також зберігаються на карті пам'яті SD. Рис. 3.8 показує формат запису на хмарному аркуші і на карті пам'яті SD.

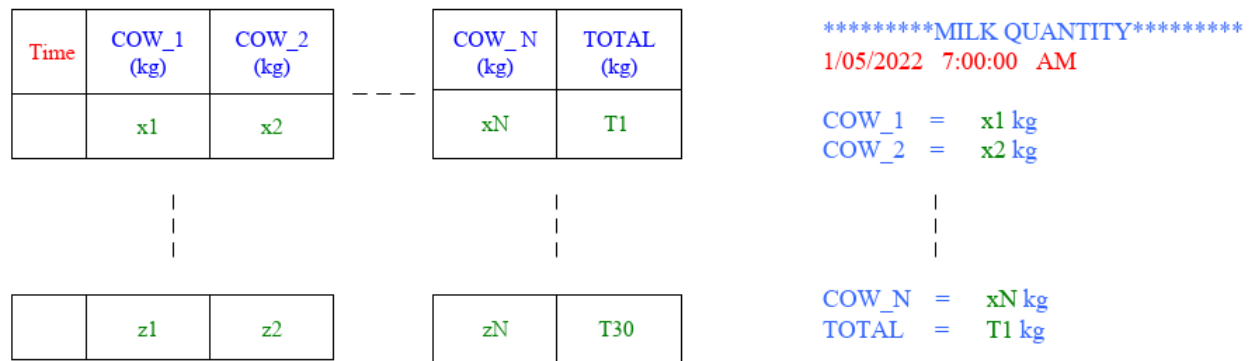


Рисунок 3.8 - Формат даних.

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

4.1 Результати аналізу даних системи контролю молока

Впроваджено та протестовано запропоновану систему автоматичного обліку кількості молока для олочних ферм на основі IoT на підприємстві «Горинь» с. Борсуки Тернопільської області, Лановецького району. Як показано на рис. 4.1, молочна тачка базувалася на сталевій конструкції та трьох колесах. Ваговимірювач встановлювався на підставі молочного відра, а вбудована система – зверху. Молочна тачка вміщувала до 100 кг, заданих трьома колесами; однак це було обмежено специфікацією вантажопідйомності датчика навантаження, 50 кг. З практичних випробувань молочну тачку випробували з повним відром молока, а загальна вага склала близько 50 кг. Отримана тачка була міцною та простою у використанні.

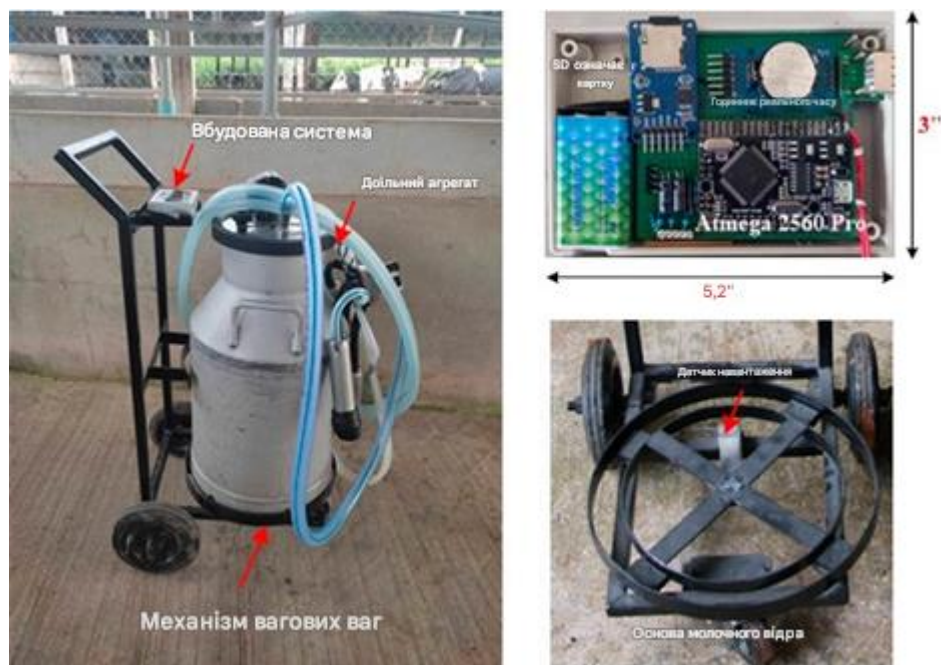


Рисунок 4.1 - Прототип запропонованої системи

Точність вимірювання ваги

Під час першого використання блоку керування для вимірювання кількості молока його необхідно налаштувати. Нульовий і калібрувальний коефіцієнти можна знайти за допомогою програми автоматичного калібрування. У першому випробуванні були навантажені вагові маятники: 1, 5, 20 і 40 кг. Результати показали, що його точність у всіх випадках становила понад 99,5%. Для другого тесту блок контролю вимірював кількість молока в процесі доїння. За результатами спостереження ми виявили, що дані для запису мали помилку. Це через вібрацію молока у відрі. Згідно з експериментами, кількість разів зчитування даних ваги з АЦП впливала на корекцію записаних даних. Тому, щоб захистити цю помилку, було налаштовано кількість разів зчитування даних ваги з АЦП. З багатьох експериментів середнє значення 10 даних, зчитаних з АЦП, дало правильні результати.

Вимірювання кількості молока та запис даних

Запропонована система була апробована на малотоварній фермі, яка має 14 корів для надою молока. На фермі використовується ковшова доїльна система та два відра. Вона може доїти лише двох корів одночасно. Кожна корова має своє ім'я, яке визначається відповідно до ідентифікатора корови, наприклад C_1, C_2, ... і C_14. У дослідях ми використовували дві контрольні установки для доїння, де кожна контрольна установка може доїти будь-яку корову.

Рисунок 4.2 показує результати експерименту на ЖК-дисплеї з двома блоками керування. Перший, другий і третій рядки показують ID корови, вагу в реальному часі та загальну вагу відповідно. Після того, як користувач ввів ідентифікатор корови та натиснув перемикач EN, він запустив режим вимірювання. Як показують результати контрольний блок №2 доїв першу корову, C_3, тоді як контрольний блок №1 вимірював індивідуальне коров'яче молоко C_4, C_6 і C_2 і доїв C_10.



Рисунок 4.2 - Вага в реальному часі на ЖК-дисплеї, що відображає блок керування №2 і блок керування №1.

Коли коров'яче молоко кожної корови закінчилося, ЖК-дисплей блимав, щоб попередити користувача про необхідність натиснути перемикач EN, щоб зупинити режим вимірювання. Коли всі корови закінчили доїти, дані були записані на карту пам'яті SD і хмарний лист, як показано на рис. 4.3 і 4.4 відповідно.

*****MILK QUANTITY*****			
*****MACHINE#1*****			
7:42:00 AM			
COW_C4	=	11.65	kg
COW_C6	=	11.34	kg
COW_C2	=	5.73	kg
COW_C10	=	11.71	kg
COW_C11	=	5.76	kg
COW_C12	=	10.8	kg
COW_C13	=	12.55	kg
Total	=	69.54	kg

*****MILK QUANTITY*****			
*****MACHINE#2*****			
7:45:00 AM			
COW_C3	=	4.53	kg
COW_C1	=	12.5	kg
COW_C5	=	9.31	kg
COW_C7	=	12.42	kg
COW_C8	=	11.03	kg
COW_C9	=	8.99	kg
COW_C14	=	7.48	kg
Total	=	66.26	kg

Рисунок 4.3 - Запис даних на карту пам'яті SD: Блок керування №1 і Блок керування №2.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	Y	Z
TIME	COW_C1 (kg)	COW_C2 (kg)	COW_C3 (kg)	COW_C4 (kg)	COW_C5 (kg)	COW_C6 (kg)	COW_C7 (kg)	COW_C8 (kg)	COW_C9 (kg)	COW_C10 (kg)	COW_C11 (kg)	COW_C12 (kg)	COW_C13 (kg)	COW_C14 (kg)	Total (kg)	
	ตัวแรก	ตัวที่ 2	ตัวที่ 3	ตัวที่ 4	ตัวที่ 5	ตัวที่ 6	ตัวที่ 7	ตัวที่ 8	ตัวที่ 9	ตัวที่ 10	ตัวที่ 11	ตัวที่ 12	ตัวที่ 13	ตัวที่ 14		
11/5/2022, 16:44:35	8.47	4.65	2.9	8.85	6.12	0	8.21	8.71	5.81	7.81	3.21	7.93	8.14	4.82	85.64	หน่วย
12/5/2022, 7:02:00	12.5	5.73	4.53	11.65	9.31	11.34	12.42	11.03	8.99	11.71	5.76	10.8	12.55	7.48	135.8	หน่วย
12/5/2022, 16:00:32	9.78	5.12	2.94	9.24	6.57	8.2	9.35	9.26	6.24	8.77	2.88	7.77	8.34	5.2	99.66	หน่วย
13/5/2022, 7:10:00	12.14	6.95	4.35	12.54	8.92	10.54	12.39	12.21	9.04	10.47	6.64	9.92	12.33	7.51	135.95	หน่วย
13/5/2022, 16:45:02	8.67	4.43	2.89	9.81	6.71	6.49	8.54	9.41	6.61	6.51	3.79	7.55	8.24	5.65	95.3	หน่วย
14/5/2022, 7:10:18	12.12	7.76	4.3	13.04	4.54	5.22	12.32	12.04	8.7	10.38	4.85	10.73	12.29	7.62	125.91	หน่วย
14/5/2022, 16:56:50	8.9	4.79	3.43	9.83	5.17	6.55	8.52	9.45	6.41	7.84	3.41	7.26	8.54	5.43	95.52	หน่วย
15/5/2022, 7:10:00	10.97	7.01	9.38	13.03	8.68	9.32	11.98	13.16	8.7	11.37	7.35	10.62	0.08	6.58	128.22	หน่วย

Рисунок 4.4 - Запис даних у хмарні таблиці.

Рис. 4.3 показує дані, записані на карту пам'яті SD блоку керування №1 і блоку керування №2: час закінчення доїння, ідентифікатор корови, індивідуальну та загальну вагу. Дані показують, що положення доїння кожної корови можна змінювати щоразу. Ці дані були надіслані для запису в хмарну таблицю через NodeMCU 8266, які були впорядковані як C_1, C_2, ..., і C_14 шляхом обробки даних у хмарному аркуші, як показано на рис. 4.4.

