

Вінницький національний технічний університет  
(повне найменування вищого навчального закладу)  
Факультет комп'ютерних систем і автоматики  
(повне найменування інституту)  
Кафедра метрології та промислової автоматики  
(повна назва кафедри)

## **Пояснювальна записка**

до магістерської кваліфікаційної роботи

магістр

(освітній ступень)

на тему Розвиток методики сертифікації засобів ідентифікації дійних тварин

Виконав: студент 2 курсу, групи ІЯП-18м  
спеціальності 152 – Метрологія та  
інформаційно-вимірвальна техніка  
(освітня програма: інженерія якості  
продукції)

(шифр і назва спеціальності)

Бігдай І.Л.

(прізвище та ініціали)

Керівник Кулаков П.І.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Тарновський М.Г.

(прізвище та ініціали)

Вінниця - 2019 року

Вінницький національний технічний університет

( повне найменування вищого навчального закладу )

Факультет комп'ютерних систем і автоматики

Кафедра метрології та промислової автоматики

Освітній ступень магістр

Спеціальність 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

(освітня програма: інженерія якості продукції)

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри МПА

д.т.н., проф. Кучерук В.Ю.

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**ЗАВДАННЯ**  
**НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Біглаю Іллі Леонідовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розвиток методики сертифікації засобів ідентифікації дійних тварин  
керівник роботи Кулаков П.І. д.т.н., професор

( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ 02 ” жовтня 2019 року №254

2. Строк подання студентом роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи Об'єкт сертифікації – засоби радіочастотної та оптичної ідентифікації; Тип об'єкта сертифікації – RFID-мітка, зчитувач, оптичний сенсор; Обов'язкова відповідність вимогам – ТР №355, ДСТУ ISO 24631:2019, ISO 20473:2007

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Технічне обґрунтування систем ідентифікації дійних тварин. Вплив помилок ідентифікації дійних тварин на результат вимірювального контролю. Методи та засоби ідентифікації дійних тварин. Методика сертифікації засобів ідентифікації дійних тварин. Економічна частина.

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

Розвиток методики сертифікації засобів ідентифікації дійних тварин. Процедура оцінки відповідності засобів радіочастотної ідентифікації дійних тварин великого радіусу дії. Структурна схема. Розвиток методики сертифікації засобів ідентифікації дійних тварин. Процедура оцінки відповідності засобів радіочастотної ідентифікації дійних тварин малого радіусу дії. Структурна схема. Розвиток методики сертифікації засобів ідентифікації дійних тварин. Процедура сертифікації засобів оптичної ідентифікації дійних тварин. Структурна схема. Розвиток методики сертифікації засобів ідентифікації дійних тварин. Критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Кулаков П.І., д.т.н., проф.	02.09.2019	13.09.2019
2	Кулаков П.І., д.т.н., проф.	13.09.2019	27.09.2019
3	Кулаков П.І., д.т.н., проф.	27.09.2019	07.10.2019
4	Кулаков П.І., д.т.н., проф.	07.10.2019	18.11.2019
5	Ратушняк О.Г., к.т.н., доц.	18.11.2019	06.12.2019

7. Дата видачі завдання 02.09.2019 р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Технічне обґрунтування систем ідентифікації дійних тварин	02.09.2019 13.09.2019	
2	Вплив помилок ідентифікації дійних тварин на результати вимірювального контролю	13.09.2019 27.09.2019	
3	Методи та засоби ідентифікації дійних тварин	27.09.2019 07.10.2019	
4	Методика сертифікації засобів ідентифікації дійних тварин	07.10.2019 18.11.2019	
5	Економічна частина	18.11.2019 06.12.2019	

Студент

(підпис)

Бігдай І.Л.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Кулаков П.І.

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

У магістерській кваліфікаційній роботі створено методики оцінки відповідності засобів радіочастотної ідентифікації дійних тварин малого та великого радіусу дії і методику сертифікації засобу оптичної ідентифікації дійних тварин.

Здійснено аналіз існуючих систем, засобів та методів ідентифікації дійних тварин. Оцінено вплив помилок ідентифікації дійних тварин на достовірність вимірювальної інформації. Проаналізовано основні вимоги до засобів ідентифікації, що описані у технічному регламенті №355 та ряду міжнародних стандартах. Процедура сертифікації засобів ідентифікації дійних тварин розроблена для підприємств з виробництва таких засобів на основі розглянутих вимог.

## ABSTRACT

In the master's qualification work the methods of conformity assessment of the means of radiofrequency identification of real animals of small and large radius of action and the method of certification of the means of optical identification of animals were created.

An analysis of existing systems, means and methods of animal identification has been carried out. The impact of animal identification errors on the reliability of measurement information was evaluated. The basic requirements for the means of identification described in technical regulation № 355 and a number of international standards are analyzed. The certification procedure for the identification of animals is designed for enterprises producing such products based on the requirements considered.

## ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	5
ABSTRACT.....	6
ВСТУП.....	7
1 ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ СИСТЕМ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ДІЙНИХ ТВАРИН.....	9
1.1 Класифікація систем ідентифікації дійних тварин.....	10
1.2 Аналіз існуючих систем ідентифікації дійних тварин.....	11
1.3 Вимоги до ідентифікації дійних тварин.....	21
2 ВПЛИВ ПОМИЛОК ІДЕНТИФІКАЦІЇ ДІЙНИХ ТВАРИН НА РЕЗУЛЬТАТИ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ.....	24
3 МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ДІЙНИХ ТВАРИН.....	31
3.1 Засіб контролю проходження тварин за допомогою оптичної ідентифікації дійних тварин.....	31
3.2 Метод контролю параметрів дійних тварин чесальною установкою.....	41
3.3 Засіб ідентифікації дійних тварин з двоконтурною ортогональною антенною.....	46
3.4 Засіб автоматичної ідентифікації дійних тварин у стійловій доільній установці.....	52
4 МЕТОДИКИ СЕРТИФІКАЦІЇ ЗАСОБІВ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ДІЙНИХ ТВАРИН.....	56
4.1 Огляд основних технічних заходів та методів з оцінки відповідності.....	56
4.2 Процедура методики оцінки відповідності (сертифікації) засобів ідентифікації дійних тварин.....	59
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	64
5.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки.....	64
5.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи.....	66
5.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.....	71
5.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності.....	72
ВИСНОВОК.....	77
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	78
Додатки.....	83
Додаток А (обов'язковий) Розвиток методики сертифікації засобів ідентифікації дійних тварин. Технічне завдання.....	84
Додаток Б (обов'язковий). Процедура оцінки відповідності засобів	

радіочастотної ідентифікації дійних тварин великого радіусу дії.....	87
Додаток В (обов'язковий). Процедура оцінки відповідності засобів	
радіочастотної ідентифікації дійних тварин малого радіусу дії.....	88
Додаток Г (обов'язковий). Процедура сертифікації засобів оптичної	
ідентифікації дійних тварин.....	89
Додаток Д (обов'язковий). Критерії оцінювання комерційного потенціалу	
розробки.....	90

## ВСТУП

На сьогоднішній день в Україні, у зв'язку з інтеграцією до ЄС, законодавчо, впроваджена обов'язкова ідентифікація і реєстрація дійних тварин. Проте, для дотримання чинного законодавства зростають витрати на засоби ідентифікації дійних тварин. Виробники, що виготовляють засоби ідентифікації тварин зацікавлені у дотриманні міжнародних та державних вимог для реалізації своєї продукції у країнах ЄС та світу. В свою чергу, споживачі можуть підвищити якість кінцевого продукту при дотриманні умов експлуатації. Однак, існують проблеми достовірності ідентифікації дійних тварин, що впливає суттєво на їх контроль. Дотримання вимог технічного регламенту та стандартів, забезпечить належну роботу засобів ідентифікації тварин у визначених смугах радіочастот та інфрачервоного випромінювання.

**Актуальність теми.** Найбільш поширені засоби радіочастотної ідентифікації дійних тварин. Проте оптична ідентифікація досить добре взаємодіє із засобами радіочастотної ідентифікації. Ці засоби потребують високої достовірності і точності зчитування інформації. За умови спотворення чи втрати інформації параметрів дійної тварини, зменшується ефективність функціонування молочних ферм, а в кінцевому випадку до зменшення якості молока. Виробники засобів ідентифікації дійних тварин дотримуючись міжнародних та державних вимог дозволять підвищити якість кінцевого продукту, а також забезпечити безпечність використання та відповідність суттєвих вимог технічного регламенту №355. Отже, подальший розвиток теорії та практики впровадження методики сертифікації засобів ідентифікації дійних тварин, з метою удосконалення їх характеристик, є досить важливим.

**Мета.** Метою роботи є зменшення витрат на сертифікацію засобів ідентифікації дійних тварин для підприємств, що виготовляють такі засоби, на основі міжнародних стандартів та технічного регламенту №355.

**Об'єктом дослідження** є процедура оцінки відповідності та сертифікації засобів радіочастотної і оптичної ідентифікації дійних тварин.



**Предметом дослідження** є створення процедури оцінки відповідності та сертифікації засобів ідентифікації дійних тварин для виробників.

**Наукова новизна.** Вперше розроблено схеми сертифікації засобів радіочастотної ідентифікації дійних тварин великого радіусу дії, радіочастотної ідентифікації дійних тварин малого радіусу дії та оптичної ідентифікації дійних тварин з дотриманням міжнародних стандартів та технічного регламенту №355, що дозволило збільшити прибуток від кінцевої реалізації продукту.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає у створенні методики сертифікації засобів ідентифікації дійних тварин, для відповідності міжнародним вимогам, що дозволить підвищити достовірність параметрів контролю дійних тварин і ефективності молочної ферми. Оскільки, засоби ідентифікації мають опосередкований вплив на якість молока, то виробники зацікавлені у застосуванні таких засобів. Засоби ідентифікації дійних тварин постійно вдосконалюють вітчизняні науковці, тому існує потреба у встановленні відповідності згідно чинного законодавства для виробників. Також, дотримуючись міжнародних та державних вимог в економічному плані є вигідним, оскільки підвищується якість контролю та молока і забезпечується безпека, як персоналу так і дійним тваринам. Розроблені методики ефективні у застосуванні, мають спрощену форму та економічно вигідні. Для забезпечення високої ефективності молочної ферми та економічних показників потрібно нові сучасні процедури сертифікації [1].

**Апробація результатів роботи.** Основні положення та результати магістерської роботи доповідались та обговорювались на науково-технічних конференціях: XLVII Науково-технічна конференція факультету комп'ютерних систем і автоматики – Вінниця (м. Вінниця: ВНТУ, 2017 р); XLVIII Науково-технічна конференція факультету комп'ютерних систем і автоматики – Вінниця (м. Вінниця: ВНТУ, 2019 р); Матеріали III Науково-практичної конференції. – Вінниця: Якість і безпека. Сучасні реалії-2019 (м. Вінниця: ВНТУ, 2019 р); П'ята міжнародна наукова конференція. – Вінниця: Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах (м. Вінниця: ВНТУ, 2019 р).

## 1 ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ СИСТЕМ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ДІЙНИХ ТВАРИН

Системи ідентифікації дійних тварин використовують для полегшення управління фермою. В сучасних реаліях можна виділити системи радіочастотної ідентифікації (RFID, від англ. Radio Frequency IDentification) та системи оптичної ідентифікації (OID, від англ. Optical IDentification) дійних тварин [2].

Радіочастотна ідентифікація використовує електромагнітні поля для автоматичної ідентифікації та відстеження міток, прикріплених до об'єктів. Система радіочастотної ідентифікації повинна складатися з RFID-мітки, зчитувача та пристроїв виведення інформації для подальшої роботи. Завдяки розвитку комп'ютерних комунікацій, передача інформації на відстань відбувається за долі секунд, а витрати у порівнянні зі зручністю та швидкістю досить малі. На типових підприємствах з виробництва молока частіше за все використовують пасивні RFID-мітки. Пасивні мітки накопичують енергію від радіочастотного сигналу зчитувача на певній відстані в залежності від їх характеристик. Сама мітка містить кремнієву CMOS мікросхему та антену, яка живиться енергією радіочастотного сигналу і передає інформацію на іншій частоті. Отримана інформація дешифрується та передається на сервер системи. Випромінюване зчитувачем поле забезпечує подачу енергії на RFID-мітку і тому називається полем активації. Активні RFID-мітки мають локальне джерело живлення (наприклад, акумулятор) і можуть працювати в сотнях метрів від зчитувача RFID-міток. На відміну від штрих-коду, RFID-мітки можуть знаходитися безпосередньо не на прямій зоні для зчитування людиною, тому вони може бути вбудовані у відстежувальний об'єкт. Візуальна ідентифікація доречна на підприємствах, що мають малу кількість тварин. В Україні радіочастотна ідентифікація проводиться в низькочастотному діапазоні 125-134 кГц.

Системи оптичної ідентифікації тварин схожі з радіочастотною ідентифікацією, але основна відмінність полягає у використанні оптичних (переважно інфрачервоних) датчиків та приймачів. На підприємствах з виробництва молока, зазвичай використовують активні системи OID, які потребують автономного живлення. Наприклад, при перериванні потоку випромінювання відбувається ідентифікація тварини.

Автоматична ідентифікація і збір даних (AIDC, від англ. Automatic Identification and Data Capture) загальний термін для методів автоматичної ідентифікації об'єктів, збору даних про них і обробку даних автоматичними та автоматизованими системами.

Системи ідентифікації дійних тварин є функціональними складовими сучасних інформаційно-вимірювальних систем.

Автоматизація процесів ідентифікації на молочних фермах дозволить підвищити рівень якості кінцевого продукту та зменшити витрати. Завдяки системи обліку тварин та серверу системи, отримати інформацію про конкретну тварину на будь-якій ланці виробничого процесу. Важливою перевагою RFID-мітки є ціна. Аналогічні методи коштують в декілька разів більше, а також термін експлуатації RFID-мітки практично необмежений.

### **1.1 Класифікація систем ідентифікації дійних тварин**

На кожному етапі виробничого процесу молочної ферми може здійснюватися ідентифікація дійних тварин. Розглянемо класифікацію систем ідентифікації дійних тварин.

1) Місце розташування RFID-мітки. Прикріплений до шиї, вуха, ноги, в шлунку чи під шкірою. Конструктивно виконанні у пластиковому корпусі чи скляній колбі.

2) Місце застосування зчитувача RFID-мітки. Застосовують на доїльних установках, вагових платформах та при використанні селекційних воріт. Також можливе їх компонування між собою.

3) Динаміка об'єкта ідентифікації. Ідентифікація проводиться безпосередньо в процесі руху тварин, в стані очікування тварини чи при їх комбінуванні.

4) Тип інтерфейсу зв'язку з транспондером. Найчастіше використовують RFID-мітки з радіоінтерфейсом та транспондером з оптичним інтерфейсом.

5) Тип доільної установки. Системи ідентифікації можуть інтегруватися у стійлові, прохідні, групові та конвеєрні установки.