Тест на передоювання

Надоїння може спричинити проблеми зі здоров'ям вимені корів. Тому доїльну установку слід знімати з вимені, коли молоко корови майже закінчується. Щоб знайти оптимальну точку перемикавання для видалення доїльного блоку, було визначено похідну кількості коров'ячого молока за часом. Спостерігали два параметри, часовий інтервал і еталон похідної, Mwr' .

Проміжок часу повинен бути якомога меншим. Однак він обмежений часом обробки програми і можливостями мікроконтролера.

З експериментів, часовий інтервал був встановлений на найменший з 1 с. рис. 4.5 показує результати послідовного графіка Arduino IDE на графіку зміни маси молока корови, C_10, від часу. Максимальна маса молока становила 11,71 кг, а його час витримки становив 260 с. Випробовуючи похідну еталонну величину, Mwr' , спостерігали як 0 г. Результати показують, що точка перемикавання була знайдена через 262 с. Система попереджена блиманням РК-дисплея. Він був затриманий на 2 с, тому що програмний цикл був встановлений як два. Проте в цей час це не вплинуло на здоров'я

коров'ячого вимені. Точку перемикання можна змінити, змінюючи похідну еталонну величину M_{wr}' .

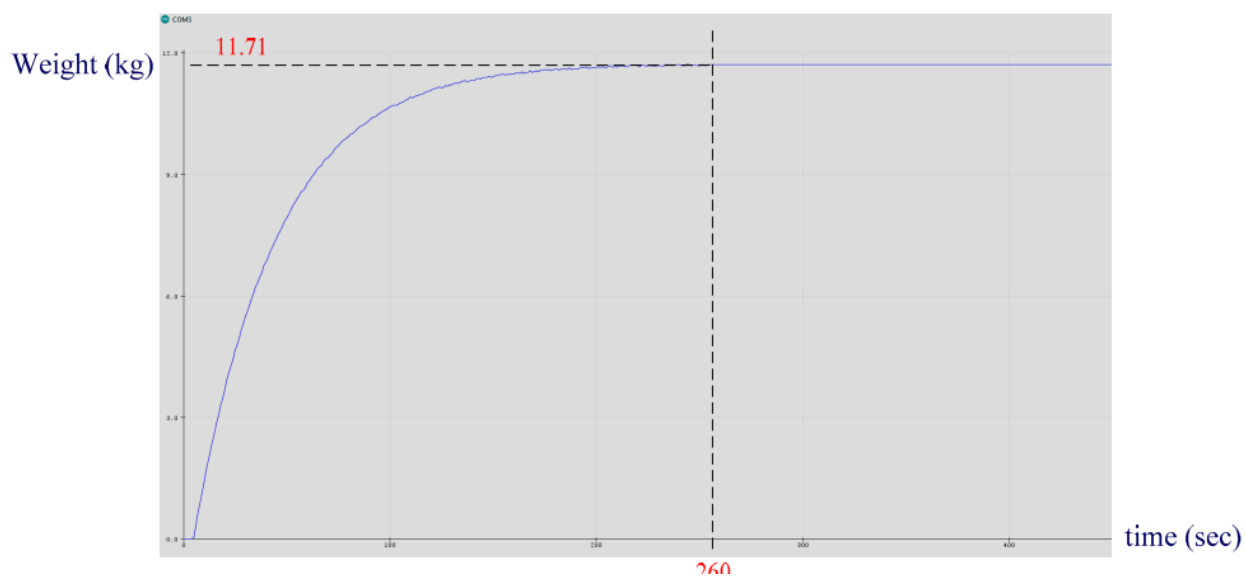


Рисунок 4.5 - Графік зміни маси молока корови, C_10, в залежності від часу.

5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1 Розробка вбудованого аналізатора молока

Кількість жиру в молоці є важливим критерієм його якості. Жир є найціннішим компонентом молока, що значною мірою впливає на його ціну. Тому в процесі збору і переробки молока необхідно ретельно контролювати вміст жиру. Крім того, це простий маркер здоров'я корови. Молоко зі співвідношенням жиру до білка понад 1,5 може свідчити про можливий кетоз, тобто надлишок кетонових тіл. І навпаки, низький вміст жиру може бути ознакою підгострого рубцевого ацидозу, який є небезпечним надлишком кислот у крові тварини.

Відповідно до Міжнародної організації зі стандартизації (ISO) вміст жиру в молоці визначають хімічними методами: кислотним методом Гербера і гравіметричним методом Розе-Готліба. Хімічні методи аналізу мають високу точність, але їх впровадження є трудомістким і трудомістким, вимагає високої кваліфікації персоналу. Крім того, в хімічних методах часто використовуються небезпечні реагенти. Найпоширенішим інструментальним методом аналізу молока є спектроскопія в середньому інфрачервоному (ІЧ) діапазоні.

Відповідно до ISO 9622:2013 аналізатор у спектральному діапазоні 0,4–11 мкм можна використовувати для точного визначення масової частки жиру, білків, лактози, сухої речовини та інших параметрів якості молока. Основним недоліком ІЧ-спектроскопії є висока вартість придбання та обслуговування приладу. Як наслідок, такі пристрої в основному використовуються лише на великих молокозаводах і дослідницьких центрах. Оптична спектроскопія у видимій і короткохвильовій ближній інфрачервоній області (Vis/SW-NIR) рідко використовується в аналізі молочних продуктів через низькі коефіцієнти екстинкції компонентів у цій області (400–1100 нм).

Проте низка попередніх досліджень показала, що аналіз проб молока в цьому регіоні може бути швидким, неруйнівним, достатньо точним і надійним для визначення вмісту молочного жиру та білка. Аналіз в області Vis/SW-NIR в основному базується на залежному від довжини хвилі розсіюванні світла частинками колоїдного молока різного розміру. У цьому випадку складну спектральну характеристику можна кількісно визначити лише за допомогою методів багатофакторного аналізу даних, також відомих як хеометрика.

У той час як MIR-спектроскопія є добре відомим лабораторним методом для звичайного контролю якості молока, оптичні методи в області Vis/SW-NIR забезпечують гнучкі та відносно недорогі рішення для польового та експрес-аналізу, наприклад, на молочних фермах. Vis/SW-NIR спектроскопія на основі розсіювання добре підходить для створення оптичних мультисенсорних систем (OMS) – спеціалізованих аналізаторів для різних зразків і середовищ.

OMS – це аналітичний пристрій, який включає набір з двох або більше оптичних датчиків (сенсорних каналів), оптимізованих для конкретного застосування. Робота мультисенсорних пристроїв базується на отриманні та математичній обробці складного невирішеного аналітичного сигналу для побудови прогнозної математичної моделі, наприклад, калібрувальної моделі для компонента суміші.

Серед усіх запропонованих на сьогоднішній день платформ найбільш привабливими з точки зору створення простих і недорогих аналітичних пристроїв є оптичні сенсори на основі світлодіодів (LED). В даний час проводиться багато досліджень з розробки компактних аналізаторів молока на основі різних фізичних принципів. Портативні аналізатори призначені для аналізу молока на жир, білок, лактозу та інші сипучі компоненти.

Метою роботи була розробка та випробування RGB-датчика, що складається з трьох світлодіодів (червоного, зеленого та синього) для кількісного визначення жиру в молоці. Необхідно було виконати підтвердження концепції запропонованої методики на основі розкиду. Аналіз

був навмисно обмежений найбільш практичною спектральною областю видимого світла (360–780 нм) і реалізовано в настільному пристрої з використанням найпоширеніших світлодіодів і одного фотометричного детектора.

Конструкція світлодіодного сенсора.

Розроблений аналітичний пристрій має модульну структуру (рис. 5.1) і працює в автоматичному режимі за програмою, вбудованою в мікроконтролер Arduino Nano на базі мікросхеми ATmega328. Послідовний порт мікроконтролера підключається до комп'ютера за допомогою кабелю USB для передачі даних і для живлення.

Пристрій живиться від стабілізованої напруги 5 В. Три цифрових виходи контролера управляють перемиканням трьох світлодіодних випромінювачів: червоного (R), зеленого (G) і синього (B) за допомогою електронних перемикачів, зібраних на місці. ефектні транзистори, які входять до складу потужного світлодіода RGB.

Окремі світлодіоди живляться по черзі в імпульсному режимі від джерела опорного струму (100 мА), зібраного на базі регульованого стабілізатора TL431A. Тривалість імпульсу 50 мс.

Для детектування оптичного сигналу служить фоторезистор, що живиться від другого джерела опорного струму (5 мкА). Необроблений аналітичний сигнал - це падіння напруги, що утворюється на виході фоторезистора. Сигнал пропорційний зміні опору, викликаного падаючим світлом, ослабленим під час взаємодії зі зразком молока. Цей сигнал надходить на диференціальний вхід зовнішнього модуля 16-розрядного аналого-цифрового перетворювача (АЦП). Щоб мінімізувати шум джерела живлення, АЦП працює від джерела опорної напруги 4,8 В.

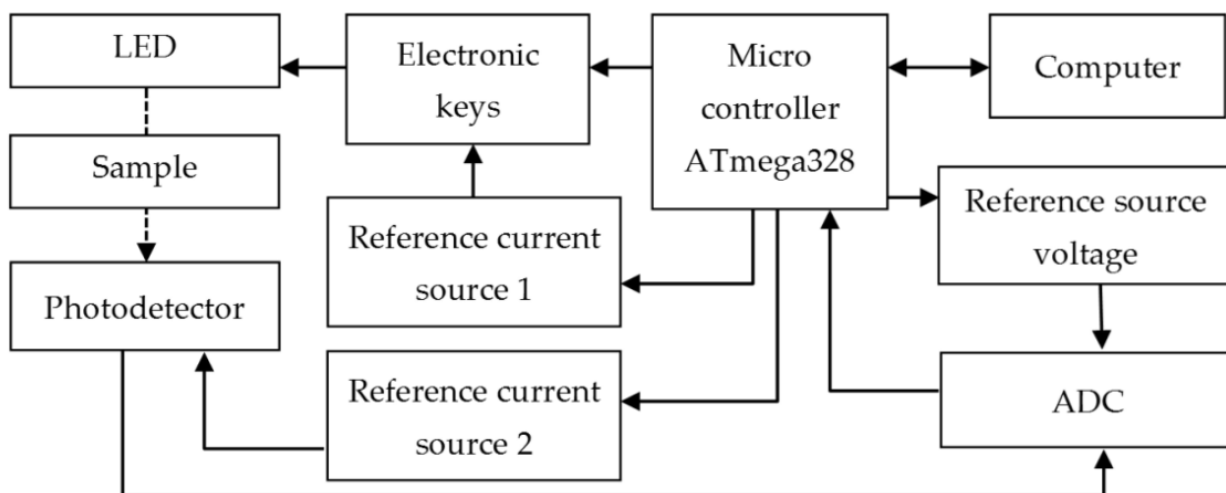


Рисунок 5.1. Блок-схема архітектури датчика RGB.

Передача даних від АЦП до контролера здійснюється по протоколу I2C. Корпус пристрою був надрукований на 3D-принтері з непрозорого пластику полімолочної кислоти. Має отвір для розміщення кювети та кришку для захисту зразка від зовнішнього світла.

Зразки молока.

Було досліджено два набори зразків молока, щоб визначити вплив різного вмісту жиру на відгук датчика RGB. Перший набір був приготовлений шляхом змішування нормалізованого коров'ячого молока з двох пакетів, придбаних у місцевому супермаркеті, з відомою жирністю 1,5% і 3,2%. Відповідно до плану дослідження розрахункові наважки вихідного молока змішували між собою для отримання 10 проб з рівномірно розподіленою жирністю: 1,50 %, 1,69 %, 1,88 %, 2,07 %, 2,26 %, 2,44 %, 2,63 %, 2,82%, 3,01% і 3,2%.

Додатковий контрольний аналіз вмісту жиру в цьому випадку не проводився. Передбачалося, що жирність, зазначена на упаковці молока, досить точна. В іншому випадку може бути деяке недостатнє зміщення моделі. Але це не критично для цього попереднього дослідження з гомогенізованим

молоком, метою якого є тестування окремих світлодіодних каналів і порівняння сенсорних і повноспектральних підходів.

Другий набір даних складався з 29 зразків сирого натурального молока з різним вмістом жиру від 3,10% до 6,01%. Проби відбирали у кожної корови окремо під час доїння.

Кожен ряд зразків молока попередньо аналізували на вміст жиру за допомогою CombiFossTM7 (FOSS Electric, Hilleroed, Данія) як контрольного методу. Референс-аналіз проводила Самарська обласна ветеринарна лабораторія (Самара, Росія).

Спектроскопічні та сенсорні вимірювання.

Для порівняння результатів, отриманих на даних датчиків із повним спектральним методом, було додатково виміряно набори даних молока на діодно-матричному спектрометрі TIDAS.

Спектри Vis/SW-NIR в області 400–1100 нм були отримані в режимі дифузного пропускання через 4-мм скляну кювету при кімнатній температурі. Час інтегрування становив 1 с. Спектри інтерполювали з кроком 1 нм за допомогою кусково-лінійної функції.

Як еталон використовувався вбудований оптичний фільтр, який рівномірно послаблює спектр падаючого світла на чотири порядки величини. Кожну пробу молока вимірювали на спектрометрі тричі, а отримані спектри усереднювали. Датчик RGB працює наступним чином. Зразок молока об'ємом близько 3 мл наливають у прозору кювету з довжиною оптичного шляху 1 см.

Для вимірювання кювету встановлюють у гніздо і закривають зверху кришкою. Пристрій підключається до комп'ютера за допомогою кабелю USB, а на екрані відкривається монітор послідовного порту. Дані з фотодетектора оцифровуються, фільтруються шляхом усереднення і надсилаються в табличній формі на порт кожні 100 мс. Таким чином, значення вихідних даних пропорційне потужності світла t потоку, що пропускається через кювету зі зразком молока. Три виявлені сигнали відображають чергування імпульсів

випромінювання світлодіодів на різних довжинах хвиль, що відповідає червоному з максимумом випромінювання 631 нм і повною шириною на половині максимуму 16 нм (тобто робочий діапазон 600–654 нм), зелений з максимумом випромінювання 531 нм і FWHM 28 нм (тобто робочий діапазон 483–592 нм) і синій з максимумом випромінювання 466 нм і FWHM (тобто робочий діапазон 425–515 нм) каналів (рис. 5.2) розробленого пристрою.

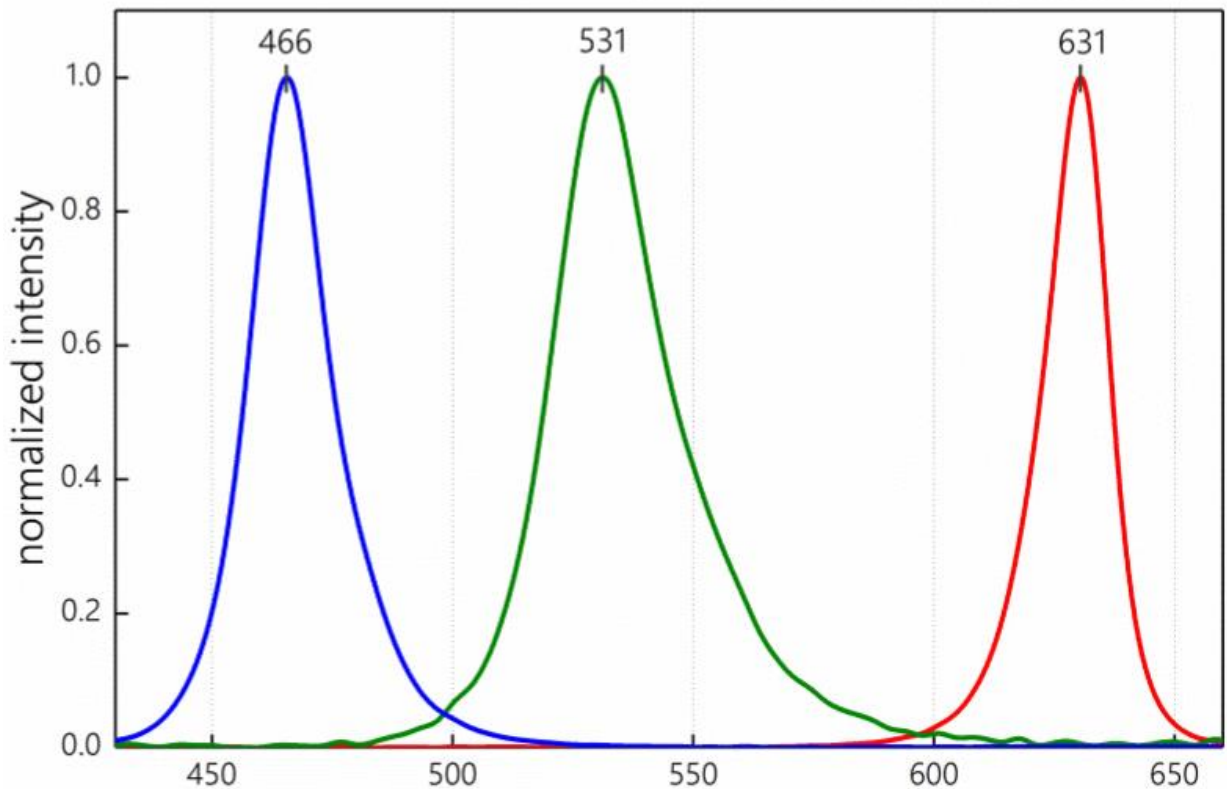


Рисунок 5.2. Спектри випромінювання датчика RGB.

Світлодіоди, нормовані на одиницю інтенсивності. Згідно зі схемою, наведеною на рис. 5.3, кожен зразок вимірювали три рази, щоб перевірити відтворюваність вимірювання шляхом взяття нової порції молока. Оскільки розроблений аналізатор видає показання безперервно, кожне вимірювання займало близько 10 с, було отримано та усереднено 10 сканувань.

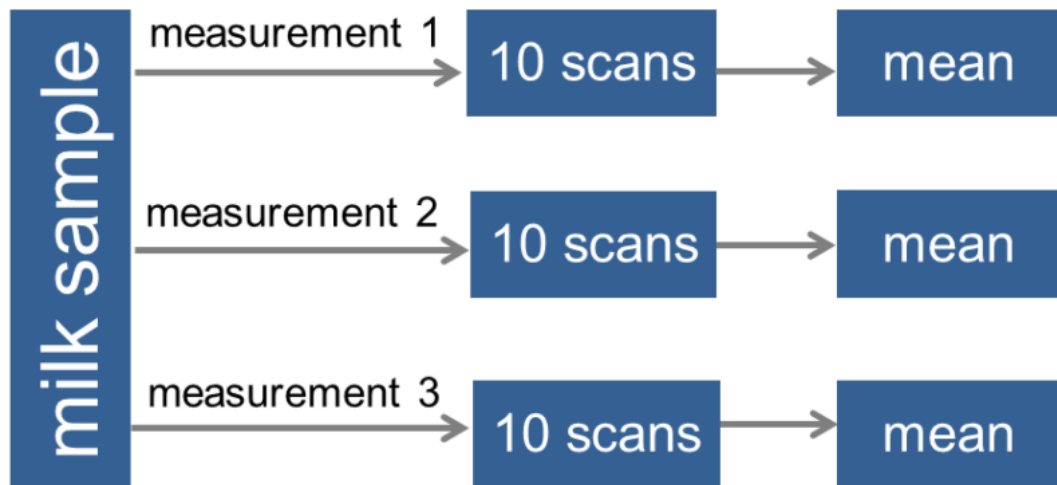


Рисунок 5.3 - Схема первинної обробки даних при аналізі проби молока.

Потім ці три вимірювання також були усереднені. Таким чином, один зразок представлений одним вимірюванням у моделі. Відтворюваність сигналу (середнє значення та стандартне відхилення (SD)) для трьох каналів датчика представлена в таблиці 5.1. Відтворюваність продемонстрована для двох зразків гомогенізованого молока з мінімальним і максимальним вмістом жиру.

Максимальна різниця між середніми значеннями двох зразків молока виявлена для червоного каналу (різниця 854,82), а мінімальна для синього каналу (різниця 342,54). Найменше SD для червоного каналу.

Розробка світлодіодного датчика.

Фото прототипу RGB-сенсора показано на рис. 5.4. Розроблений аналізатор зібрано з доступних і недорогих елементів. Розмір корпусу $105 \times 55 \times 38$ мм залишає достатньо місця для електроніки та зразка. Ці розміри забезпечують стійкість пристрою на робочому столі. При необхідності розміри аналізатора можуть бути значно зменшені.

Таблиця 5.1 - Відтворюваність сигналу кожного каналу датчика для гомогенізованого молока з мінімальною та максимальною жирністю.