6) Радіус обміну даними зчитувача RFID-міток. В залежності від потреб технологічного процесу виділяють 3 радіуса: малий (до 20 см), середній (від 20 см до 5 м) та великий (від 5 м до 300 м).

7) Процес ідентифікації. Ручний, автоматизований та автоматичний. Різниця між автоматизованою і автоматичною ідентифікацією полягає у тому, що автоматична проводиться без участі оператора, а автоматизована з мінімальним залученням оператора.

## **1.2 Аналіз існуючих систем ідентифікації дійних тварин**

Робота датчиків руху заснована на аналізі хвиль різних типів, що надходять з навколишнього середовища. Залежно від типу використовуваної хвилі датчики руху бувають інфрачервоними, радіохвильовими, ультразвуковими і комбінованими.

Принцип роботи сенсора заснований на використанні інфрачервоних піроприймачів і лінзової системи. Пасивні інфрачервоні піроприймачі, або PIR-детектори, призначені для виявлення переміщення теплової плями на постійному температурному тлі [3]. Зазвичай на молочних фермах використовують інфрачервоний сенсор з двома зонами чутливості (двома піроприймачами). Оптична система такого датчика формує діаграму спрямованості у вигляді двох об'ємних променів, що розходяться. Щоб датчик не реагував на нагріті об'єкти, лінзою розбивають зону чутливості датчика на кілька окремих променів. Датчик спрацює в тому випадку, якщо тварина

послідовно перетне кілька променів. Якісна робота інфрачервоного сенсора неможлива без блоку обробки сигналів піроприймача (БОСП). Його функція пов'язана із забезпеченням розпізнавання руху чи наявності тварини і відсіканням перешкод, які можуть привести до помилкової ідентифікації. На рис. 1.1 представлена структурна схема доїльної установки з використанням сенсорів наявності об'єкта.

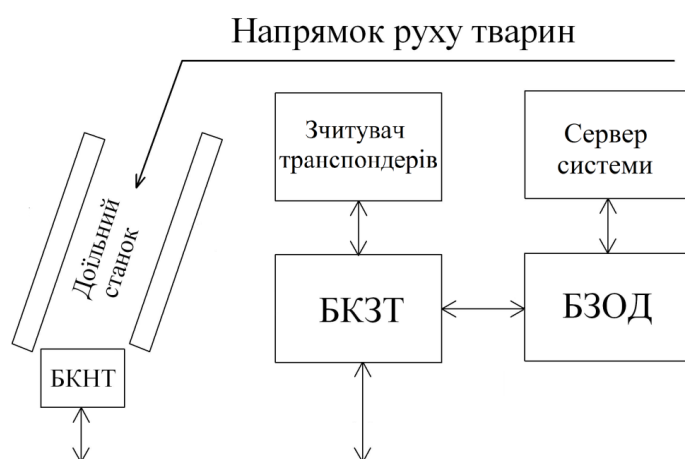


Рисунок 1.1 – Структурна схема доїльної установки з використанням сенсорів наявності об'єкта

Групові доїльні установки типу «Паралель» і «Ялинка» в процесі руху тварини проводять ідентифікацію в автоматичному режимі. Розташування зчитувача RFID-мітки зумовлена стороною з якої зафіксована RFID-мітки на тварині. У такій системі застосовують зчитувачі середнього та великого радіуса дії.

Тварини рухаючись до доїльного станка проходять через зону зчитувача RFID-міток. Інформація з RFID-мітки оброблюється за допомогою блока керування зчитувача транспондера (БКЗТ). Далі інформація потрапляє до сервера системи через блок забезпечення обміну даних (БЗОД). Система зв'язує між собою коди RFID-мітки тварини з доїльним станком та опитує блок контролю наявності тварини (БКНТ).

На рис 1.2 зображена схема групової доїльної установки та реалізація системи ідентифікації.

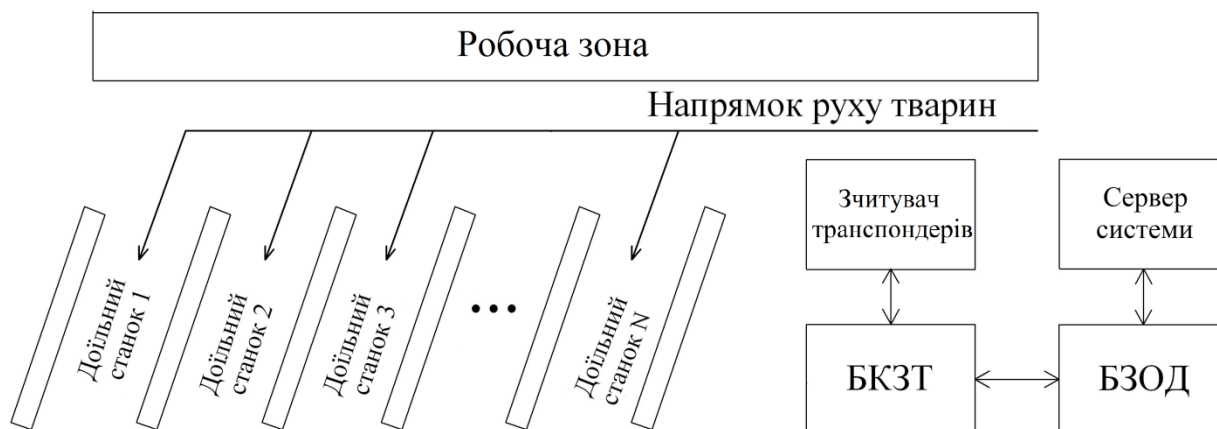


Рисунок 1.2 – Схема групової доїльної установки з системою ідентифікації під час руху тварин

В реальних умовах виникають помилки ідентифікації через притаманні тваринам норми поведінки, втрати RFID-мітки, порушення черги, невірно зчитаний код та інші причини. Варто відзначити особливість зчитування RFID-мітки при перпендикулярному розташуванні антени зчитувача. Оскільки це може призвести до виникнення помилки ідентифікації [4].

Наявні помилки можна зменшити використовуючи оптичну ідентифікацію, а саме сенсор проходження тварини. Тривіальні пристрої, на основі оптичних сенсорів, визначає наявність перешкоди між приймачем і випромінювачем інфрачервоного сигналу. Приймач вловлює інфрачервоне випромінювання від випромінювача на відстані. Дальність можна збільшити якщо встановити фокусуючу лінзу перед випромінювачем, лінзу Френеля. Лінза повинна бути виготовлена з пластику, яка пропускає інфрачервоне випромінювання. У такому разі до попередньої схеми додамо блок контролю проходження тварин (БКПТ). Структурна схема комбінованої ідентифікації наведена на рис. 1.3.

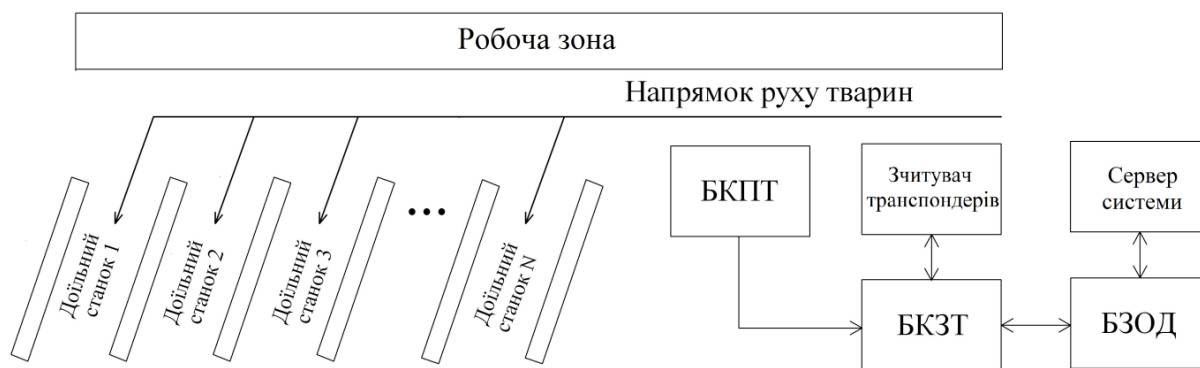


Рисунок 1.3 – Структурна схема комбінованої системи ідентифікації з контролем проходження тварин під час руху

Відмінність даної схеми від попередньої полягає у тому що фактично додається лише блок контролю проходження тварин. При проходженні зони роботи зчитувача транспондерів та БКПТ відбувається послідовна ідентифікація. Суть полягає у тому що після радіочастотної ідентифікації, сигнал від зчитувача передається до БКПТ. Для ідентифікації достатньо одного сигналу з будь-якого модуля ідентифікації. За відсутності БКПТ помилкова ідентифікація хоча б однієї тварини призводить до аберації усієї групи тварин. При наявності БКПТ втрачається інформація лише однієї тварини, так як сигнал з сенсора відповідає номеру доїльної установки, то аберацію легко виявити з мінімальними втратами. Два сигнали від оптичного сенсора сигналізуватимуть про те, що не відбулась ідентифікація хоча б однієї дійної тварини.

За допомогою додавання сенсорів наявності об'єкта, розглянемо схему доїльних установок з контролем наявності тварини під час проходження ідентифікації на рис 1.4. Для цього використаємо блок контролю наявності об'єкта (БКНТ) який включає в себе сенсори наявності об'єкта. Реалізувати БКНТ можна за допомогою оптичних інфрачервоних сенсорів, проте є і інші реалізації цього блоку.

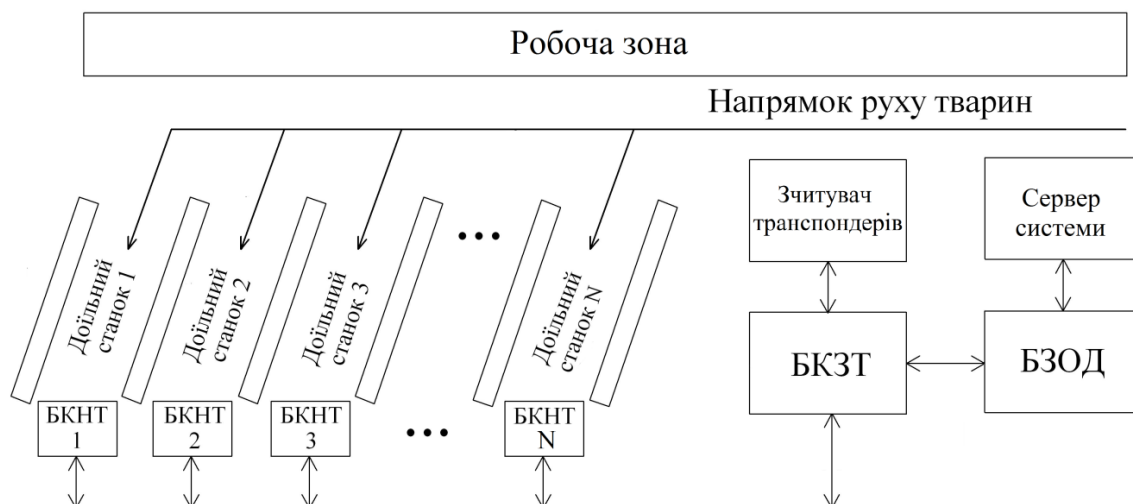


Рисунок 1.4 – Структурна схема групових доїльних установок з контролем присутності тварини у доїльному станку

Особливістю даної схеми є присутність у кожному доїльному станку БКНТ. БКНТ та БКЗТ зв'язані між собою і при входженні на доїльний станок тварини подається сигнал, що сигналізує про її наявність. Якщо подається на БКЗТ два сигнали, то тварина не ідентифікована. Суть полягає у прив'язуванні коду тварини до номера доїльного станка. Сервер системи оброблює усі сигнали з наявних блоків та навіть якщо виникла помилка ідентифікації можна визначити номер доїльного станка за допомогою доступного терміналу. Інформація буде втрачена тільки про не ідентифіковані тварини.

Роторну доїльну установку доцільно використовувати на фермах з більше ніж 800 тварин. Це пояснюється тим, що технічна реалізація потребує великих фінансових вкладень. Характерна особливість – тварин доять у станках на платформі, що рухається по колу. Оператор стоїть у відведеному робочому місці та контролює процес доїння. В основу такої технології закладений принцип безперервного потокового виробництва, де кожна технологічна операція виконується на певному етапі. На рис. 1.5 зображена типова конструкція роторної доїльної установки.



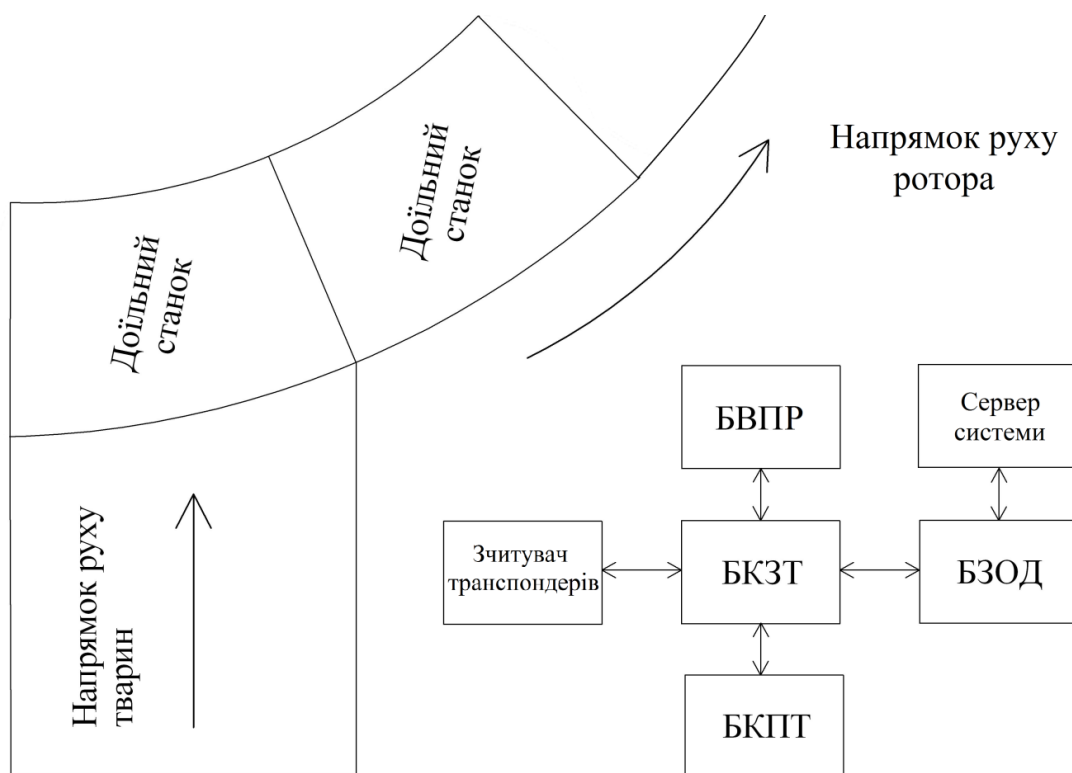


Рисунок 1.5 – Схема конструкції роторних доїльних установок та системи ідентифікації тварин

Принцип функціонування установки полягає в наступному, тварина проходить ідентифікацію перед початком входження на платформу за допомогою зчитувача транспондерів. Блок визначення положення ротору (БВПР) передбачає в який доїльний станок заходить тварин, так як ротор здійснює кругові оберти з певною швидкістю. За ідентифікацію тварин на такому типі установки слідкують три повноцінних блока, а саме БКЗТ, БКПТ та БВПР. В такому випадку можна легко відслідковувати не ідентифіковану тварину. Процес доїння за допомогою роторної доїльної установки є швидким, зручним і ефективним.