Fat, %	Channel ¹	Mean ²	SD Range for Scans
1.50	R	11,739.36	7.22–12.99
	G	14,352.55	7.81–17.27
	B	17,289.61	15.21–22.40
3.20	R	12,594.18	5.11–17.78
	G	15,086.58	13.02–20.35
	B	17,632.15	10.91–13.66

¹ R—red, G—green, B—blue; ² mean for three measurements.

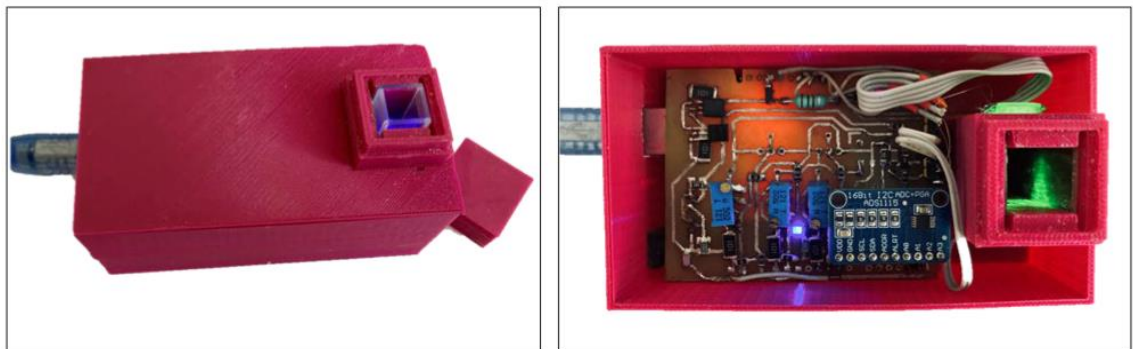


Рисунок 5.4 - Фото прототипу давача: давач з кюветою та кришкою вимірювального відсіку; і внутрішній вигляд датчика без верхньої кришки.

Відсік для зразків містить два круглі отвори на протилежних сторонах кювети, що дозволяє вимірювати в режимі пропускання. Один отвір (діаметром 15,5 мм) фокусує світлодіодне світло за допомогою однієї вторинної лінзи в середину об'єму кювети. Інший (діаметром 5,2 мм) служить для подачі світла після зразка на детектуючий фотодіод. Відстані від світлодіодного джерела та від детектора до кювети становили близько 0,2 мм. У прототипі датчика RGB оптика між кюветою та детектором не використовувалася.

Відповідні лінзи можуть бути корисними для покращення результатів аналізу, але в цьому прототипі було вирішено дотримуватися мінімалістичної реалізації. Потужна світлодіодна лампа потужністю 3 Вт із червоним, зеленим і синім світлодіодами була обрана для аналізу як найпоширеніше джерело

світлодіодів у регіоні Vis. У цьому випадку важливо, щоб джерело світла було точковим.

Це забезпечує однакові умови для аналізу зразків на різних довжинах хвиль. Тривалість імпульсу 10 мс була обрана для забезпечення швидкого вимірювання усереднення без впливу перехідних ефектів. Живлення через USB-кабель має кілька переваг перед зовнішнім джерелом живлення. По-перше, це забезпечує простоту і надійність конструкції. По-друге, ПК забезпечує постійний стабілізований рівень напруги.

Крім того, USB забезпечує досить високий рівень струму (до 500 мА) для живлення потужних світлодіодів. Оптичний шлях 1 см був обраний, тому що це найпоширеніший стандарт у спектроскопії області Vis. Раніше було перевірено, що цієї довжини оптичного шляху достатньо для отримання інформативного сигналу на виході.

На основі принципу простоти, обраного для цього прототипу, необроблений детектований сигнал використовувався для побудови калібрувальної моделі. Як альтернатива, відповідь датчика може бути виражена в одиницях поглинання або пропускання, як у спектроскопії. Однак не існує готового до використання стандартного зразка або еталонного матеріалу, який імітує оптичні властивості молока і тому може бути використаний для еталонного вимірювання.

Ця проблема характерна для спектроскопічного аналізу молока в областях Vis та NIR. Індивідуальні довідкові матеріали зазвичай розробляються для конкретного аналітичного приладу. У майбутньому можна розробити стандартний зразок для поточного датчика RGB, наприклад, світлорозсіюючий або поглинаючий фільтр, придатний для кюветного відділення.

Тут важливо було перевірити можливість використання необроблених детектованих сигналів каналів датчиків для побудови калібрувальних моделей за допомогою методів лінійного моделювання.

Побудова калібрувальних моделей для гомогенізованого молока. Усереднені відгуки датчика для десяти калібрувальних зразків гомогенізованого молока показано на рис. 5.5. Райдужний градієнт на графіку відображає збільшення вмісту жиру в молоці. Графік показує, що зразки лежать імовірно в порядку збільшення вмісту жиру для всіх каналів.

Точки розподіляються більш рівномірно для червоного каналу та менш рівномірно для синього каналу.

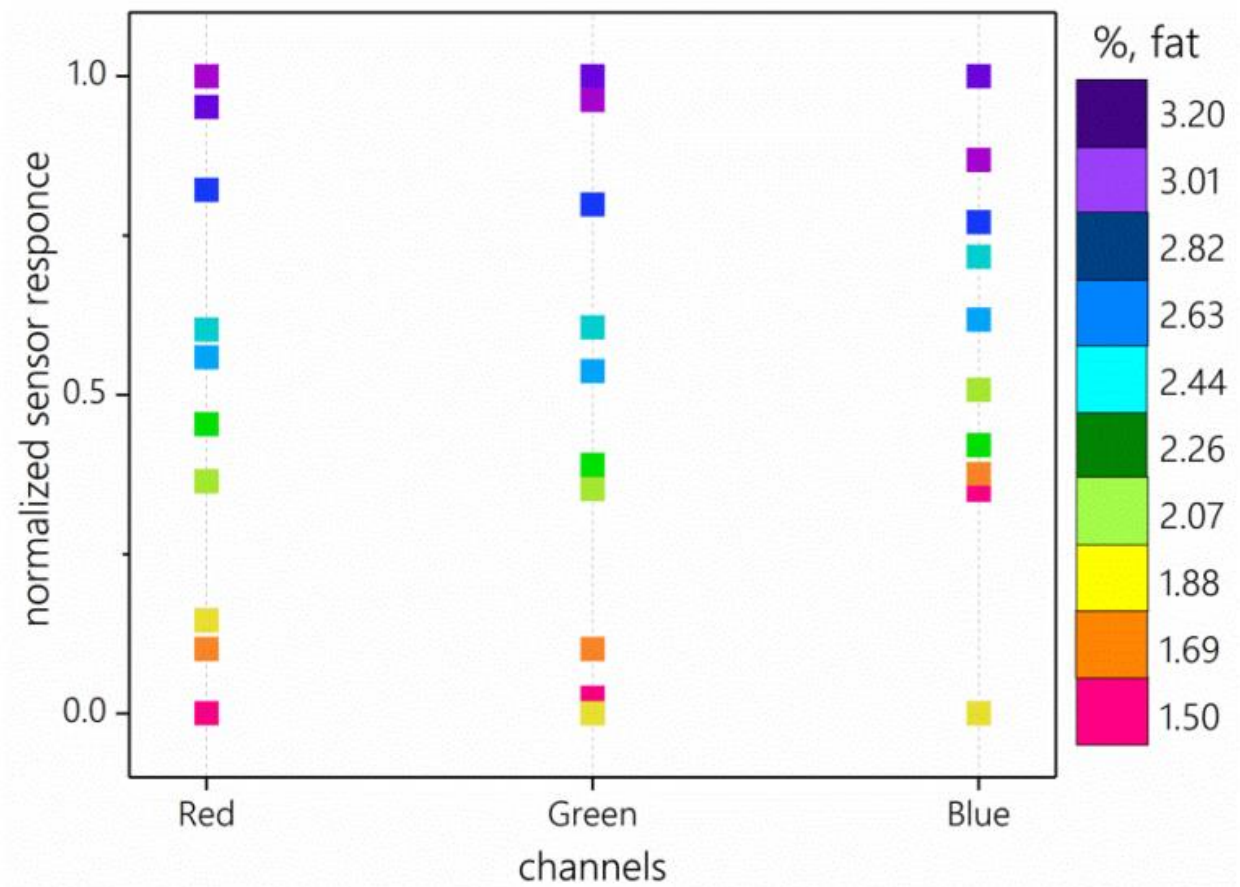


Рисунок 5.5 - Нормовані відповіді датчика для десяти зразків гомогенізованого молока.

Вміст жиру в зразках вказано за допомогою кольорової шкали в правій частині малюнка. На першому етапі аналізу були побудовані однофакторні регресійні моделі для дослідження зв'язків між відповідями каналу та вмістом

жиру. Залежності відповідей каналу від вмісту жиру в десяти гомогенізованих зразках молока показано на рис. 5.6.

Рівняння лінійної регресії, що пов'язують реакції датчика з вмістом жиру, були розраховані за допомогою лінійної регресії найменших квадратів.

Коефіцієнти детермінації показують, що червоний канал ($R^2_{CV} = 0,98$, малюнок 6A) має найвищу кореляцію з вмістом молочного жиру. Зелений канал ($R^2_{CV} = 0,91$, малюнок 6B) працює трохи гірше.

Нарешті, синій канал ($R^2_{CV} = 0,51$, рис. 6C) є найменш інформативним з точки зору визначення вмісту жиру.

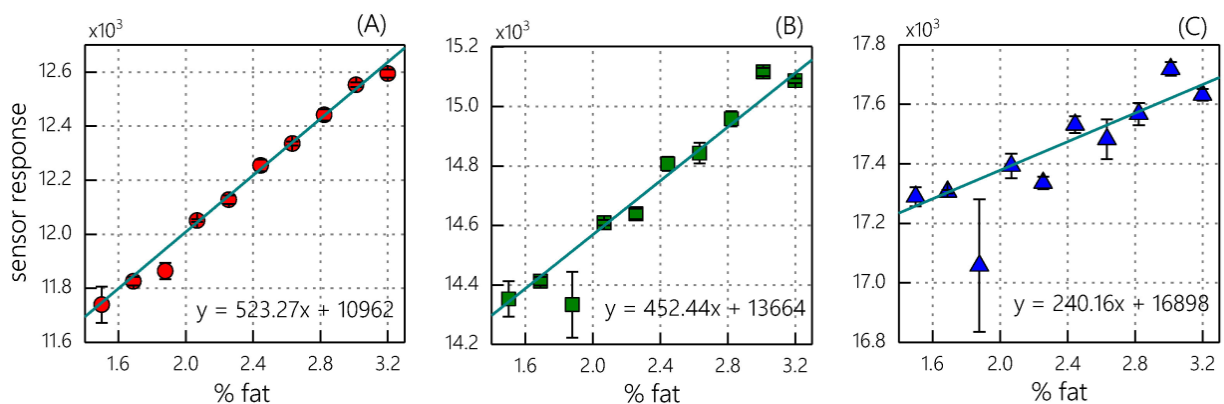


Рисунок 5.6 - Спостережувані реакції окремих сенсорних каналів на вміст жиру в гомогенізованих зразках молока: червоний, синій і зелені світлодіодні канали.