Процес автоматизації селекційного блоку також стосується ідентифікації. Блок складається з селекційних воріт і селекційного проходу. Селекційні ворота можуть розділяти корів за двома і більше напрямках, а також об'єднувати їх в групи, якщо це необхідно.

Наприклад, якщо певну кількість тварин потрібно відокремити для огляду ветеринаром, оператор може налаштувати програму на автоматичне відділення зазначених кодів тварин в загін, де буде проводитися огляд. Розглянемо схему можливої реалізації ідентифікації дійних тварин через селекційний блок на рис. 1.6.

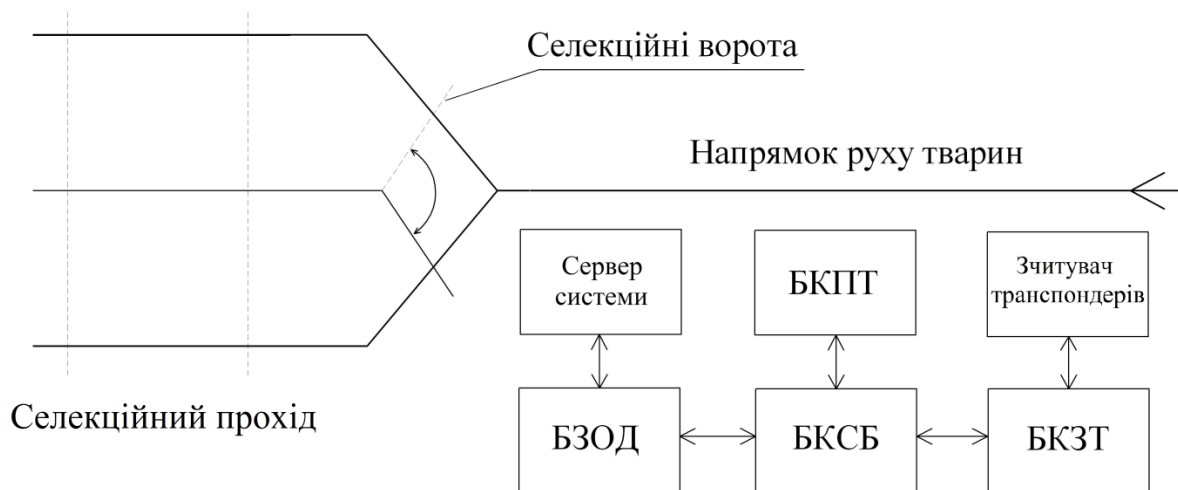


Рисунок 1.6 – Схема системи ідентифікації тварин під час руху через селекційний блок

Тварина підходячи до селекційних воріт дозволяє активувати зчитувач, а потім через певний інтервал часу БКПТ. Сервер системи аналізує код і визначає напрямок проходження тварини через селекційні ворота, відправляючи сигнал на блок контролю селекційним блоком (БКСБ). Для уникнення подальших помилок ідентифікацій (наприклад, через фізичний контакт, коли RFID-мітка втрачається) можна відділити тварину від основної групи для усунення осередку проблеми.

Добрий догляд за тваринами сприяє ефективності молочної ферми, тому в цілях контролю вимірюють вагу кожної тварини. На рис. 1.7 зображена автоматична вагова платформа з реалізованою системою ідентифікації тварин під час їх руху.

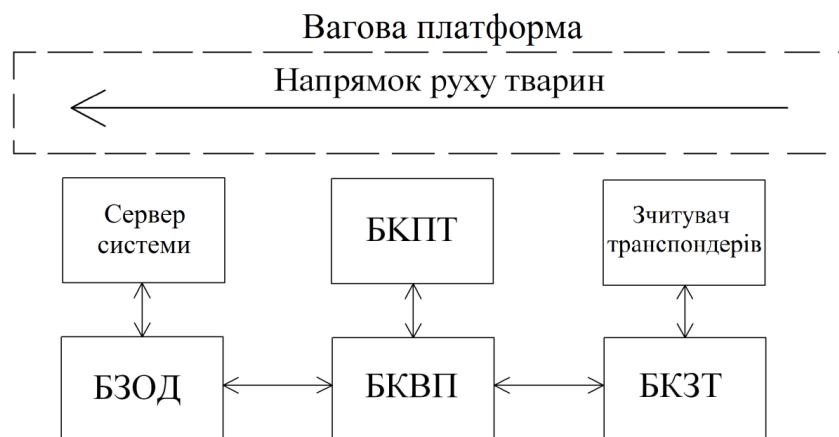


Рисунок 1.7 – Структурна схема вагової платформи з використанням системи ідентифікації тварин під час руху

Для реалізації системи ідентифікації використовують зчитувачі середньої чи великої відстані. Тварина проходячи зону зважування ідентифікується і передається інформація про вагу та код тварини на блок контролю вагової платформи (БКВП), який в свою чергу передає дані на сервер системи. Використання БКПТ пояснюється тим, що можна зменшити аберацію ідентифікації та плутанини даними між тваринами.

Системи ідентифікації тварин під час руху не ідеальні і можуть мати досить значні помилки в роботі. Існує імовірність помилкового зчитування RFID-мітки, що притаманна іншій тварині. В інших випадках номер тварини буде присвоєний нульовим номером. Цілісність системи визначається втратою інформації лише однієї тварини, а не окремої групи тварин. Проте в деяких системах ідентифікації може виникнути обставина, коли втрачається інформація певної групи тварин. Перш за все потребує підвищення достовірності системи радіочастотної ідентифікації дійних тварин для ефективною роботи молочної ферми.

Проаналізуємо групу систем ідентифікацій дійних тварин у нерухомому стані. Такі системи використовуються зазвичай, на вагових станціях, роторних та групових доїльних установках. Ці системи більше коштують, але на практиці мають менше помилок ідентифікації у процесі роботи.

Розглянемо приклад реалізації автоматичної системи ідентифікації, базуючись на основі зчитувача RFID-міток середньої та великої відстані [5]. Схема зображена на рис. 1.8.

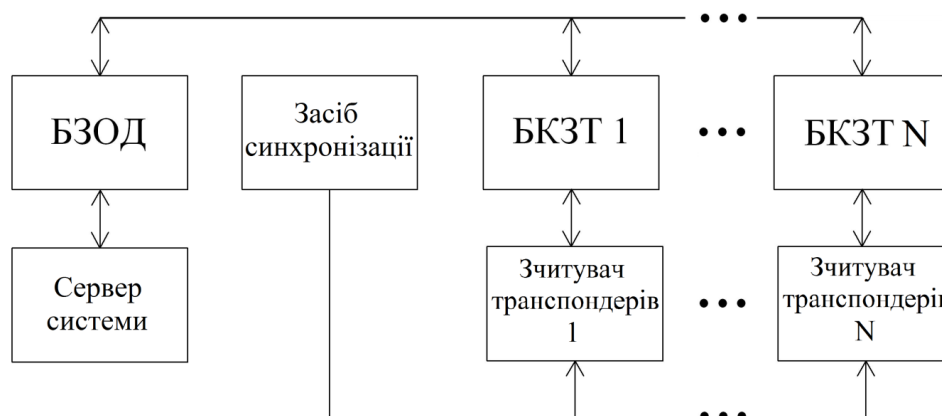


Рисунок 1.8 – Схема автоматичної системи ідентифікації на основі зчитувача RFID-міток середньої чи великої відстані для нерухомих дійних тварин

Застосовувати дану систему ідентифікації потрібно на кожній доїльній установці. При застосуванні зчитувачів середньої чи великої відстані, їх потужність досить велика, тому необхідною умовою правильного функціонування схеми є засіб синхронізації, що забезпечує послідовну роботу зчитувачів транспондерів. Однак, якщо використовується оптична ідентифікація, засіб синхронізації не потрібний, оскільки оптичні зчитувачі не будуть впливати на один одного. Автоматична ідентифікація відбувається одразу при входженні тварини до доїльної установки. На етапі початку процесу доїння, оператор, переконавшись у правильності зчитування коду RFID-мітки, починає процес доїння тварини. При виявленні проблем зчитування чи втрати RFID-мітки, оператор, може виправити наявні помилки та скоригувати інформацію.

Розглянемо схему радіочастотної ідентифікації тварин із застосуванням локальних антен за допомогою зчитувачів середньої чи великої відстані, що зображена на рис. 1.9.

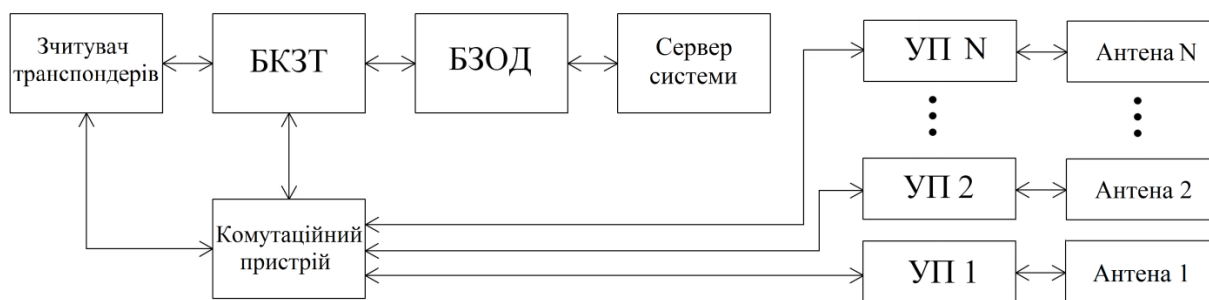


Рисунок 1.9 – Схема автоматичної системи ідентифікації на основі зчитувача RFID-міток середньої чи великої відстані та локальних антен

Суть схеми полягає у використанні одного зчитувача, який під'єднаний до локальних антен через комутаційний пристрій. Антени повинні містити узгоджувальні пристрої (УП) для зменшення накопиченої паразитної ємності та встановленні у кожному доїльному станку. БКЗТ послідовно передає сигнали до контрольних каналів через комутаційний пристрій та відправляє відповідь до зчитувача транспондерів, а потім на сервер системи. Сервер системи визначає номер дійної тварини та доїльного станка. Принцип дії в інших процесах такий же, як і в попередньо розглянутих схемах.

Зчитувачі RFID-міток малої відстані працюють на відстані до 15 сантиметрів, тому потребують втручання оператора у процес доїння. Напруженість магнітного поля складає близько 66 дБмкА/м, якщо зчитувач працює на частоті 119-135 кГц [6]. Зчитувач містить направлену інтегровану антену для більш успішного процесу зчитування.

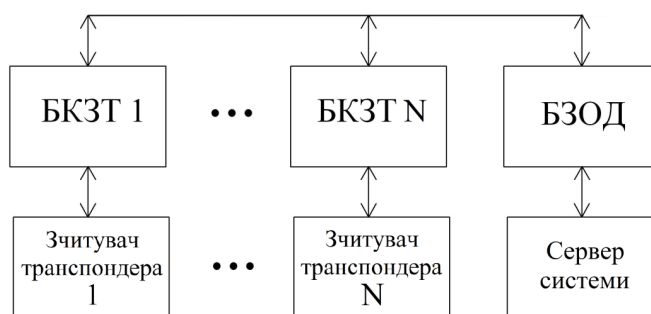


Рисунок 1.10 – Схема автоматизованої системи ідентифікації дійних тварин за використанням зчитувачів транспондерів малої відстані

На рис. 1.10 зображено схему автоматизованої системи ідентифікації дійних тварин безпосередньо у доїльному станку із використанням зчитувачів малої відстані. Завдяки малій зоні зчитування, вилучаються помилки ідентифікації інших тварин. Оператор проводить зчитування RFID-мітки тварини, вручну, за допомогою зчитувача. Через певний час до оператора надходить інформація про дійну тварину від сервера системи. Оператор може переконатися у правильності ідентифікації і при помилкових зчитувань скорегувати код чи іншу інформацію про дійну тварину. Зрозуміло, що автоматизована системи потребує певної діяльності оператора, тому доцільніше застосовувати таку систему ідентифікації на невеликих молочних фермах.

### **1.3 Вимоги до ідентифікації дійних тварин**

Найважливішими стандартами ISO, які стосуються радіочастотної ідентифікації є ISO 11784, 11785 і 14223. Містять структуру коду радіочастотної ідентифікації для тварин. Ефірне сполучення приймача і вдосконаленої конструкції відповідача, що використовуються з метою розпізнавання тварин (з урахуванням умов сумісності відповідно до стандартів ISO 11784-5) описує стандарт ISO 14223 [7-9].

В Україні почав діяти ДСТУ ISO 24631-1:2019 (ISO 24631-1: 2017, IDT), що забезпечує засоби оцінки відповідності транспондерам радіочастотної ідентифікації на основі ISO 11784 та ISO 11785, які використовуються при індивідуальній ідентифікації тварин. Він встановлює умови надання та використання коду виробника, пов'язаного з транспондером, та пов'язаних з ним прав та обов'язків сторін, які беруть участь у видачі коду [10].

Процедури випробувань, описані у цьому документі, визнані Федерацією Європейської ветеринарної асоціації тварин (FECAVA) та Всесвітньою ветеринарною асоціацією тварин (WSAVA).

Конструкція може бути виконана у довільній формі, оскільки в даних стандартах не має чітких нагадувань. Розроблення індивідуальної конструкції

мітки задовольнить потреби кожного виду тварини. Зазвичай, використовують два типи конструктивного виконання RFID-міток: у пластиковому корпусі, що кріпиться на вусі чи інших частинах тіла тварини та у вигляді скляних герметичних колб. Стандарт ISO 11785 містить вимоги до робочої частота зчитувача RFID-міток  $134,2 \text{ кГц} \pm 1,8 \text{ кГц}$ . Уніфікація досить доречна, оскільки це спрощує пошуки технічних засобів та обслуговування. Розрізняють напівдуплексні та дуплексні типи RFID-мітки. Перші три цифри ідентифікатора код виробника для обох типів.

Напівдуплексна RFID-мітка повинна зберігати достатню кількість енергії, коли активоване поле приймача увімкнено, щоб передавати інформацію, коли поле активації вимкнено. Це робить приймач більш простим, оскільки не потрібно підбирати слабкий сигнал із RFID-мітки серед сильного активованого поля, але і недоліком. Напівдуплексний тип містить 112 біт (14 байт), а дуплексний – 128 біт (16 байт)

Структура коду напівдуплексного типу:

- 8 біт заголовок;
- 64 біта включає 1 біт індикатора для тварини, 14 біт зарезервовано для подальшого використання, 1 додатковий біт індикатора даних, 10 біт – код країни згідно ISO 3166 та 38 біт ID-дані;
- 16 біт CCITT CRC код виявлених помилок;
- 24 біт хеш-сума (перевірка цілісності).