Лінії регресії та відповідні рівняння лінійної регресії представлені на відповідних графіках. Смуги помилок представляють стандартне відхилення трьох повторених вимірювань.

Отримані результати є кроком вперед у розробці світлодіодних сенсорів для кількісного аналізу складу молока. Можливість створення такої системи визначення жирності молока, була експериментально доведена за допомогою представленого тут розробленого настільного прототипу. Було показано, що відгуки окремих світлодіодів у світловій області Vis мають дуже різну силу кореляції з вмістом жиру і, як правило, непридатні для його точного визначення. Поєднання кількох оптичних датчиків на різних довжинах хвиль

під час одного вимірювання підвищує точність передбачення. Тому мультисенсорне вимірювання є необхідним.

Необхідно враховувати різні фактори, що впливають на результат пропускання світла через зразок молока, зокрема, відмінності в кількості та розмірі колоїдних частинок молока. Навмисна простота була основним конструктивним принципом, покладеним в основу розробленого датчика RGB, який використовує лише широкодоступні недорогі компоненти, деталі, надруковані на 3D, і уникає будь-якої точної оптики. Тим не менш, це перевірочне дослідження показало, що запропонована конструкція OMS придатна для визначення вмісту жиру в гомогенізованому молоці, яке є найбільш виробленим і споживаним молочним продуктом. Точність передбачення порівнянна з добре налагодженим спектральним підходом.

5.2 Скада система контролю процесів виробництва

SCADA означає Supervisory Control and Data Acquisition. Як вказує назва, це не повна система контролю, а скоріше зосереджена на наглядовому рівні. Таким чином, це чисто програмний пакет, який розташовується поверх апаратного забезпечення, до якого він підключений, як правило, через програмовані логічні контролери (ПЛК) або інші комерційні апаратні модулі.

Особливості SCADA:

Графічний динамічний процес

Сигнал літній

Історія тривог

Тренд у реальному часі

Тенденція історичного часу

Безпека (Безпека програми)

Підключення до бази даних

Загальна структура системи для керування процесом приведена на рис.5.7, в ручному режимі на рис. 5.8, в автоматичному на рис. 5.9.

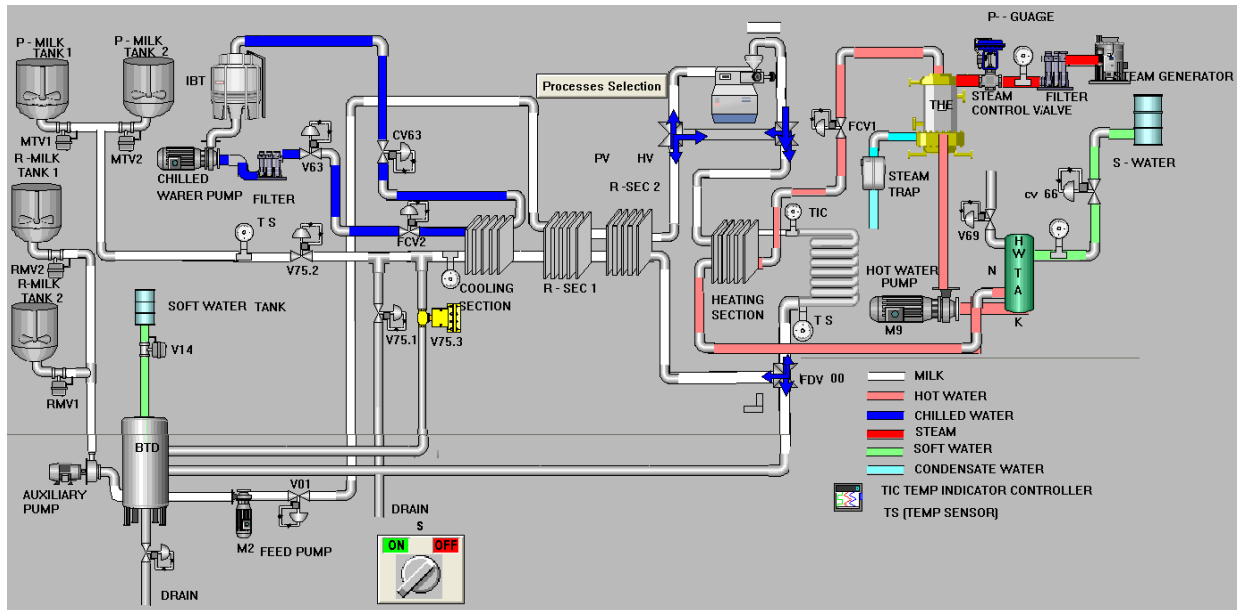


Рисунок 5.7 – Структура системи керування

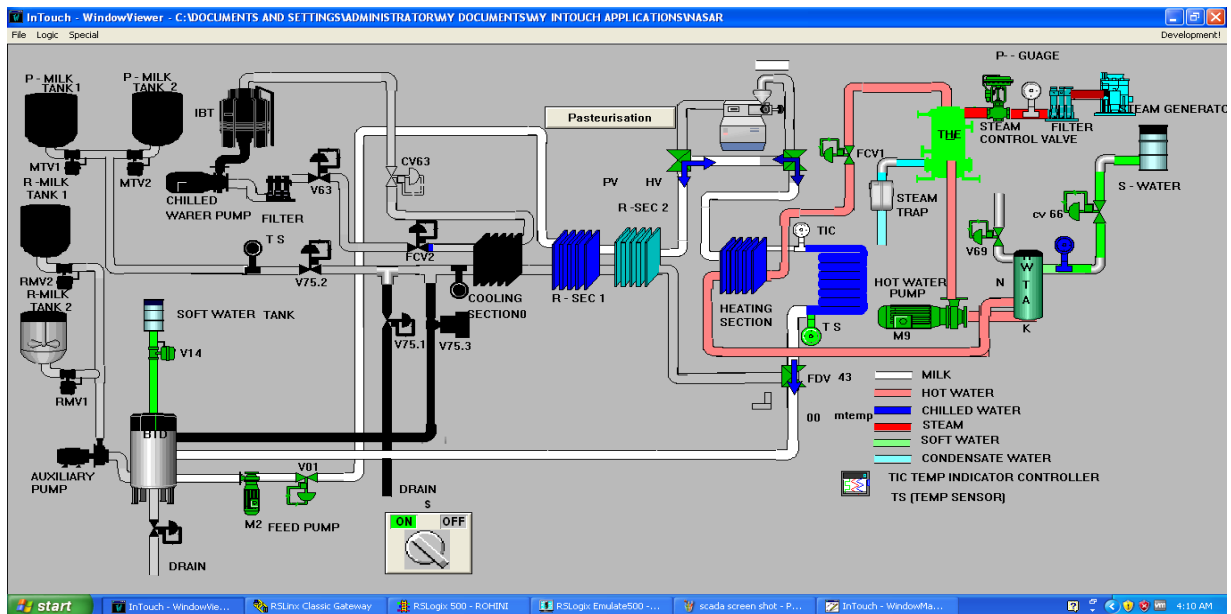


Рисунок 5.8 – Структура системи керування в ручному режимі

Flow in auto mode

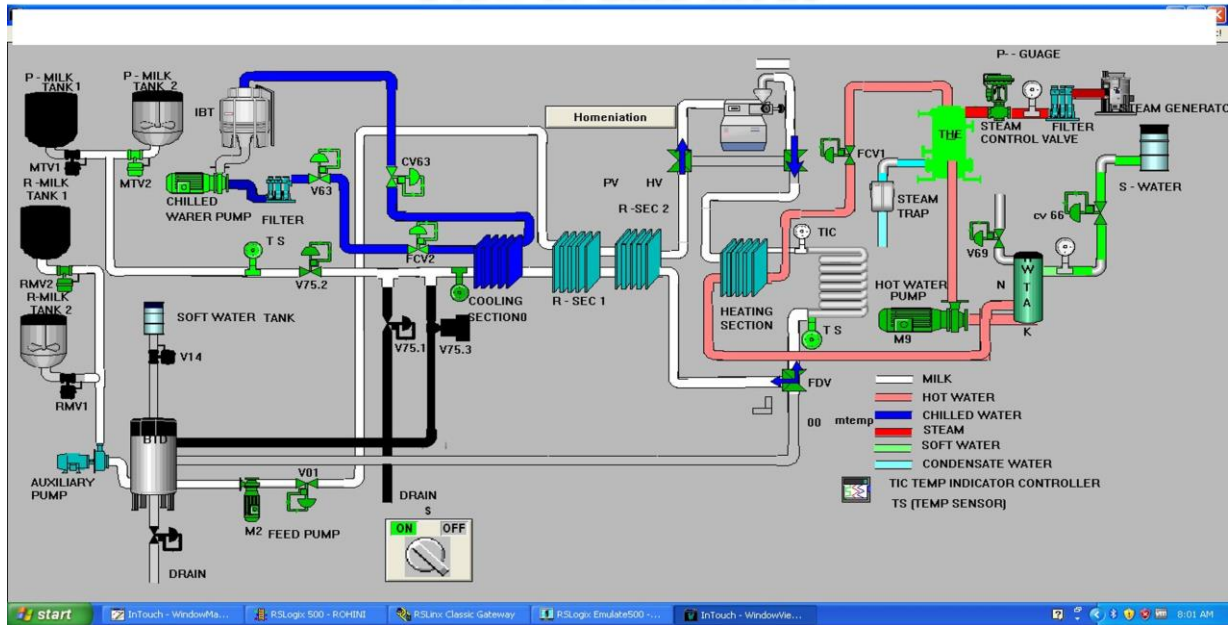


Рисунок 5.9 – Структура системи керування в автоматичному режимі

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Вимоги охорони праці під час роботи з електроустаткуванням

Загальні положення

Інструкція з охорони праці для електрика при виконанні робіт з ремонту та обслуговування електроустаткування розроблена відповідно до Закону України «Про охорону праці» (Постанова ВР України від 14.10.1992 № 2694-ХІІ) в редакції від 20.01.2018 р, на основі «Положення про розробку інструкцій з охорони праці», затвердженого Наказом Комітету по нагляду за охороною праці Міністерства праці та соціальної політики України від 29 січня 1998 року № 9 в редакції від 01 вересня 2017 року, з урахуванням «Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів», затвердженими наказом Міністерства палива та енергетики 25.07.2006 р. № 258 (у редакції наказу Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 13.02.2012 р. №91, «Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів», затверджених наказом Держнаглядохоронпраці України 09.01.1998 р. № 4.