Передача 112 біт здійснюється приблизно за 14,5 мс. При дуплексному типу, RFID-мітка може передавати інформацію навіть коли активне поле приймача. Перевага полягає в тому, що зчитування проводиться безперервно.

Структура коду напівдуплексного типу:

- 11 біт заголовок;
- 64 біта включає 38 ідентифікаційних бітів, 10 біт код країни згідно ISO 3166, 1 додатковий біт програми, 14 зарезервованих біт та 1 біт тварини;
- 16 біт CCITT CRC код виявлених помилок
- 24 біт хеш-сума.

Передача 128 біт здійснюється приблизно за 30,5 мс. У дуплексній після 11 стартових біт відправляється кожні 8 бітів інформації. Швидкість передачі інформації сягає 4194 біт/с (для частоти 134,2 кГц). При застосуванні частотної модуляції частота 134,2 кГц відповідає логічному "0", а частота 124,2 кГц логічні "1".

До будь-якої радіочастотної ідентифікації додатково застосовують такий перелік стандартів: ДСТУ ISO 24631-2:2019 (ISO 24631-2:2017, IDT), ДСТУ ISO 24631-3:2019 (ISO 24631-3:2017, IDT), ДСТУ ISO 24631-4:2019 (ISO 24631-4:2017, IDT), ДСТУ ISO 24631-6:2019 (ISO 24631-6:2011, IDT) та ДСТУ CISPR/TR 28:2009 (CISPR/TR 28:1997, IDT) [11-15].

Оптична ідентифікація має не таку велику кількість стандартів та вимог. Розглянемо інфрачервону ідентифікацію та вимоги до неї. У ISO 20473, визначенні діапазони та довжину хвилі інфрачервоного випромінювання [16]. Довжина хвилі 0,78-3 мкм відповідає ближньому інфрачервоного діапазону, 3-50 мкм – середньому, 50-1000 мкм – дальньому. В цілому, до оптичної ідентифікації відносять такі стандарти: ДСТУ EN 61000-3-3:2017 (EN 61000-3-3:2013, IDT; IEC 61000-3-3:2013, IDT), ДСТУ EN 55014-2:2017 (EN 55014-2:2015, IDT; CISPR 14-2:2015, IDT) [17, 18].

Висновки до розділу.

- 1) Проведено аналіз систем ідентифікації, що стосуються дійних тварин.
- 2) Розглянуті вітчизняні розробки систем ідентифікації.
- 3) Розглянуто комбіновані системи із використанням радіочастотної та оптичної ідентифікації дійних тварин.
- 4) Визначенні основні вимоги до ідентифікації дійних тварин з боку технічного регламенту та стандартів.



## 2 ВПЛИВ ПОМИЛОК ІДЕНТИФІКАЦІЇ ДІЙНИХ ТВАРИН НА РЕЗУЛЬТАТИ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ

Для інфрачервоного сенсора основними джерелами перешкод, які викликають помилкові ідентифікації, можуть бути:

- переміщення повітряних мас в зоні чутливості сенсора під впливом вітру;
- конвективні теплові потоки;
- випромінювання сонця і штучних джерел світла;
- термічна напругу в лінзі;
- власні шуми;
- переміщення тварини, що відбуваються з дуже малою швидкістю.

Перший вид перешкод зустрічається досить часто і викликає помилкові спрацьовування інфрачервоного сенсора. Для виключення цього недоліку пропонується використовувати в інфрачервоному детекторі додатковий акустичний канал на базі чутливого елемента у вигляді малогабаритного мікрофона.

У роботах науковців, проводилися порівняння двох шумових сигналів, з мікрофоном та без нього. На рис. 2.1 наведений звичайний сигнал з інфрачервоного сенсора при проходженні тварини зони ідентифікації. З результатів видно, що при відсутності поривів вітру шумовий сигнал інфрачервоного сенсора слабкий, його амплітуда не перевищує 0,1 В. При появі поривів вітру сигнал набуває більш низькочастотну форму і амплітуда сигналу досягає більш 2В [19].

Ефективна частота корисного сигналу при перетині твариною зони виявлення сенсора від 3 до 5 м становить 0,2 ... 1 Гц, що збігається з частотою шумового сигналу датчика при поривах вітру. БКПТ інколи встановлюється на таку відстань. Для БКНТ дана помилка не перешкоджає роботі. Крім того, корисні і шумові сигнали схожі за формою і амплітудою, тому усунути шумову

перешкоду, викликану вітром, методом фільтрації або застосуванням спеціальних алгоритмів обробки сигналу не представляється можливим.

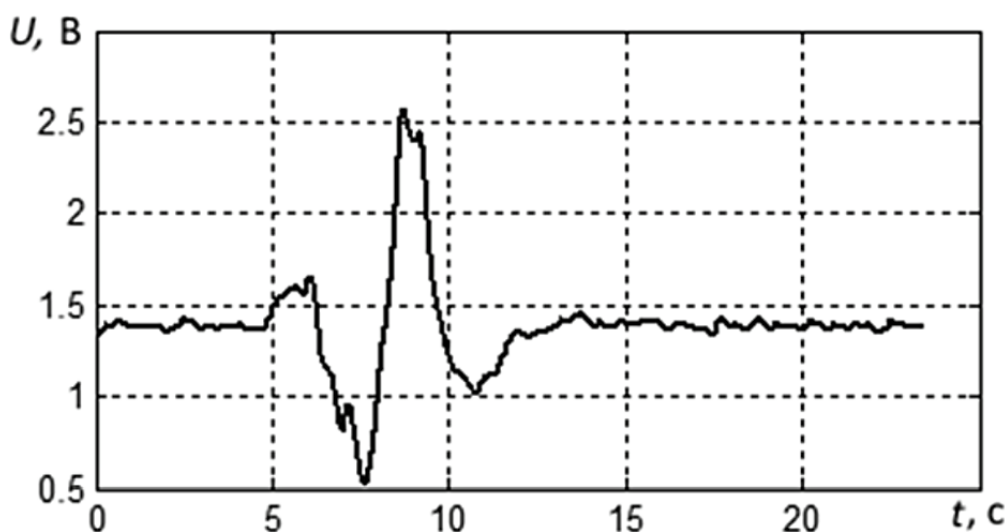


Рисунок 2.1 – Сигнал інфрачервоного сенсора при русі тварини у зоні ідентифікації

У цій ситуації для усунення помилкових спрацьовувань інфрачервоного сенсора доцільно використовувати додатковий сигнал мікрофону. Використовуючи цю особливість, можна блокувати помилковий сигнал ідентифікації сенсора сигналом мікрофона.

Щоб уникнути помилкової ідентифікації, застосовуються комбіновані сенсори. Зазвичай в один пристрій об'єднуються інфрачервоні та радіохвильові сенсори. Ця схема відрізняється високою завадостійкістю, надійністю і відсутністю помилкових спрацьовувань. Тому розглянемо помилки у системах радіочастотної ідентифікації.

В системах ідентифікації на доїльних установах можуть виникати помилки, що приводять до втрати цілої групи тварин, навіть, якщо не ідентифікувалась одна тварина [20].

Для спрощеного представлення результатів вимірювання та параметрів дійних тварин відобразимо їх у вигляді системи векторів:

$$\begin{cases} A_1 = (P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1I} & 1 & M_{1T} & M_{1S}); \\ A_2 = (P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2I} & 2 & M_{2T} & M_{2S}); \\ \vdots & & & & & & \\ A_i = (P_{i1} & P_{i2} & \dots & P_{iI} & i & M_{iT} & M_{iS}); \\ \vdots & & & & & & \\ A_N = (P_{N1} & P_{N2} & \dots & P_{NI} & N & M_{NT} & M_{NS}), \end{cases} \quad (2.1)$$

де  $I$  – сукупність вимірюваних параметрів дійних тварин;

$i$  – номер доїльного станка, де перебуває дійна тварина;

$P_{i1}, P_{i2}, \dots, P_{iI}$  – результати вимірювань параметрів дійних тварин у  $i$ -му доїльному станку;

$M_{iT}$  – код RFID-мітки дійної тварини на  $i$ -тому доїльному станку;

$M_{iS}$  – номер дійної тварини у групі на  $i$ -му доїльному станку.

Чисельність доїльних станків обчислюється, як сума системи векторів. Число координат, відповідно до формули 2.1, визначатиметься як  $I+3$ , при цьому  $I+1$  постійно буде відповідати номеру доїльного станку  $i$ , де перебувала тварина. Система векторів побудована таким чином, що координати  $M_{iT}$  дорівнює  $I+2$ , а  $M_{iS} = I+3$ .

На рис. 2.2 зображена схема залежності помилки ідентифікації на подальші результати контролю параметрів дійних тварин. Не ідентифікована дійна тварина, перебуваючи у доїльному станку з певним номером не буде сприйматися системою. Тому, наступній ідентифікованій дійній тварині буде присвоєний номер доїльного станка, такий як  $i$  не ідентифікованій. І так до кінця останньої дійної тварини спотворюються дані зі зміщенням. З цього випливає, що спотворюється інформація про дійних тварин всього з однієї помилки ідентифікації. Але складнощі з'являються у кінцевій незбіжності даних, при якій точно не можливо визначити з якого доїльного станка виникла помилка ідентифікації дійної тварини. Тому, проведемо математичний аналіз

залежності помилок ідентифікації дійних тварин на доїльних установках та можливість її зменшити.

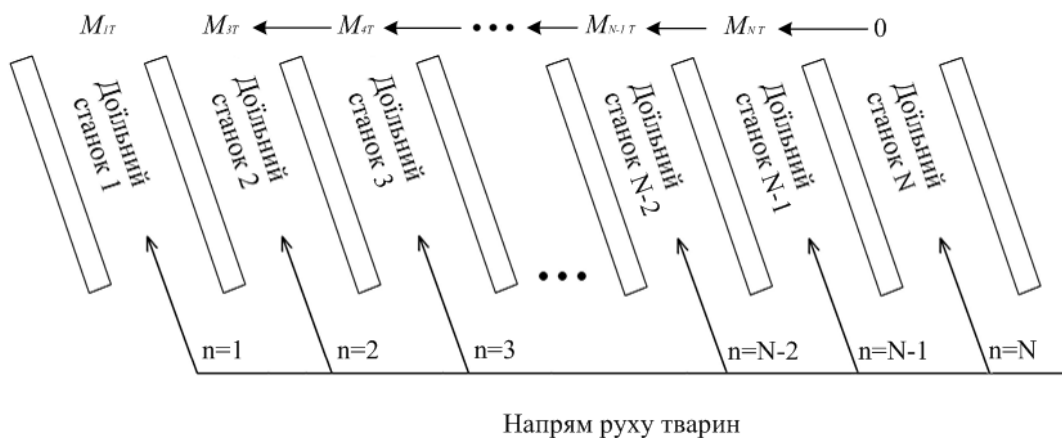


Рисунок 2.2 – Схема залежності помилки ідентифікації на результат контролю параметрів не ідентифікованої дійної тварини на груповій доїльній установці

Математично з'ясувати якій групі тварин належить хибна інформація можна завдяки аналізу системи 2.1.

$$H_k = \begin{bmatrix} -A_1 \\ -A_2 \\ \dots \\ -A_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1I} & 1 & M_{1T} & M_{1S} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2I} & 2 & M_{2T} & M_{2S} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{N1} & P_{N2} & \dots & P_{NI} & N & M_{NT} & M_{NS} \end{bmatrix}. \quad (2.2)$$

Впливає, що при помилці ідентифікації та рівній кількості доїльних станків і тварин, введемо співвідношення:

$$H_{kNI+2} \vee H_{kNI+3} = M_{NT} \vee M_{NS} = 0, \quad (2.3)$$

де  $H_{kNI+2}$ ,  $H_{kNI+3}$  – складові матриці  $H_k$ , з номером  $N$  та стовпцями з номерами  $I+2$  і  $I+3$ , які відповідно є кодами RFID-міток  $M_{NT}$  та груповим номером дійної тварини  $M_{NS}$ .

За умови, при якій кількість доїльних станків і тварин рівна, матриця та співвідношення неповної групи матиме вигляд:

$$H_k = \sum_{i=1}^N A_i = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1I} & 1 & M_{1T} & M_{1S} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2I} & 2 & M_{2T} & M_{2S} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{J1} & P_{J2} & \dots & P_{JI} & J & M_{JT} & M_{JS} \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad (2.4)$$

де  $J$  – чисельність дійних тварин у неповній групі.

$$\sum_{i=J+1}^N \sum_{l=1}^{I-3} H_{k i l} = 0. \quad (2.5)$$

При неповній групі дійних тварин, результати вимірювання окремих параметрів цієї групи є ненадійними, то виконується умова:

$$H_{k N I-2} \vee H_{k N I-3} = M_{NT} \vee M_{NS} = 0. \quad (2.6)$$

Іноді код RFID-мітки може бути не правильно ідентифікований та переданий на сервер. Помилковий код може співпадати з кодом іншої тварини цілого стада і інформація параметрів буде присвоєна цій тварині. Якщо помилковий код не міститься у базі обліку тварин, то інформація буде віднесена до умовної дійної тварини. Інформація втрачається тільки про одну дійну тварину в групі, у інших випадках інформація є достовірною і придатною для контролю та вимірювання параметрів тварини.

Оцінимо ризики появи не ідентифікованої дійної тварини за допомогою імовірності [21]. Імовірність того, що у групі тварин з'явиться певна кількість не ідентифікованих дійних тварин, визначається:

$$P(r) = \frac{C_{d_s}^r}{C_{K_r}^N} C_{K_r - d_s}^{N-r}, \quad (2.7)$$

де

$$C_{d_s}^r = \frac{d_s!}{r!(d_s - r)!}; \quad (2.8)$$

$$C_{K_r}^N = \frac{K_r!}{N!(K_r - N)!}; \quad (2.9)$$

$$C_{K_r - d_s}^{N-r} = \frac{(K_r - d_s)!}{(N - r)!(K_r - d_s - N + r)!}, \quad (2.10)$$

$d_s$  – усереднена кількість не ідентифікованих дійних тварин з  $K_r$  групи тварин, при умові однієї одиниці обслуговуючого персоналу та однієї доїльної установки.

Близько 3% дійних тварин на групових доїльних установках не ідентифікуються. Для прикладу візьмемо групову доїльну установку «Ялинка», що має в сумі 16 доїльних станків. На такому типі установки, зазвичай використовують зчитувачі RFID-міток великої відстані. Проведемо статистичне моделювання на основі вибірки з 600 дійних тварин та доїльної установки «Ялинка». Припустимо, що  $K_r = 300$ ,  $d_s = 9$ ,  $N = 8$ , тоді імовірнісний ряд набуде вигляду:

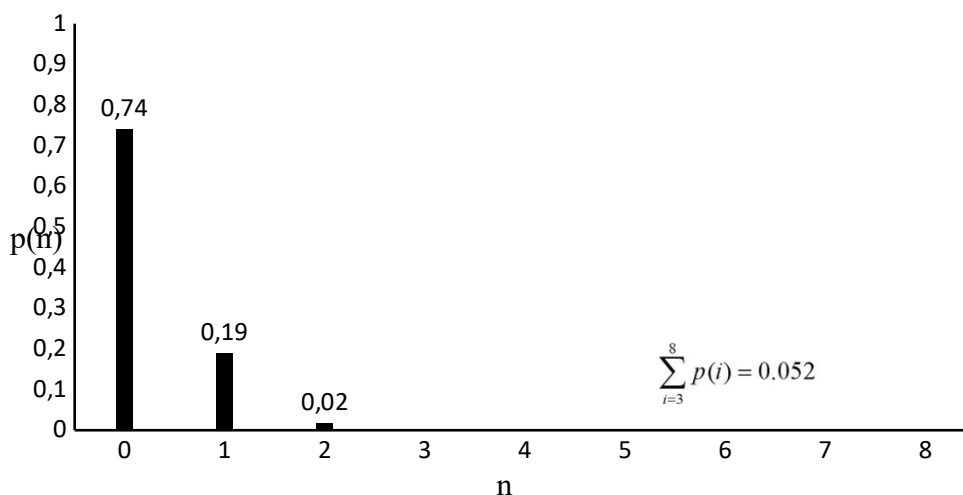


Рисунок 2.3 – Імовірнісний ряд помилок ідентифікації  $n$ -ої дійної тварини, що входять у групу із  $N$  тварин із застосуванням групової доїльної установки «Ялинка»

З імовірнісного ряду випливає, що імовірність ідентифікації усіх дійних тварин групи сягає 0,74. Тривіально визначається втрата інформації мінімум однієї дійної тварини, як:

$$p_H = 1 - p(0) \quad (2.11)$$

За розрахунками формули 2.11 імовірність втрати інформації складе 0,26 при умові що усі дійні тварини ідентифіковані. Якщо хоча б одна дійна тварина не ідентифікована, то імовірність втрати інформації може істотна збільшитися до 0,8, що є не припустимо. В подальшому імовірність помилки ідентифікації буде дуже високою і наблизатиметься до 1 [22].

Розглянута помилка ідентифікації актуальна тільки на групових доїльних установках, усі інші установки втрачають інформацію лише однієї не ідентифікованої дійної тварини. Імовірність втрати результатів вимірювання та контролю параметрів дійних тварин є високою.

Висновки до розділу.

1) Проаналізовано основні проблеми достовірності оптичної та радіочастотної ідентифікації.

2) Визначено способи підвищення достовірності засобів ідентифікації дійних тварин.

## 3 МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ДІЙНИХ ТВАРИН

### 3.1 Засіб контролю проходження тварин за допомогою оптичної ідентифікації дійних тварин

Принцип дії засобу полягає у використанні оптичних сенсорів. Тварина проходячи зону роботи сенсора, перериває сигнал випромінювання променю [23]. Зрозуміло, що конструкція складається з двох частин, випромінювача та приймача. Засіб можна реалізувати таким чином, щоб забезпечити навіть підрахунок дійних тварин. Схема застосування засобу контролю проходження тварин з допомогою оптичної ідентифікації наведено на рис 3.1.

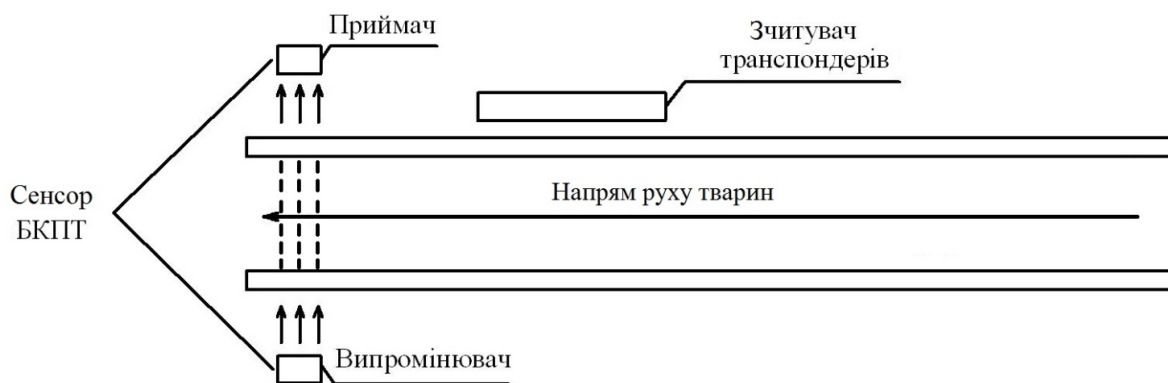


Рисунок 3.1 – Схема засобу контролю проходження тварин з використанням оптичної ідентифікації

Тварина проходячи зчитувач RFID-міток ідентифікується. БКПТ та зчитувач зв'язані між собою логічно, тому якщо не відбулась радіочастотна ідентифікація, то за допомогою оптичного сенсора можна встановити порядковий номер тварини в групі. Найкраще такий засіб підходить для групових та роторних доїльних установках, селекційних воріт, автоматичних вагових платформах. На групових доїльних установках при втраті результату контролю однієї дійної тварини, втрачається інформація інших тварин даної групи. За допомогою особливості роторної доїльної установки, а саме зв'язку



між БКПР та БКПТ, легко можна встановити на якому доільному станку перебуває не ідентифікована дійна тварина. Підвищити достовірність контролю параметрів на ваговій платформі можна за допомогою оптичної ідентифікації. При помилках радіочастотних ідентифікації у зоні селекційних воріт, можна відділити не ідентифіковані тварини для усунення причин за допомогою оптичної ідентифікації.

Показником проходження дійної тварини є імпульс з сенсора БКПТ. Але дійні тварини мають випадковий характер поведінки, тому на рис. 3.2 розглянемо приклад часової діаграми вихідного сигналу оптичного сенсора.

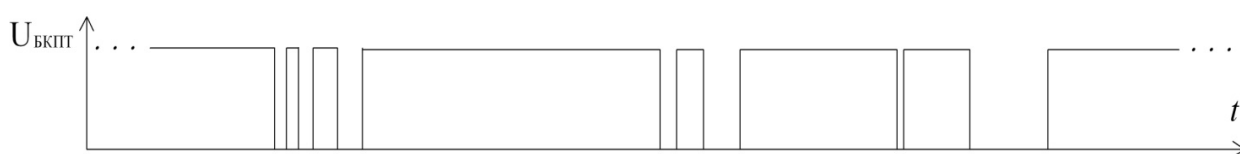


Рисунок 3.2 – Часова діаграма вихідного сигналу оптичного сенсора при русі тварин у групі

В середньому, дійна тварина має довжину близько 2,6 м, а її швидкість наближена до 0,6 м/с [24]. Тривалість сигналу сенсора, при проходженні типової дійної тварини через зону роботи БКПТ визначається:

$$T_c = \frac{l_c}{v_c}, \quad (3.1)$$

де  $l_c$  – середня довжина дійної тварини;  $v_c$  – середня швидкість дійної тварини.

Природа руху дійних тварин випадкова, тому наявні чинники між собою слабо корельовані. З першої граничної теореми випливає, що серед чинників поведінки тварини немає таких, які домінують, тому сигнал є випадковою величиною. Отже, імпульсний вихідний сигнал розподілений за нормальним

законом, який є випадковою величиною з математичним сподіванням  $T_{CM}$  і середньоквадратичним відхиленням  $\sigma_{CM}$  [25]. За правилом трьох сигм визначаються межі значення часу переходу дійної тварини.

Існують випадки, коли за нормальних умов, тобто між тваринами дотримана дистанція, кожний імпульсний сигнал притаманний до певної дійної тварини. Тому справедливим твердженням критерії ідентифікації буде за умови:

$$T_c \in [T_{c_{MN}}; T_{c_{MX}}] \quad (3.2)$$

Якщо під час руху, тварини розташовані дуже близько, то до критерію ідентифікації вводять поправки у вигляді:

$$T_c \in [k_c n_c T_{c_{MN}}; k_c n_c T_{c_{MX}}], \quad (3.3)$$

де  $k_c$  – коефіцієнт врахування швидкості руху тварини в групі та їх близького розташування.

Оскільки коефіцієнт  $k_c$  має випадковий характер, то при близькому розташуванні тварин чи зміщенні може виникнути помилка ідентифікації.

Якщо розділити сигнал на два компоненти, а саме на корисний імпульсний сигнал  $s_M(t)$  і випадковий імпульсний сигнал  $s_N(t)$ , то некорельований випадковий імпульсний сигнал  $s_N(t)$  можна розглядати як рівномірний за енергетичним спектром білий шум. Для успішної ідентифікації необхідний корисний сигнал  $s_M(t)$ .

Знизити помилки ідентифікації можна шляхом застосування оптимальної лінійної фільтрації. Для цього необхідно досягти умови співвідношення сигнал-шум між піковими параметрами корисного сигналу і середньоквадратичним

відхиленням сигналу шуму.

У такому випадку, енергетичний спектр сигналу  $s_M(t)$  визначається:

$$S_M(j\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} s_M(t) e^{-j\omega t} dt, \quad (3.4)$$

де  $j$  – уявна одиниця;  $\omega$  – циклічна частота спектральних складових.

Білий шум  $s_N(t)$  із рівномірним спектром визначається:

$$W_N(j\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} s_N(t) e^{-j\omega t} dt = W_0. \quad (3.5)$$

На виході оптимального фільтра в момент часу  $t_0$ , граничне значення вихідного сигналу визначається:

$$s_P(t_0) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S_M(\omega) K_{OPT}(\omega) e^{j(\omega t_0 + \varphi_M(\omega) + \varphi_K(\omega))} d\omega, \quad (3.6)$$

де  $S_M(\omega)$  – модуль комплексного енергетичного спектру корисного сигналу;  $K_{OPT}(\omega)$  – модуль комплексної передатної характеристики фільтра;  $\varphi_M(\omega)$  – фазова характеристика спектру корисного сигналу;  $\varphi_K(\omega)$  – ФЧХ оптимального фільтра.

На виході оптимального фільтра, середньоквадратична величина шумового сигналу визначається:

$$\sigma_N = \sqrt{\frac{W_0}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} K_{OPT}^2(\omega) d\omega}, \quad (3.7)$$

Отже, об'єднавши вирази (3.6) та (3.7) складемо співвідношення сигнал-

шум за формулою:

$$R_{SN} = \frac{|s_P(t_0)|}{\sigma_N} = \frac{\left| \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S_M(\omega) K_{OPT}(\omega) e^{j\omega t_0 + \varphi_M(\omega) + \varphi_K(\omega)} d\omega \right|}{\sqrt{\frac{W_0}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} K_{OPT}^2(\omega) d\omega}} \quad (3.8)$$

Для вирішення поставленої задачі скористаємось нерівністю Коши-Буняковського [26]:

$$\left| \int_{-\infty}^{+\infty} S_M(\omega) K_{OPT}(\omega) e^{j\omega t_0 + \varphi_M(\omega) + \varphi_K(\omega)} d\omega \right|^2 \leq \int_{-\infty}^{+\infty} S_M^2(\omega) d\omega \cdot \int_{-\infty}^{+\infty} K_{OPT}^2(\omega) d\omega \quad (3.9)$$

Тоді, нерівність співвідношення сигнал-шум розглянемо згідно формули (3.9) у вигляді:

$$R_{SN} = \frac{\left| \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S_M(\omega) K_{OPT}(\omega) e^{j\omega t_0 + \varphi_M(\omega) + \varphi_K(\omega)} d\omega \right|}{\sqrt{\frac{W_0}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} K_{OPT}^2(\omega) d\omega}} \leq \sqrt{\frac{\int_{-\infty}^{+\infty} S_M^2(\omega) d\omega}{2\pi W_0}} \quad (3.10)$$

Максимум співвідношення нерівності (3.10) потрібно змінити на рівність, що задовольняє умови:

$$\omega t_0 + \varphi_M(\omega) + \varphi_K(\omega) = 0; \quad (3.11)$$

$$K_{OPT}(\omega) = A_0 S_M(\omega), \quad (3.12)$$

де  $A_0$  – сталий коефіцієнт.

Передатна функція фільтра, згідно рівності, визначається:

$$K_{OPT}(j\omega) = A_0 S_M(\omega) e^{-j\omega t_0} e^{-j\varphi_M(\omega)} \quad (3.13)$$

Спряжено-комплексна функція відносно  $S_M(\omega)$  формулюється:

$$S_M^*(\omega) = S_M(\omega) e^{-j\varphi_M(\omega)} \quad (3.14)$$

З використанням спряжено-комплексної функції, передатну функцію можна представити у вигляді:

$$K_{OPT}(j\omega) = A_0 S_M^*(\omega) e^{-j\omega t_0} \quad (3.15)$$

Отже, на виході оптимального лінійного фільтра формується сигнал:

$$s_F(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S_M(\omega) K_{OPT}(j\omega) e^{j\omega t} d\omega \quad (3.16)$$

Корисний вихідний сигнал є прямокутним і залежить від швидкості та розміру дійної тварини. Розглянемо функцію сигналу з періодом  $T_C$ :

$$s_M(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ A, & 0 \leq t \leq T_C \\ 0, & t > T_C \end{cases}, \quad (3.17)$$

де  $A$  – рівень вихідного сигналу сенсора.

Для прямокутного імпульсу, розглянемо іншу передатну функцію лінійного оптимального фільтра [27]:

$$K_{OPT}(j\omega) = \frac{A_0}{j\omega} (1 - e^{-j\omega T_{OPT}}) \quad (3.18)$$

де  $T_{OPT}$  – період імпульсу, що є узгодженим з оптимальним лінійним

фільтром.

Схема лінійного оптимального фільтра з передатною функцією (3.18) наведена на рис. 3.3.