Всі положення даної інструкції з охорони праці поширюються на електриків освітньої установи, які виконують роботи з ремонту та обслуговування електроустаткування.

До самостійного виконання робіт з ремонту та обслуговування електричного обладнання допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли навчання за фахом, а також:

- медичний огляд і не мають протипоказань за станом здоров'я до виконання даної роботи;

- вступний і первинний на робочому місці інструктажі з охорони праці;

- навчання безпечним методам і прийомам праці;

перевірку знань правил улаштування електроустановок, правил безпеки при експлуатації електроустановок, вимог охорони праці;

при ремонті і обслуговуванні електрообладнання напругою до 1000В мають групу з електробезпеки не нижче III, а понад 1000В - не нижче IV.

Електрику необхідно знати і виконувати вимоги інструкції з охорони праці при виконанні робіт з ремонту та обслуговування електроустаткування, інструкцій по роботі з ручним інструментом, електричним інструментом і драбинами.

Електрику при виконанні робіт з ремонту та обслуговування електроустаткування слід дотримуватися вимог Правил безпечної експлуатації електричних установок споживачів і Правил технічної експлуатації електричних установок споживачів, і мати відповідну групу з електробезпеки згідно з вимогами цих Правил.

Виконуючи роботи з ремонту та обслуговування електричного обладнання, може спостерігатися вплив нижчеперелічених шкідливих і небезпечних виробничих факторів:

- падіння з висоти;
- ураження електричним струмом;
- підвищена напруженість електричного поля;
- підвищена запиленість повітря робочої зони;
- підвищений рівень вібрації;
- недостатня освітленість робочої зони;
- фізичні перевантаження;
- нервово-психічні перевантаження.

Електрику при виконанні ремонту і обслуговування електроустаткування необхідно використовувати наведені нижче ЗІЗ:

- напівкомбінезон бавовняний - на 12 місяців;
- рукавички на - 3 місяці;

черевики шкіряні на - 24 місяці;
калоші діелектричні - чергові;
рукавиці діелектричні - чергові;
килимки діелектричні - чергові.

Електрик при ремонті і обслуговуванні електрообладнання зобов'язаний:

тримати у чистоті і порядку своє робоче місце;
дотримуватися Правил внутрішнього трудового розпорядку;
вміти застосовувати засоби індивідуального, колективного захисту, засоби пожежогасіння;

вміти надавати першу допомогу потерпілим від нещасних випадків;

знати і виконувати всі вимоги нормативних актів з охорони праці, правил протипожежного захисту та виробничої санітарії.

негайно повідомляти своєму безпосередньому керівнику про будь-який нещасний випадок, що трапився на виробництві, про ознаки професійного захворювання, а також про ситуацію, яка створює загрозу життю і здоров'ю людей;

знати терміни випробування захисних засобів і пристосувань, правила експлуатації, догляду та користування ними. Не дозволяється використовувати захисні засоби і пристосування з простроченим терміном перевірки;

виконувати тільки доручену роботу;

дотримуватися вимог інструкцій з експлуатації обладнання;

знати, де знаходяться засоби надання допомоги, первинні засоби пожежогасіння, головний і запасні виходи, шляхи евакуації в разі аварії або пожежі;

знати номери телефонів медичної установи (103) і пожежної охорони (101).

Електрик може відмовитися від виконання дорученої йому роботи, якщо виникла виробнича ситуація, яка становить загрозу для його життя і здоров'я оточуючих, або для навколишнього середовища, і доповісти про це своєму прямому керівнику.

На робочому місці заборонено курити, вживати алкогольні напої та інші речовини, які надають наркотичну дію на організм людини.

З метою запобігання отримання травм і виникнення травмонебезпечних ситуацій слід дотримуватися нижчеперелічених вимог: не можна залучати до роботи сторонніх осіб;

не починати роботу в разі відсутності умов для її безпечного виконання;

виконувати роботу тільки на справному обладнанні, зі справними пристроями та інструментом;

виявивши несправність терміново доповісти безпосередньому керівнику або усунути їх власними силами, якщо це відноситься до посадових обов'язків;

не торкатися неізольованих або пошкоджених проводів;

не виконувати роботу, яка не входить до професійних обов'язків.

Вміти надавати першу допомогу при кровотечах, переломах, опіках, ураженнях електричним струмом, раптовому захворюванні або отруєнні.

Дотримуватися правил особистої гігієни:

верхній одяг, головний убір і інші особисті речі слід залишати в гардеробі;

працювати в чистому спецодязі;

приймати їжу в призначеному для цього місці.

Вміти правильно користуватися ЗІЗ та засобами колективного захисту, первинними засобами пожежогасіння, протипожежним інвентарем, знати, де вони знаходяться.

Особи, які порушили цю інструкцію з охорони праці для електрика при виконанні робіт з ремонту та обслуговування електроустаткування, несуть дисциплінарну, адміністративну, матеріальну і кримінальну відповідальність відповідно до чинного законодавства України.

Вимоги безпеки перед початком роботи

Одягти спецодяг, провести огляд і підготовку робочого місця, прибрати зайві предмети.

Видалити із зони проведення робіт сторонніх осіб і звільнити робоче місце від сторонніх матеріалів та інших предметів, обгородити робочу зону і встановити знаки безпеки.

Переконавшись в достатньому освітленні робочого місця, відсутності електричної напруги на відремонтованому обладнанні.

Оглянути на справність вимикачі, розетки електричної мережі, електровілок, електричних проводів, з'єднувальних кабелів, переконавшись в наявності і справності ЗІЗ (засобів індивідуального захисту) і попереджувальних пристроїв (рукавичок діелектричних, окулярів захисних, калош, килимків і т. п.).

Виконуючи роботи з інструментом необхідно упевнитися в його справності, в відсутності механічних пошкоджень ізоляційного покриття і в своєчасності проходження випробувань інструменту.

Провести перевірку робочого місця на відповідність вимогам пожежної безпеки, на достатність освітлення робочого місця.

Виявивши недоліки і порушення з питань електричної і пожежної безпеки, негайно доповісти своєму безпосередньому керівнику.

6.2 Вимоги безпеки під час виконання робіт

Виконуючи посадові обов'язки, електрик зобов'язаний мати при собі посвідчення перевірки знань з питань охорони праці. За відсутності посвідчення або наявності посвідчення з терміном перевірки, працівник не отримує допуск до роботи.

Роботи в електричних установках щодо заходів безпеки поділяються на 3 категорії:

- зі зняттям напруги;
- без зняття напруги на струмопровідних частинах або біля них;
- без зняття напруги віддалік від струмопровідних частин, що перебувають під напругою.

Працівники, які виконують спеціальні види робіт, до яких висуваються додаткові вимоги безпеки, повинні бути навчені безпечному проведенню таких робіт і мати про це відповідний запис в посвідченні про перевірку знань.

Працівникові, який обслуговує закріплені за ним електричні установки напругою до 1000 В одноосібно, необхідно мати III групу з електробезпеки.

Виконуючи роботи в електричних установках потрібно проводити організаційні заходи, що забезпечують безпеку робіт:

- оформляти роботи нарядом-допуском, розпорядженням відповідно до переліку робіт, що виконуються в порядку поточної експлуатації;
- проводити підготовку робочих місць;
- допуск до роботи;
- здійснювати контроль над виконанням робіт;
- переводити на інше робоче місце;
- установлювати перерви в роботі та її закінчення.

Для підготовки робочого місця до роботи, яка вимагає зняття напруги, необхідно застосувати, в певному порядку, наведені нижче технічні заходи:

виконати необхідні відключення і вжити всіх заходів, що виключають помилкове або самовільне включення комутаційної апаратури;

розвісити заборонні плакати на приводах ручного і на ключах дистанційного керування комутаційною апаратурою;

провести перевірку на відсутність напруги на струмопровідних частинах, які повинні бути заземлені для захисту людей від ураження електричним струмом;

встановити заземлення (включити заземлюючі ножі, застосувати переносні заземлення);

встановити огорожі, якщо необхідно, близько робочих місць або струмоведучих частин, що залишилися під напругою, а також вивісити на даних огорожах плакати безпеки.

в залежності від місцевих умов, струмовідні частини обгородити до чи після їх заземлення.

Працювати без зняття напруги на струмопровідних частинах або поблизу них слід як мінімум двом працівникам, одному з них, керівнику робіт, необхідно мати групу IV; іншим групу III з обов'язковим оформленням роботи нарядом-допуском або розпорядженням.

При знятті і встановленні запобіжників під напругою в електроустановках напругою до 1000 В слід заздалегідь відключити всі навантаження, які підключені до зазначених запобіжників; використовувати при цьому ізолюючі кліщі або діелектричні рукавички, а якщо є відкриті плавкі вставки, то і захисні окуляри.

Роботу з використанням драбин потрібно проводити вдвох, один з працівників повинен перебувати знизу. Стояти на ящиках або інших предметах забороняється. При установці приставних драбин на балках, елементах металевих конструкцій і т. п. слід надійно закріпити верхню і нижню частину драбини на конструкціях.

Під час обслуговування та ремонту електричних установок користуватися металевими драбинами забороняється.

6.3 Вимоги безпеки після закінчення робіт з ремонту та обслуговування електроустаткування

Відключити (від'єднати) необхідне електрообладнання, електроінструмент від мережі.

Навести порядок на робочому місці, прибрати в спеціальні місця деталі, матеріал, сміття і відходи.

Прибрати у відведене місце весь інструмент і пристосування.

Зняти і прибрати спецодяг, ЗІЗ, ретельно помити руки.

Провести огляд робочого місця на відповідність його всім вимогам протипожежного захисту.