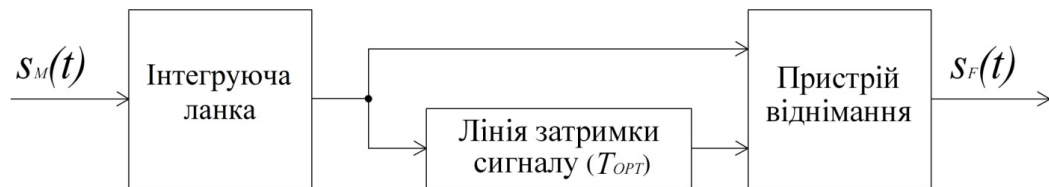


Рисунок 3.3 – Схема лінійного оптимального фільтра для прямокутного імпульсу

Принцип роботи полягає в інтеграції вхідного сигналу, що надходить на пристрій віднімання з врахуванням часу затримки  $T_{OPT}$  в результаті чого отримуємо вихідний сигнал  $s_F(t)$ . За умови узгодженості вхідного сигналу та лінії затримки, тобто  $T_C = T_{OPT}$ , то вихідний сигнал лінійного оптимального фільтра матиме вигляд:

$$s_F(t) = \begin{cases} 0, & t < 0; \\ At, & 0 \leq t < T_{OPT}; \\ A(T_{OPT} - t), & T_{OPT} \leq t < 2T_{OPT}; \\ 0, & t \geq 2T_{OPT}. \end{cases} \quad (3.19)$$

Граничне значення при  $T_C = T_{OPT}$ :

$$s_{F_{OPT}} = A \cdot T_{OPT}. \quad (3.20)$$

Співвідношення сигнал-шум при  $T_C = T_{OPT}$ :

$$R_{SN\ OPT} = \frac{s_{POPT}}{\sigma_N} = \frac{A \cdot T_{OPT}}{\sigma_N} . \quad (3.21)$$

Якщо  $T_L < T_{OPT}$ , то вихідний сигнал  $s_F(t)$  матиме вигляд:

$$s_F(t) = \begin{cases} 0, & t < 0; \\ At, & 0 \leq t < T_L; \\ AT_L, & T_L \leq t < T_{OPT}; \\ A(T_L - t), & T_{OPT} \leq t < T_{OPT} + T_L; \\ 0, & t \geq T_{OPT} + T_L. \end{cases} \quad (3.22)$$

Якщо  $T_L < T_{OPT}$ , то пікова величина вихідного сигналу розраховується:

$$s_{FL} = A \cdot T_L . \quad (3.23)$$

Якщо  $T_L < T_{OPT}$ , співвідношення сигнал-шум розраховується:

$$R_{SNL} = \frac{s_{PL}}{\sigma_N} = \frac{A \cdot T_L}{\sigma_N} . \quad (3.24)$$

Якщо  $T_H > T_{OPT}$ , то період вихідного сигналу  $s_F(t)$  обчислюється:

$$s_F(t) = \begin{cases} 0, & t < 0; \\ At, & 0 \leq t < T_{OPT}; \\ AT_{OPT}, & T_{OPT} \leq t < T_H; \\ A(T_H - t), & T_H \leq t < T_{OPT} + T_H; \\ 0, & t \geq T_{OPT} + T_H. \end{cases} \quad (3.25)$$

Якщо  $T_H > T_{OPT}$ , пікова величина вихідного сигналу, розраховується:

$$s_{FH} = A \cdot T_{OPT} \quad (3.26)$$

За умовою  $T_H > T_{OPT}$ , співвідношення сигнал-шум розраховується:

$$R_{SNH} = \frac{s_{FH}}{\sigma_N} = \frac{A \cdot T_{OPT}}{\sigma_N} \quad (3.27)$$

Розглянемо три варіанта роботи оптимального лінійного фільтра. Якщо  $T_C = T_{OPT}$  і  $T_H > T_{OPT}$ , то пікова величина розраховується як  $A \cdot T_{OPT}$ . Якщо  $T_L < T_{OPT}$ , то пікова величина менша, ніж за  $T_C = T_{OPT}$  та  $T_H > T_{OPT}$ . На рис. 3.4 проаналізуємо діаграму роботи оптимального лінійного фільтра за трьома варіантами різних величинах періоду вхідного сигналу.

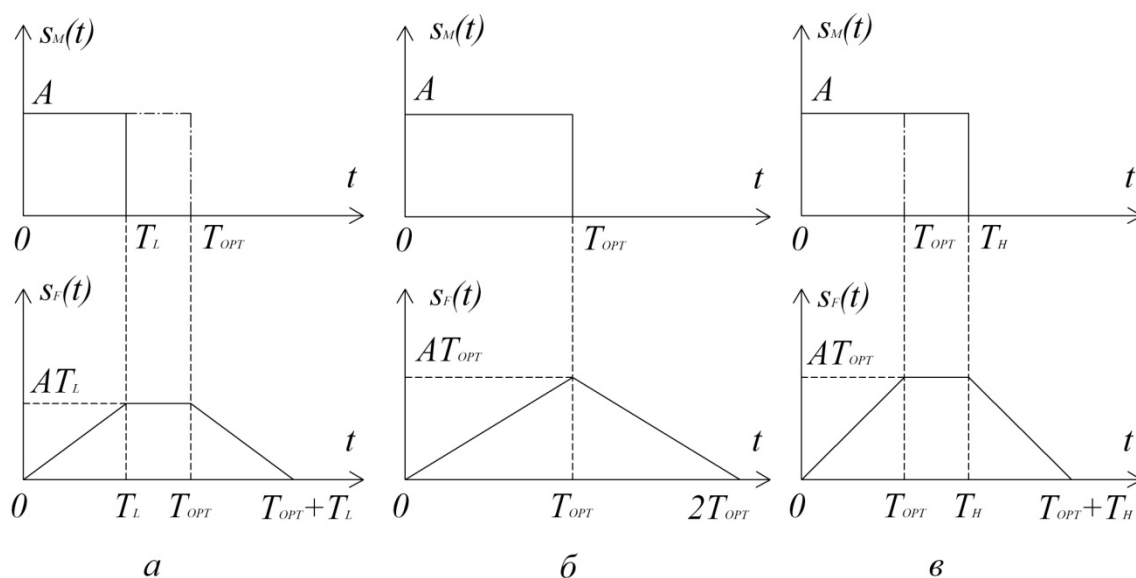


Рисунок 3.4 – Діаграми роботи оптимального лінійного фільтра за

співвідношеннями: а)  $T_C = T_L < T_{OPT}$ ; б)  $T_C = T_{OPT}$ ; в)  $T_C = T_H > T_{OPT}$

З часових діаграм бачимо, що при  $T_C = T_L < T_{OPT}$  та  $T_C = T_H > T_{OPT}$  сигнали мають трапецеїдальну функцію. Максимальне співвідношення сигнал-шум



досягається при  $T_C = T_{OPT}$ , а при  $T_C > T_{OPT}$  залишається таким же. З проаналізованої інформації випливає, що потрібно забезпечити виконання співвідношення для максимального значення сигнал-шум:

$$T_{OPT} = T_{C\text{ MN}}. \quad (3.28)$$

Миттєві значення в момент часу  $t_1, t_2, t_3 \dots$ , за допомогою цифрової обробки сигналів визначаються миттєві значення вихідного сигналу сенсора  $s_M(t_1), s_M(t_2), s_M(t_3) \dots$ . За допомогою миттєвих значень, знайдемо інтерполяційну функцію  $s_{AF}(t)$ :

$$s_{LAF}(t) = \int_0^t s_{AF}(t) dt, \quad (3.29)$$

$$s_{DLAF}(t) = s_{LAF}(t - T_{C\text{ MN}}). \quad (3.30)$$

Для визначення сигналу, що вказує на проходження дійної тварини необхідне виконання:

$$A \cdot T_{C\text{ MN}} = s_{LAF}(t) - s_{DLAF}(t). \quad (3.31)$$

Вираз 3.25 та рис 3.4 (в), час максимального значення вихідного сигналу  $A \cdot T_{OPT} = A \cdot T_{C\text{ MN}}$  оптимального лінійного фільтра, визначається:

$$T_{CH} = T_H - T_{C\text{ MN}}. \quad (3.32)$$

Якщо під час руху, тварини розташовані дуже близько, то базуючись на

результатах вимірювання часу відбувається ідентифікація двох чи більше тварин та виконується співвідношення:

$$T_{CH} \in [T_{C_{\text{MIN}}}; T_{C_{\text{MAX}}}], \quad (3.33)$$

Ідентифікації більше одної дійної тварини у групі, що рухаються дуже близько одна від одної, приймається на підставі співвідношення:

$$T_{CH} \geq n_c T_{CM}. \quad (3.34)$$

де  $n_c = \left\lceil \frac{T_{CH}}{T_{CM}} \right\rceil$  – кількість ідентифікованих тварин ( $n_c \geq 2$ ).

Цьому процесу притаманна циклічність з кожною наступною ідентифікацією. З використанням оптимального лінійного фільтра, достовірність ідентифікації на групових доїльних установках підвищується до 80-90% (без використання 60-70%).

### **3.2 Метод контролю параметрів дійних тварин чесальною установкою**

Підприємства з виробництва молока зазвичай використовують чесальну установку без контролю параметрів дійних тварин. Такий контроль включає в себе вимірювання кількості та тривалості застосувань дійною твариною чесальної установки. Ці параметри характеризують стан дійної тварини. Завдяки контролю можна виявити відхилення від допустимих значення, які можуть вказувати на імовірність захворювання у дійної тварини чи інших негативних наслідків. Для молочних ферм це серйозний фактор, який впливає на ефективність роботи та якість продукції. Параметри визначаються шляхом

багаторазових спостережень та встановлюється усереднені показники. Тому, коли дійна тварина починає більше користуватися чесальною установкою, то скоріше за все тварина має кліщі чи захворювання шкіри. При зменшенні користування установкою, дійна тварина має ознаки захворювання або перебуває у стресовому стані. Забезпечити контроль параметрів дійної тварини можна використовуючи ідентифікацію. У такому випадку оператор може аналізувати вимірювальні параметри, як окремої тварини, так і певної вибірки, що значно економить час в порівнянні з ручною ідентифікацією [28].

Для прикладу, використаємо комбіновану ідентифікацію інтегровану у чесальну установку, схема якої наведена на рис. 3.5.

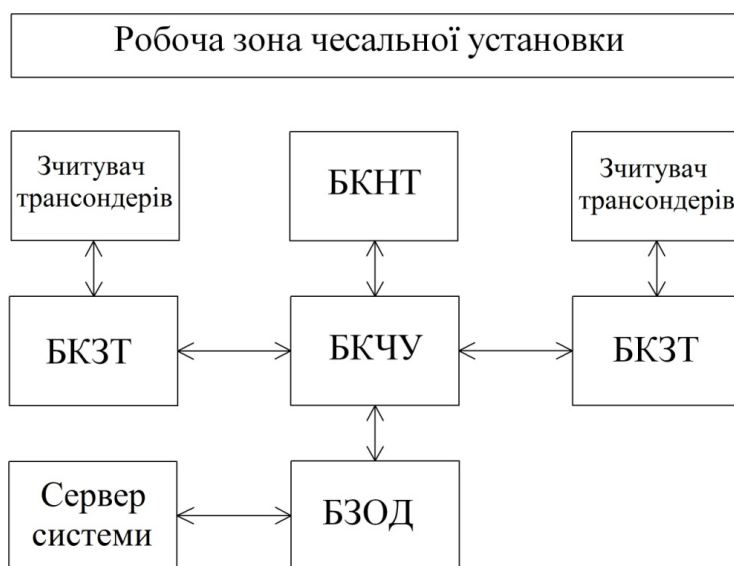


Рисунок 3.5 – Схема чесальної установки з інтегрованою системою комбінованої ідентифікації дійних тварин

Молочна ферма визначає, які зчитувачі буде використовувати, середньої чи великої відстані. Різниця полягає у фіксації RFID-мітки, зважаючи на їх потужність великі зчитувачі можуть ідентифікувати мітку на будь-якій частині тіла тварини. Зчитувачі середньої відстані ідентифікує RFID-мітку при її фіксації на нозі чи у вусі дійної тварини. Для підвищення достовірності ідентифікації використовують два зчитувача та БКНТ, що реалізовується на основі оптичного сенсора. Блок контролю чесальною установкою (БКЧУ) при

ідентифікації, активує роботу установки. Система зчитує усю інформацію про тварину з RFID-мітки, та встановлює кількість і тривалість перебування дійної тварини на чесальній установці. При відхиленні усереднених параметрів дійної тварини, система попереджує оператора, який у разі потреби передає інформацію у ветеринарний відділ, де проводиться позаплановий огляд [29].

Чесальні установки мають відповідати технічним вимогам. Щітка повинна обертатися в одному напрямку і з однаковою швидкістю для збільшення строку експлуатації. При суттєвому збільшенні навантаження електродвигуна, установка має бути обладнана блокувальною системою для безпеки використання твариною. Для спрощення конструкції, установка реалізовується за допомогою вимірювального перетворювача обертального руху, що дозволяє вести облік часу перебування тварини на установці [30].

Вимірювальний перетворювач обертального руху реалізовується за допомогою пари фотодіод-операційний підсилювач. Складається перетворювач з валу, модулятора, діафрагми та фотодіодного-операційного підсилювача. Діафрагма у фотоелектричному вимірювальному перетворювачі має щілину у вигляді обмежених концентричних кіл, що співпадають з центром модулятора і променя, кут між ними дорівнює  $\alpha_D$ . Обмежений модулятором і колом, центр співпадає з центром модулятора та характеризується радикально-лінійною функцією в полярних координатах з полюсом, що збігається з центром модулятора [31].

У межах значень кута повороту  $\varphi \in [0, 2\pi - \alpha_D)$ , при обертанні вала електродвигуна, залежність вихідної напруги фотоприймача від часу, визначається:

$$U_{CH}(t) = \frac{1}{4} K_{CH} (2\alpha_D \varphi(t) + \alpha_D^2) \quad (3.35)$$

де  $K_{CH}$  – коефіцієнт, що залежить від параметрів елементної бази фотоприймача та геометричних розмірів щілини модулятора;  $\varphi(t)$  – залежність кута обороту модулятора відносно діафрагми від часу.

З формули 3.35 випливає, що співвідношення кута обороту модулятора відносно діафрагми розраховується:

$$\varphi(t) = \frac{4U_{CH}(t) - K_{CH}\alpha_D^2}{2K_{CH}\alpha_D} \quad (3.36)$$

Кутову швидкість визначається як перша похідна кута повороту за часом, але в межах  $\varphi \in [0, 2\pi - \beta)$ :

$$\omega(t) = \varphi'(t) = \frac{2}{K_{CH}\alpha_D} U'_{CH}(t) \quad (3.37)$$

Перетворимо вираз (3.37) з врахуванням високого ступеня електромагнітних завад. Використовують усереднене дискретне диференціювання. Кутова швидкість чи перша похідна вихідної напруги вимірювального перетворювача розраховується:

$$\omega(t) = \varphi'(t) = \frac{4}{K_{CH}\alpha_D} \cdot \frac{\frac{1}{t_{i+2} - t_{i+1}} \int_{t_i}^{t_{i+2}} U_{CH}(t) dt - \frac{1}{t_{i+1} - t_i} \int_{t_i}^{t_{i+1}} U_{CH}(t) dt}{t_{i+2} - t_i}, \quad (3.38)$$

де  $t_i, t_{i+1}, t_{i+2}$  – відрізки часу, що лімітують інтервали напруги вимірювального перетворювача характеристик обертального руху.

На рис. 3.6 зображені часові діаграми, для кращого представлення параметрів вимірювального перетворювача характеристик обертального руху і першої похідної від часу.