Повідомити своєму безпосередньому керівнику про недоліки і несправності, які були під час виконання роботи. Зафіксувати це в оперативному журналі.

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

У випадку пожежі:

вимкнути електричне обладнання, припливно-витяжну вентиляцію, якщо вона є;

повідомити в пожежну частину за телефоном 101 і доповісти про це своєму керівнику, а при його відсутності іншій посадовій особі;

приступити до ліквідації осередка загоряння, застосовуючи передбачені для цього засоби пожежогасіння. Виконувати гасіння електричного обладнання, що знаходиться під напругою, можна тільки вуглекислотними вогнегасниками типу ОУ або піском. Гасити їх водою або пінним вогнегасником забороняється.

Електрик повинен пам'ятати, що при раптовому відключенні напруги, вона може бути подана знову без попередження.

Слід швидко відключити механізми і пристрої:

- в разі раптового відключення електроенергії,;
- якщо подальша їх робота загрожує безпеці працівників;
- в разі відчуття дії електричного струму при торканні металевих частин пускової апаратури;
- в разі іскріння;
- при найменших ознаках загоряння, появи диму, запаху гару;
- якщо з'явився незнайомий шум.

У разі короткого замикання в мережі електроживлення необхідно знеструмити обладнання і повідомити своєму прямому керівнику.

Якщо сталося ураження електричним струмом, слід звільнити потерпілого від дії електричного струму, для чого відключити електричну мережу або від'єднати потерпілого від струмопровідних частин за допомогою діелектричних захисних засобів та інших ізолюючих речей і предметів (сухий одяг, суха жердина, прогумований матеріал і т. п.), або перерізати (перерубати) провід будь-яким інструментом з ізолюючою рукояткою, обережно, без додаткового нанесення травм потерпілому. До прибуття медпрацівника необхідно надати потерпілому першу допомогу.

При нещасних випадках (травмуванні людини) негайно повідомити про це безпосереднього керівника.

6.4 Розрахунок захисного заземлення

Захисне заземлення забезпечує зниження напруги дотику при замиканні на корпус до відносно безпечних значень шляхом зменшення потенціалу заземленого обладнання, вирівнювання потенціалів підвищенням потенціалів місця, на якому стоїть людина, до значень, що близькі до потенціалу заземлених конструктивних частин обладнання.

Розрахунок захисного заземлення має на меті визначення основних параметрів заземлення – кількість, розміри та порядок розміщення одиночних заземлювачів та заземлюючих провідників, при яких напруга дотику та кроку в період замикання фази на заземлений корпус не перевищує допустимих значень.

Розрахунок захисного заземлення здійснюється для випадку розташування заземлювача в однорідній землі. При цьому враховується опір верхнього шару землі (шар сезонних змін), який обумовлений замерзанням або засухою ґрунту. Розрахунок, який заснований на коефіцієнтах використання провідності заземлювача називається способом коефіцієнтів використання. Його виконують, як при простих, так і при складних конструкціях групових заземлювачів.

Загальні вимоги електробезпеки повинні відповідати ДСТУ 7237:2011. Для захисту від уражень електричним струмом використовують захисне заземлення. Воно повинно захищати людей від уражень електричним струмом у випадку дотику до металевих неструмопровідних частин, які можуть опинитись під напругою внаслідок пошкодження ізоляції, це досягається з'єднанням металевих частин електроустановок з землею, або її еквівалентом.

Згідно з класифікацією приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом (ПУЕ 1.1.6.), приміщення в якому проводяться всі роботи відноситься до першого класу (без підвищеної небезпеки). Під час роботи використовуються електроустановки з напругою живлення 36 В, 220 В, та 360 В. Опір контура заземлення повинен мати не більше 4 Ом.

Розрахунок проводять за допомогою методу коефіцієнта використання (екранування) електродів. Коефіцієнт використання групового заземлювача η – це відношення діючої провідності цього заземлювача до найбільш можливої його провідності за нескінченно великих відстаней між його електродами.

При розрахунку заземлювачів в однорідній землі способом коефіцієнтів використання значення опору R захисного заземлення визначаємо в наступному порядку:

обчислюємо опір пристрою заземлення R_3 . Згідно правил улаштування електроустановок (ПУЕ) найбільш припустимі значення R_3 , складають для установок до 1000 В:

10 Ом при сумарній потужності генераторів або трансформаторів, що живлять дану мережу, не більше 100 кВА;

4 Ом у всіх інших випадках.

- визначаємо необхідний опір штучного заземлювача $R_{ш}$:

$$R_{ш} = \frac{R_e \cdot R_3}{R_e - R_3}, \quad (4.1)$$

де R_e – опір розтікання природного заземлювача, Ом; R_3 – необхідний опір заземлюючого пристрою, Ом.

- обчислюємо кількість вертикальних і довжину горизонтальних електродів:

$$n = \frac{4 \cdot \sqrt{S}}{a'}, \quad (4.2)$$

де n – кількість вертикальних електродів, штук; S – площа цеху, m^2 ; a' – задана відстань між електродами, м.

$$l_r = 2a + 2b, \quad (4.3)$$

де l_r – сумарна довжина горизонтальних електродів, м; a – ширина сторони цеху, м; b – довжина сторони цеху, м.

- розраховуємо опори розтікання вертикального R_B та горизонтального R_r електродів:

$$R_B = \frac{\rho_{роз.в}}{2 \cdot \pi \cdot l_B} \left(\ln \frac{2l_B}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t + l_B}{4t - l_B} \right), \quad (4.4)$$

де $\rho_{розв}$ – розрахунковий питомий опір землі для вертикального електрода, Ом·м;

$l_в$ – довжина вертикальних стрижневих електродів, м; d – діаметр електрода, мм;

t – глибина занурення в землю верхнього кінця електрода, м;

$$R_Г = \frac{\rho_{роз.Г}}{2 \cdot \pi \cdot l_Г} \cdot \ln \frac{2l_Г}{0,5 \cdot b' \cdot t}, \quad (4.5)$$

де $\rho_{роз.г}$ – розрахунковий питомий опір для горизонтального електрода, Ом·м;

$l_г$ – довжина горизонтальних електродів, м; b' – товщина горизонтального електрода, м.

- за даними таблиці 4.1 та таблиці 4.2 визначаємо коефіцієнти використання для вертикальних та горизонтальних електродів $\eta_в$ та $\eta_Г$ та з їх врахуванням обчислюємо розрахунковий опір заземлювача за виразом:

$$R_Г = \frac{R_в \cdot R_Г}{R_в \cdot \eta_Г + R_Г \cdot \eta_в \cdot n}, \quad (4.6)$$

Для розрахунку заземлювача задаємось такими вихідними даними: виробничий цех площею $S=5000$ м² і з понижуючою підстанцією 10/0,4 кВ. Заземлювач передбачається виконати з вертикальних стрижневих електродів довжиною $l_в=5$ м, діаметром $d=12$ мм і відстанню між ними $a'=5$ м та горизонтальних електродів (сталева смуга перетином 440 мм) на глибині $t=0,8$ м. Розрахункова величина питомого опору ґрунту у місці спорудження захисного заземлення береться з таблиці 6.3 (для чорнозема $c=20$ Ом/м). Коефіцієнти вертикальної прокладки $K_в$ і горизонтальної прокладки $K_Г$ приймаються з таблиці 6.4 (для третього кліматичного району $K_в=1,3$, $K_Г=2,5$).

Таблиця 4.1 – Коефіцієнт використання горизонтального стрічкового електрода, що з'єднує вертикальні електроди (труби, кутики і ін.) групового заземлювача

	Число вертикальних електродів
--	-------------------------------

Відношенн я відстані між вертикальним і електродами до їх довжин	2	4	6	10	20	40	60	100
Вертикальні електроди розміщені в ряд								
1.	0,8 5	0,7 7	0,7 2	0,6 2	0,4 2	-	-	-
2.	0,9 4	0,8 0	0,8 4	0,7 5	0,5	-	-	-
3.	0,9 6	0,9 2	0,8 8	0,8 2	0,6 8	-	-	-
Вертикальні електроди розміщені по контуру								
1.	-	0,4 5	0,4 0	0,3 4	0,2 7	0,2 2	0,2 0	0,1 9
2.	-	0,5 5	0,4 8	0,4 0	0,3 2	0,2 9	0,2 7	0,2 3
3.	-	0,7 0	0,6 4	0,5 6	0,4 5	0,3 9	0,3 6	0,3 3

Талиця 4.2 – Коефіцієнт використання вертикальних електродів групового заземлювача (труб, кутиків, і т. ін.) без урахування впливу стрічки зв'язку

Число заземлювачів	Число вертикальних електродів					
	1.	2.	3.	1.	2.	3.
	Електроди, розміщені в ряд			Електроди, розміщені по контуру		
2	0,85	0,91	0,94	-	-	-
4	0,73	0,83	0,89	0,69	0,78	0,85
6	0,65	0,77	0,85	0,61	0,73	0,80
10	0,59	0,74	0,81	0,56	0,68	0,76
20	0,48	0,67	0,76	0,47	0,63	0,71
40	-	-	-	0,41	0,58	0,66
60	-	-	-	0,39	0,55	0,64
100	-	-	-	0,36	0,52	0,62

Таблиця 4.3 – Розрахункові значення питомих електричних опорів ґрунтів

Ґрунт	Значення, які рекомендуються для розрахунків, Ом/м
-------	---

Пісок	700
Супісок	300
Суглинок	100
Глина	40
Чорнозем	20
Торф	20

Таблиця 4.4 – Значення підвищувальних коефіцієнтів K_r , K_v за кліматичними зонами

Кліматична зона	Тип заземлювачів	
	Горизонтально прокладені заземлювачі (смугові та ін.) при глибині від поверхні ґрунту $t=0,8$ м, K_r	Стрижневі вертикально встановлені заземлювачі при глибині від поверхні землі $t=0,5-0,8$ м, K_v
I	4,5–7	1,8–2
II	3,5–4,5	1,6–1,8
III	2,5–4	1,4–1,6
IV	1,5–2	1,2–1,4