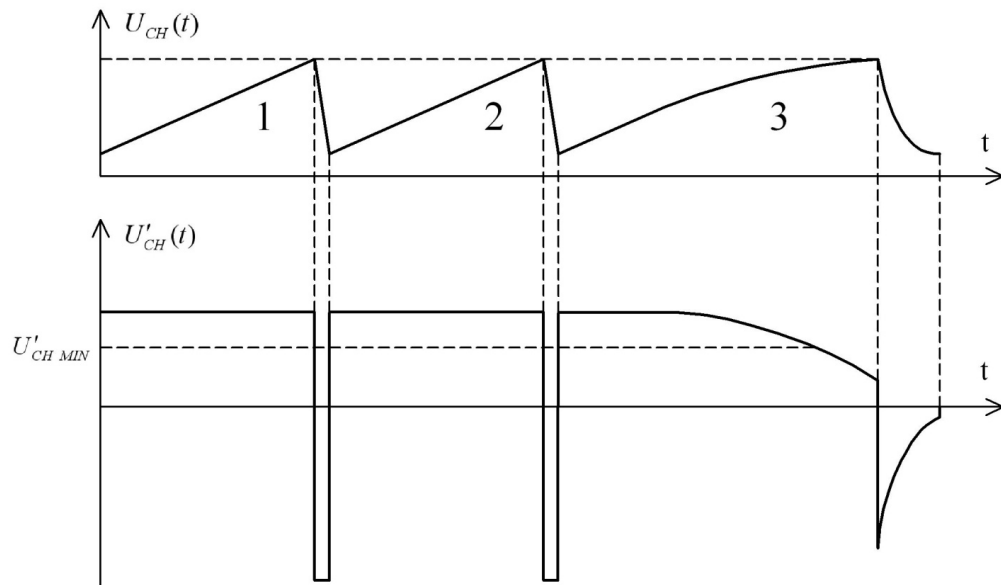


Рис. 3.6 – Часові діаграми першої похідної від часу і вихідної напруги вимірювального перетворювача значень обертального руху

Пилкоподібний імпульс утворюється за умови повного оберту щітки, з двома фронтами. Перший фронт несе в собі інформативний характер параметра обертального руху і знаходиться у діапазоні кута повороту модулятора щодо діафрагми на  $\varphi \in [0, 2\pi - \beta)$ . Другий фронт не застосовується для визначення характеристик обертального руху, а кут повороту модулятора щодо діафрагми здійснюється на  $\varphi \in [2\pi - \beta, 2\pi)$ .

Оберт щітки установки в різні напрямки руху керуються за допомогою зміни знаку першої похідної попереднього фронту, а кількість обертів рівне кількості імпульсів вихідного сигналу вимірювального перетворювача. Чесальна установка починає роботу у довільному порядку обертання, а потім з досягненням певної кількості обертів підраховує та змінює напрямок і так далі по черзі. При цьому фіксується тривалість користування дійної тварини установкою, за допомогою підрахунку вихідних імпульсів перетворювача

обертального руху, що в подальшому передається до сервера системи та аналізується.

За нормальних умов, кутова швидкість є сталою, тобто електродвигун працює без перевантажень. У випадку намотування хвосту дійної тварини, відбувається перевантаження двигуна, що впливає на кутову швидкість. На рис. 3.6 третій пілкоподібний імпульс відображає аварійні умови при яких кутова швидкість зменшується. Інші імпульси мають сталі значення кутової швидкості. Тому, розрахуємо першу похідну вихідного сигналу, якщо знизилась кутова швидкість:

$$U'_{CH\ MN} = \frac{K_{CH}\alpha_D}{2} \omega_{MN} \quad (3.39)$$

За таких умов здійснюється аварійне відключення електродвигунів. Сигнал з блоку контролю чесальною установкою подається на сервер системи, після чого, персонал реагує на проблему і виправляє її.

### **3.3 Засіб ідентифікації дійних тварин з двоконтурною ортогональною антеною**

На молочних фермах використовують безліч засобів ідентифікації дійних тварин. Проте, деякі процеси підприємства проходять із застосуванням активних міток оптичного чи радіочастотного інтерфейсу. Але такі засоби використовують у найдорожчих типах установок і потребують періодичного обслуговування (заміна елементів живлення і т.д.). Альтернативним варіантом є використання пасивних міток, які мають велику кількість помилок. Для прикладу, розглянемо радіочастотну ідентифікацію дійних тварин. Радіосигнал проводить ідентифікацію повз фізичних перешкод. Вітчизняні науковці намагаються максимально підвищити достовірність ідентифікації за використанням пасивних міток [32].

Класична система радіочастотної ідентифікації складається з зчитувача RFID-міток, RFID-мітки та компонентом радіоінтерфейсу, що здійснює обмін інформацією. Зчитувач RFID-міток містить програмне та апаратне забезпечення, а саме мікроконтролер і трансивер відповідно. Мікроконтролер забезпечує керування, перетворення коду трансивера, здійснює контроль цілісності даних, запам'ятовує та передає інформацію до зовнішніх систем.

Схема системи радіочастотної ідентифікації з використанням пасивних RFID-міток представлена на рис. 3.7.

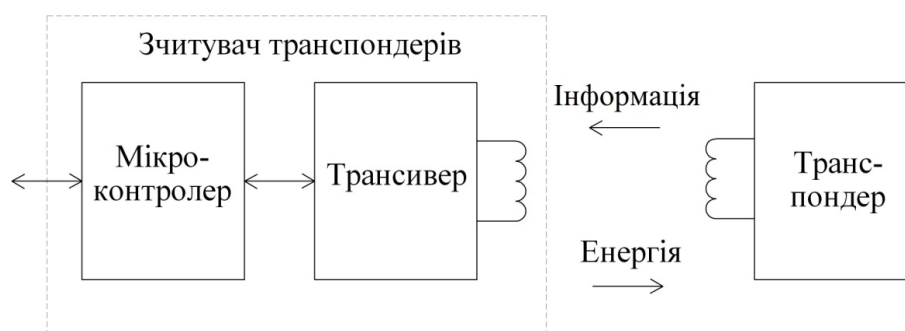


Рисунок 3.7 – Схема системи радіочастотної ідентифікації з використанням пасивних RFID-міток

На молочних фермах використовують пасивні RFID-мітки з рамковою антеною, як і на трансивері. Приклад рамкової антени RFID-мітки наведено на рис. 3.8.



Рисунок 3.8 – Пасивна RFID-мітка з рамковою антеною



Працюють антени рамкового типу на резонансній частоті 134 кГц та є часткою коливального контуру. Пасивні RFID-мітки виготовляються у герметичному корпусі, що містять в собі мікроконтролер, активні та пасивні радіоелементи, котушку індуктивності, яка є і антеною. У розділі 1.3 дослідили, що при виготовлені RFID-мітки, їй присвоюють унікальний ідентифікаційний код. За допомогою індукційної котушки, RFID-мітка поглинає енергію від зчитувача, що дає можливість забезпечити усі компоненти живленням для ідентифікації і обміну інформацією. Передається унікальний код RFID-мітки та іншу інформацію про дійну тварину. У RFID-мітки використовується одна і та ж антена для передачі даних та отримання енергії, а у зчитувачі навпаки. Визначення номеру дійної тварини у групі здійснює сервер системи до якого надходить код RFID-мітки.

Пасивні RFID-мітки, які мають можливість запису інформації, зазвичай використовуються на деяких етапах нерухомої ідентифікації тварин. Оскільки, запис інформації рухомих тварин має велику кількість помилок її не використовують, ґрунтуючись на недоцільності використання. Доречним є використання ідентифікації при нерухомому положенні дійної тварини, наприклад, системи ідентифікації з використанням зчитувача малої відстані [33].

На рис. 3.9 зображена схема системи ідентифікації з індуктивним зв'язком між зчитувачем та RFID-міткою.

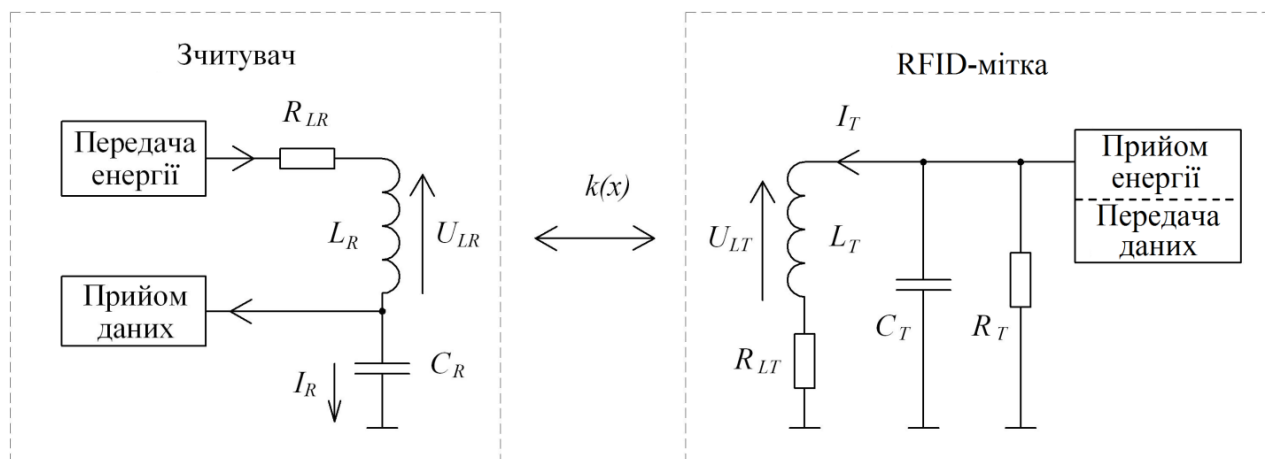


Рисунок 3.9 – Схема системи ідентифікації з індуктивним зв'язком між зчитувачем та RFID-міткою

Послідовний коливальний контур на антені зчитувача містить в собі індуктивність  $L_R$ , активний опір  $R_{LR}$  та ємність  $C_R$ . Через антену зчитувача виникає резонансна напруга  $U_{LR}$ , а струм  $I_R$  протікає по коливальному контуру. Антена RFID-мітки створює паралельний коливальний контур та містить індуктивність  $L_T$ , активний опір  $R_{LT}$  і ємність  $C_T$ . Даний контур навантажений на еквівалентний активний опір  $R_T$ . Через антену RFID-мітки виникає падіння напруги  $U_{LT}$  при резонансі. Вище зазначені коливальні контури працюють на однаковій частоті радіочастотної ідентифікації тварин і визначаються за виразом:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_R C_R}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_T C_T}} \quad (3.40)$$

Розрахунок відстані при проведенні радіочастотної ідентифікації, визначається виразом:

$$r_x \leq \frac{c}{2\pi f_0} \quad (3.41)$$

де  $c$  – швидкість світла.

Отже, модуль вектора напруженості магнітного поля визначається на відстані  $x$  від точки осі симетрії рамкової антени зчитувача RFID-міток, виразом:

$$H_R(x) = \frac{I_R N_R r_R^2}{2(r_R^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}, \quad (3.42)$$

де  $r_R$  – радіус антени зчитувача RFID-міток;  $N_R$  – кількість витків в антені зчитувача RFID-міток.

Максимум модуля вектора напруженості магнітного поля визначається, як [34]:

$$r_R \approx \sqrt{2} \cdot x. \quad (3.43)$$

Радіус рамкової антени зчитувача RFID-міток потрібно збільшити в  $\sqrt{2}$  рази по відношенню до середньої відстані між зчитувачем та RFID-міткою. Це дозволить збільшити надійність системи радіочастотної ідентифікації тварин.

Вплинути на надійність системи ідентифікації можна за допомогою коефіцієнта індуктивного зв'язку. Він визначається залежністю відстані між антенами, кута між площинами і геометричних розмірів антен:

$$k(x) = \frac{M_{RT}}{\sqrt{L_R L_T}} = \frac{r_R^2 \cdot r_T^2 \cdot \cos(\theta)}{\sqrt{r_R \cdot r_T} \cdot (r_R^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}, \quad (3.44)$$

де  $M_{RT}$  – взаємна індукція між антенами зчитувача RFID-міток і RFID-мітки;  $\theta$  – кут між площинами антени зчитувача і RFID-мітки;  $r_T$  – радіус антени RFID-мітки.

На рис. 3.10 зображено розташування двох рамкових антен, зчитувача та RFID-мітки.

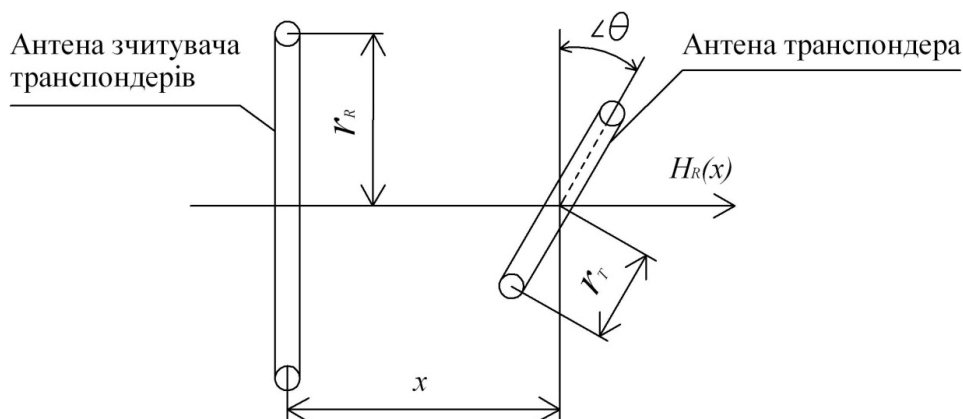


Рисунок 3.10 – Розташування двох рамкових антен, зчитувача та RFID-мітки

Проаналізувавши вище наведену інформацію, робимо висновок, що ідентифікація не відбудеться при перпендикулярному розташуванні антен.

Підвищення надійності системи ідентифікації досягається шляхом зменшення відстані між зчитувачем і RFID-міткою та кутом між площинами антен. При цьому слід вибрати оптимальне співвідношення між розмірами антен. Але, якщо змістити RFID-мітку до осі асиметрії антени зчитувача, то вплив на коефіцієнт індуктивного зв'язку між антенами може бути суттєвим, у випадку розміщення RFID-мітки напроти антени зчитувача.

В реальних умовах, відстань між RFID-мітки та зчитувачем змінюється навіть при повороті твариною голови, що може вплинути на процес ідентифікації. Вітчизняні науковці вже на сьогодні вирішили проблему взаємного розташування антен та суттєвих помилок ідентифікації. Суть полягає у використанні зчитувачів RFID-міток з двоконтурною ортогональною антеною, що дозволить розширити зону ідентифікації та зменшити вплив взаємного розташування.

Сімейства еквіпотенціальних кривих поля зчитувача RFID-міток із двоконтурною ортогональною антеною наведено на рис. 3.11.