Розрахункові питомі опори ґрунту для вертикальних і горизонтальних заземлювачів визначаються відповідно так:

$$\rho_{роз.в} = K_v \cdot \rho, \text{ Ом/м}, \quad (6.7)$$

$$\rho_{роз.г} = K_r \cdot \rho, \text{ Ом/м} \quad (6.8)$$

Таким чином за формулами (6.7), (6.8), для чорнозему:

$$\rho_{роз.в} = 1,3 \cdot 20 = 26, \text{ Ом/м};$$

$$\rho_{роз.г} = 2,5 \cdot 20 = 50, \text{ Ом/м}.$$

У якості природного заземлювача використовуємо металеву технологічну конструкцію з опором розтікання природного заземлювача

$$R_e = 15 \text{ Ом}.$$

Здійснюємо розрахунок у відповідності з зазначеною послідовністю:

- згідно ПУЕ необхідний опір заземлюючого пристрою складає:

$$R_3 = 4 \text{ Ом};$$

за формулою (6.1) визначемо необхідний опір штучного заземлювача $R_{ш}$:

$$R_{ш} = \frac{15 \cdot 4}{15 - 4} = 5,5 \text{ Ом};$$

за формулами (4.2), (4.3) обчислюємо кількість вертикальних та довжин горизонтальних електродів:

$$n = \frac{4 \cdot \sqrt{5000}}{5} = 5 \text{ штук},$$

$$l_r = 2 \cdot 50 + 2 \cdot 100 = 300 \text{ м};$$

за формулами (4.4), (4.5) розраховуємо опори розтікання вертикального R_v та горизонтального R_r електродів:

$$R_v = \frac{26}{2 \cdot \pi \cdot 5} \left(\ln \frac{2 \cdot 5}{0,012} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 3,3 + 5}{4 \cdot 3,3 - 5} \right) = 5,7 \text{ Ом},$$

$$R_r = \frac{50}{2 \cdot \pi \cdot 300} \cdot \ln \frac{2 \cdot 300}{0,5 \cdot 0,04 \cdot 0,8} = 0,3 \text{ Ом};$$

за даними таблиць (4.10, (4.11) обираємо коефіцієнти використання для вертикальних та горизонтальних електродів $K_v=0,4$ та $K_r=0,21$;

обчислюємо розрахунковий опір заземлювача R за формулою (4.6):

$$R_r = \frac{5,7 \cdot 0,3}{5,7 \cdot 0,21 + 0,3 \cdot 0,4 \cdot 56} = 0,22 \text{ Ом}.$$

Таким чином, проєктований заземлювач є контурним, складається з 56 вертикальних стрижневих електродів довжиною 5 м і діаметром 12 мм та горизонтального електрода у вигляді сталевий смуги довжиною 300 м, перетином 440 мм², занурених у землю на 0,8.

ВИСНОВКИ

В роботі було розроблено структуру та принципи роботи системи керування процесом виробництва молока, зокрема процесами доїння, аналізу кількості та якості молока для оптимізації самого процесу.

Дані про отримання молока з використанням засобів IoT передаються в систему керування SCADA, яка забезпечує процес контролю, керування та збору даних.

Система керування також керує процесами пастеризації та гомогенізації молока для його подальшого використання.

Також було розроблено та протестовано роботу автоматизованих пристроїв для аналізу якості та параметрів отриманого молока, які засобами IoT інтегровані в загальну систему.

Технологія автоматичного доїння буде впроваджена найближчим часом на різних типах молочних ферм. Ці молочні ферми відрізняються розміром стада, кліматом, квотою молока, типами AMS і системою управління випасом. Із запровадженням техніки індивідуального автоматичного доїння, збору та обробки даних у режимі он-лайн тепер ставиться окрема корова в центр молочної ферми. Нові біологічні моделі повинні бути адаптовані до нових обставин на молочній фермі. Необхідно оптимізувати різні аспекти короткострокового та довгострокового контролю режиму доїння та годівлі.

Впровадження результатів роботи дозволить оптимізувати процес виробництва молока, підвищити продуктивність технологічного процесу та якість продукції.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. S. Kleinhans, G. Reimann, D. Schwarz. Implementation of differential somatic cell count as a new parameter for improved udder health monitoring through routine milk recording. ICAR. URL : https://www.icar.org/Documents/technical_series/ICAR-Technical-Series-no-25-Virtual-Meeting/Kleinhans.pdf (дата звернення: 15.10.2024).
2. Abeni F., Calamari L., Calza F., Speroni M., Bertoni G., Pirlo G. Welfare assessment based on metabolic and endocrine aspects in primiparous cows milked in a parlor or with an automatic milking system. *Journal of Dairy Science*, 2005. 88(10). C. 3542–3552. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(05\)73039-3](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(05)73039-3).
3. Michie, C., Andonovic, I., Davison, C., Hamilton, A., Tachtatzis, C., Jonsson, N., Gilroy, M. The Internet of Things enhancing animal welfare and farm operational efficiency. *J. Dairy Res.* 2020, 87, 20–27.
4. Leonardi, S. Internet of Things (IoT) and Dairy Farm Automation. Doctoral Program in Animal Nutrition and Food Safety. Ph.D. Thesis, Università Degli Studi di Milano, Milan, Italy, 2013.
5. Roelofs, J.B., Van Erp-van der Kooij, E. Estrus detection tools and their applicability in cattle: Recent and perspectival situation. *Anim. Reprod.* 2015, 12, 498–504.
6. Mottram, T. Animal board invited review: Precision livestock farming for dairy cows with a focus on oestrus detection. *Animal* 2016, 10, 1575–1584.
7. Bauman, D.E., Mather, I.H., Wall, R.J., Lock, A.L. Major advances associated with the biosynthesis of milk. *J. Dairy Sci.* 2006, 89, 1235–1243.
8. German, J.B., Dillard, C.J. Composition, structure and absorption of milk lipids: A source of energy, fat-soluble nutrients and bioactive molecules. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2006, 46, 57–92.
9. Department of Livestock Development. Livestock Monthly Data. Available online: <http://ict.dld.go.th/webnew/index.php/th/service-ict/report/396-report->

thailand-livestock/reportservey2565/1660-2565-monthly (дата звернення: 10.10.2022).

10. Ioan, H., Gary, O. Chapter 5 Milk Production Records. In *Animal Practical Exercises*; Romania by AGROPRINT; University of Agricultural Science and Veterinary Medicine: Timisoara, Romania, 2019. URL: <https://www.researchgate.net/publication/338264640> (дата звернення: 10.10.2022).

11. Korat Society Me. Farmchokchai. Available online: <https://sites.google.com/site/koratsocietyme/naeana-canghwad/4-yeiym-chm-farm-chokhchay> (дата звернення: 10.10.2022).

12. Memon, M.H., Kumar, W., Memon, A., Chowdhry, B.S., Aamir, M., Kumar, P. Internet of Things (IoT) enabled smart animal farm. In *Proceedings of the 2016 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)*, New Delhi, India, 16–18 March 2016; pp. 2067–2072.

13. Zakeri, A., Saberi, M., Aboutalebi, S., Hussain, O.K., Chang, E. Smart Farm: A System for Proactive Management of Raw Milk Quality. In *Proceedings of the WSDM '19: The Twelfth ACM International Conference on Web Search and Data Mining*, Melbourne, Australia, 11–15 February 2019; pp. 1–8.

14. da Rosa Righi, R., Goldschmidt, G., Kunst, R., Deon, C., da Costa, C.A. Towards combining data prediction and internet of things to manage milk production on dairy cows. *Comput. Electron. Agric.* 2020, 169, 105156.

15. Fouad, K., Alary, V., Dubron, A., Bonnet, P., Juanes, X., Nigm, A., Abdelghany, S. Developing a data collection application for following up the small-scale dairy farms' performance in rural areas. *Egypt. J. Anim. Prod.* 2021, 2, 63–70.

16. Arago, N., Robles, R.R., Alvarez, C., Mabale, A., Legista, C., Repiso, N., Velasco, J. Smart Dairy Cattle Farming and In-Heat Detection through the Internet of Things (IoT). *Int. J. Integr. Eng.* 2022, 14, 157–172.

17. Nestor, N.D., José, O.C., Julio, R.G., Alejandra, M.P., Marcelo, J.L., Rufiner, H.L., Leonardo, L.G. Embedded system for real-time monitoring of foraging

- behavior of grazing cattle using acoustic signals. *Comput. Electron. Agric.* 2017, 138, 167–174.
18. Hwang, J., Jeong, H., Yoe, H. Livestock Disease Counseling System Using Android Smartphone. *Adv. Sci. Technol. Lett.* 2014, 51, 353–359.
 19. Pimpa, A., Eiamkanitchat, N., Phatsara, C., Moonmanee, T. Decision Support System for Dairy Cattle Management Using Computational Intelligence Technique. In *Proceedings of the 2019 7th International Conference on Computer and Communications Management*, Bangkok, Thailand, 27–29 July 2019; pp. 181–185.
 20. Anggraeni, W., Muklason, A., Ashari, A.F., Wahyu, A., Darminto. Developing Mobile Intelligent System for Cattle Disease Diagnosis and First Aid Action Suggestion. In *Proceedings of the 2013 Seventh International Conference on Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems*, Taichung, Taiwan, 3–5 July 2013; pp. 117–121.
 21. Akam, D.N., Dodd, F.H., Quick, A.J. *Milking Machines and Equipment, Milking, Milk Production Hygiene and Udder Health*; Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy. URL: <https://www.fao.org/3/t0218e/T0218E02.htm>(дата звернення: 05.01.2022).
 22. Jeyabalan, V. Individual Cow Recording and Analysis System for Small Scale Dairy Farmers in Malaysia. *Int. J. Comput. Appl.* 2010, 18, 33–38.
 23. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник Комп'ютерні мережі. Книга 1. [навчальний посібник] (Лист МОНУ №1/11-8052 від 28.05.12р.) - Львів, "Магнолія 2006", 2013. – 256 с.
 24. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник Комп'ютерні мережі. Книга 2. [навчальний посібник] (Лист МОНУ №1/11-11650 від 16.07.12р.) - Львів, "Магнолія 2006", 2014. – 312 с.
 25. Микитишин А.Г., Митник, П.Д. Стухляк. Комплексна безпека інформаційних мережевих систем: навчальний посібник – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2016. – 256 с.

26. Микитишин А.Г., Митник М.М., Стухляк П.Д. Телекомунікаційні системи та мережі : навчальний посібник для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017 – 384 с.
27. Тотосько О.В. Введення в комп'ютерну графіку та дизайн: Навчальний посібник для студентів спеціальності 174 "Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка"/Укладачі: О.В. Тотосько, П.Д. Стухляк, А.Г. Микитишин, В.В. Левицький, Р.З. Золотий - Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2023 - 304с. <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/41166>.
28. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/42995>.