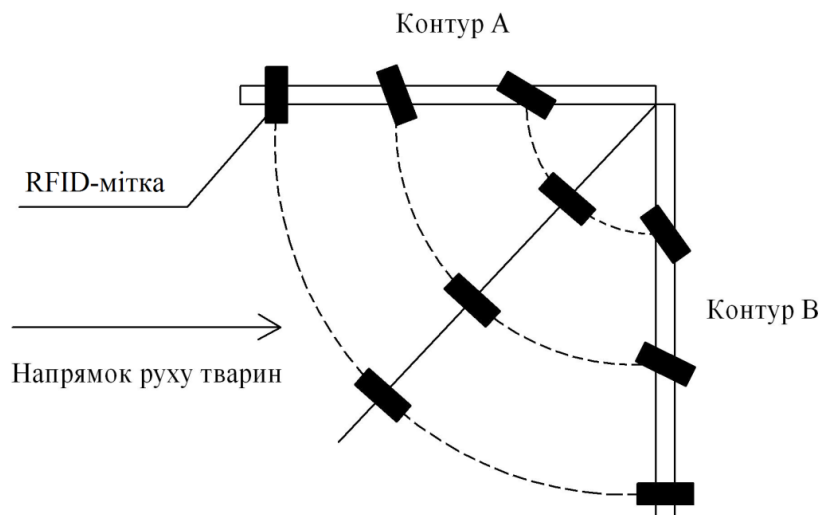


Рисунок 3.11 – Сімейство еквіпотенційних кривих поля зчитувача RFID-міток із двоконтурною ортогональною антеною

Схема двоконтурної ортогональної антени зчитувача RFID-міток представлено на рис 3.12 [35]:

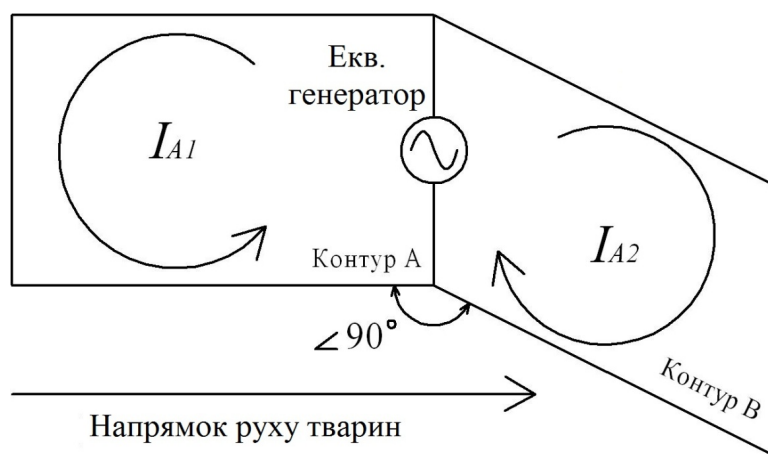


Рисунок 3.12 – Схематичне креслення двоконтурної ортогональної антени зчитувача транспондерів

Контур В є рамкою проходження дійної тварини, при цьому контур антени А розміщений вздовж руху дійної тварини. Еквівалентний генератор збуджує в обох контурах струми  $I_{A1}$  та  $I_{A2}$ .

За умови рівності струмів  $I_{A1}$ ,  $I_{A2}$  та геометричних розмірів в наслідок суперпозиції полів у віддаленій зоні отримаємо графік направленості. Схожий графік направленості має магнітна дипольна антена, яка повернена на кут  $\pi/4$ . Отже, при русі дійної тварини з використанням двоконтурної ортогональної антени, зчитування проходить під будь-яким кутом розташування тварини, що забезпечить високу надійність ідентифікації.

Експериментально доведено, що різниця успішної ідентифікації звичайної реалізації антени та двоконтурної антени сягає близько 10%, що наближає пасивні RFID-мітки по надійності до активних.

Виділено основні причини, що впливають на ідентифікацію, такі як розташування RFID-мітки, ортогональне розташування та зміщення тварини.

Для підвищення надійності системи ідентифікації під час руху дійної тварини, збільшення зони зчитування та зменшення витрат на встановлення активних RFID-міток, слід застосовувати систему двоконтурної антени зчитувача.

### **3.4 Засіб автоматичної ідентифікації дійних тварин у стійловій доїльній установці**

Процес доїння тварини найважливіша ланка молочної ферми, тому оператор повинен відповідально віднестися до процесу та його послідовності. Деякі процеси вимагають втручання людини для підвищення достовірності вимірювання та контролю. Суть засобу полягає у мінімальному залученні персоналу для забезпечення регламенту роботи з врахуванням коректної роботи системи обліку та контролю в цілому [36]. Ідентифікація проводиться лише для нерухомих дійних тварин у зв'язку з особливостями технологічного процесу.

На рис. 3.13 зображена схема автоматичної системи ідентифікації дійних тварин у стійловій доїльній установці.

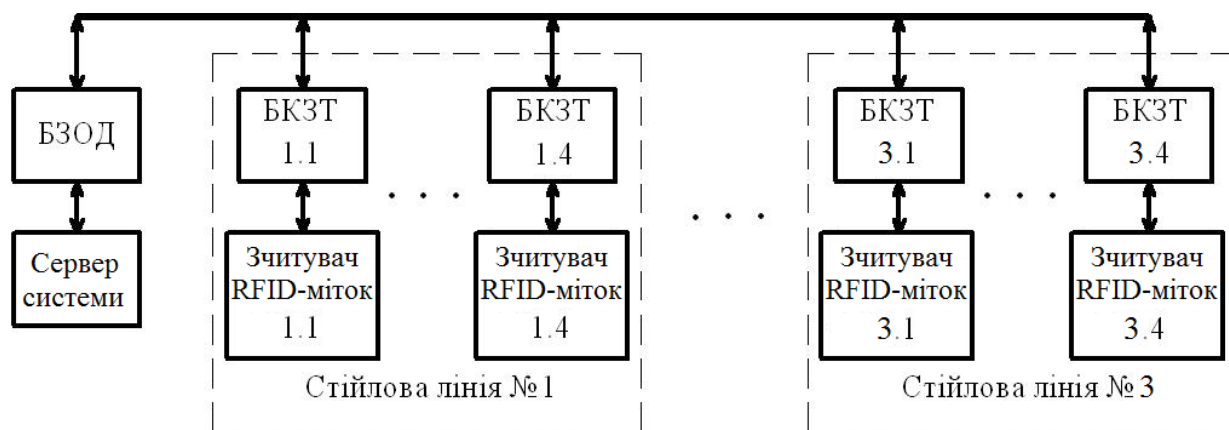


Рисунок 3.13 – Схема автоматичної системи ідентифікації дійних тварин у стійловій доільній установці

У ролі ідентифікаторів виступає пасивна RFID-мітка. Стійлові доільні установки включають в себе зчитувачі RFID-міток малої відстані, які є інтегровані у блок забезпечення процесу доїння (БЗПД) [37]. На рис. 3.14 наведена конструкція автоматичної системи ідентифікації дійних тварин інтегрованої у стійлову доільну установку.

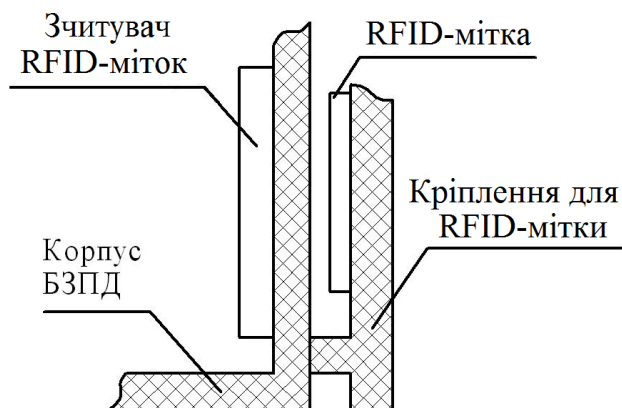


Рисунок 3.14 – Конструкція автоматичної системи ідентифікації дійних тварин інтегрованої у стійлову доільну установку

Матеріал корпусу БЗПД виготовляють з такого матеріалу, щоб забезпечувалося радіопрозорість сигналу. RFID-мітка за допомогою оператора розміщується навпроти дійної тварини в БЗПД. Надійність зчитування

інформація дуже висока, тому що RFID-мітка розташована паралельно зчитувача на мінімальній відстані.

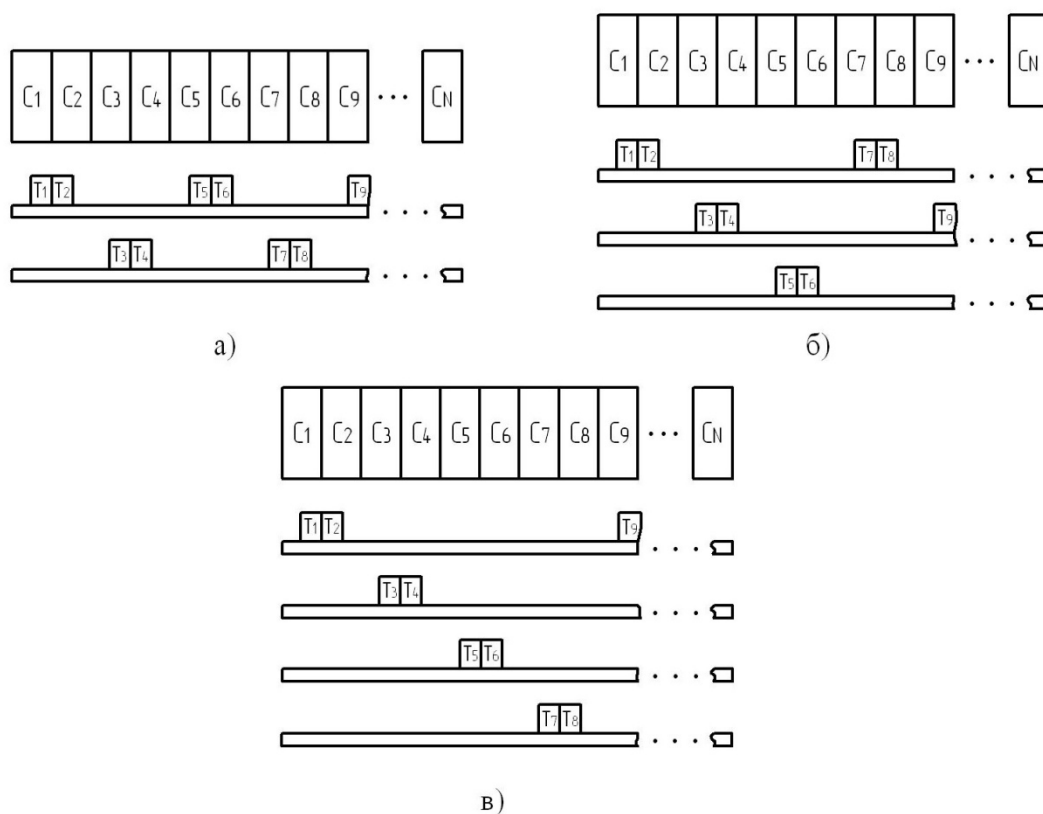


Рисунок 3.15 – Розміщення компонентів автоматичної системи ідентифікації дійних тварин у стійловій доїльній установці за різної кількості доїльних апаратів: а – два доїльних апарати; б – три доїльних апарати; в – чотири доїльних апарати

Стійлові місця  $C_1, C_2 \dots C_N$  доїльної установки і RFID-мітки  $T_1, T_2 \dots T_N$ , що відповідають ідентифікованим дійним тваринам з номером наведені на рис. 3.15. При розміщенні дійних тварин в двох сумісних установках, потребується лише один вакуумний кран, який під'єднується до доїльного апарата. Проте, слід зазначити, що для кожної дійної тварини в установці повинен бути БЗПД. Оператор має змогу переміщувати доїльний апарат у будь-яке стійлове місце.

Оператор направляє БЗПД у стійлове місце з дійною твариною, де проводиться процес доїння. Як тільки оператор підключить доїльний апарат до



мережі та серверу системи, відбудеться автоматичне зчитування RFID-мітки. Система встановлює номер дійної тварини та стійлової установки. Оператор повинен перевірити ідентифіковану інформацію, а у випадку помилки здійснити виправлення на місці з допомогою апарату вводу даних. Система заблокує процес доїння у випадку несправності одного з компонентів БКПД. Якщо тварину переводять в інше місце доїльної установки чи взагалі групу, то оператор змінює місце зафіксованої RFID-мітки і система автоматично розпізнає дійну тварину в зміненому місці.

З проаналізованої інформації випливає, що система автоматичної ідентифікації потребує чітких регламентованих дій з боку оператора. Оскільки оператор може проконтролювати цей процес з високою достовірністю даних. Підвищується не тільки надійність але й ефективність роботи молочної ферми [38].

Висновки до розділу.

1) Розглянуто засіб контролю проходження тварин за допомогою оптичної ідентифікації, що підвищує достовірність контрольованих параметрів та інформації.

2) Розглянуто метод контролю тварин за допомогою чесальної установки, що надає вчасно інформацію про стан тварини і відповідно своєчасного лікування.

3) Розглянуто засіб ідентифікації з двоконтурною ортогональною антеною, що збільшує достовірність зчитування RFID-міток та усуває ряд недоліків використання пасивних міток.

4) Розглянуто засіб автоматичної ідентифікації з використанням зчитувача малого радіусу дії, що суттєво підвищує достовірність інформації про дійну тварину.

## **4 МЕТОДИКИ СЕРТИФІКАЦІЇ ЗАСОБІВ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ДІЙНИХ ТВАРИН**

Поняття обов'язкової сертифікації на сьогоднішній день немає у зв'язку з європейською інтеграцією. На зміну обов'язкової сертифікації з'явилося підтвердження відповідності продукції технічним регламентам або оцінка відповідності [39].

Технічні регламенти містять у собі певні обов'язкові вимоги до продукції. Вони створені для забезпечення безпеки людей, тварин, національної безпеки, охорони природних ресурсів та довкілля.

Розроблені методики базуються на стандартах ISO та національних технічних регламентів. Технічні регламенти містять певні процедури оцінки відповідності згідно їх модулів.

### **4.1 Огляд основних технічних заходів та методів з оцінки відповідності**

Процедура сертифікації засобів ідентифікації містить у собі елементи оцінки відповідності та добровільної сертифікації. Добровільна сертифікація проводиться на основі нормативних документів, що містять вимоги до продукції, а оцінка відповідності на основі технічних регламентів, що є обов'язковими вимогами державного нагляду. Здійснювати сертифікацію мають право призначені центральним органом виконавчої влади (ЦОВВ) органи з оцінки відповідності (ООВ). В різних випадках ЦОВВ має право призупинити, анулювати чи поновлювати роботу ООВ.

Національне агентство з акредитації України (НААУ) є ЦОВВ. НААУ керується вимогами до ООВ із національних стандартів [40].

Вимоги до продукції встановлюються ТР та стандартами. Перевірка проводиться за допомогою аналізу і оцінки параметрів продукції та шляхом її

випробувань. Вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій описані у чинному стандарті ISO/IEC 17025:2017.

Відповідність ТР визначається шляхом вибору модуля, тобто процедури для підтвердження відповідності продукції заданим вимогам. Розроблені процедури оцінки відповідності продукції основані на постанові Кабінету Міністрів України від 13.01.2016 (ред. від 10.04.2019) № 95 [41].

У нашому випадку, кінцевий результат процедури оцінки відповідності передбачає видачу виробнику сертифіката перевірки типу та сертифіката відповідності.

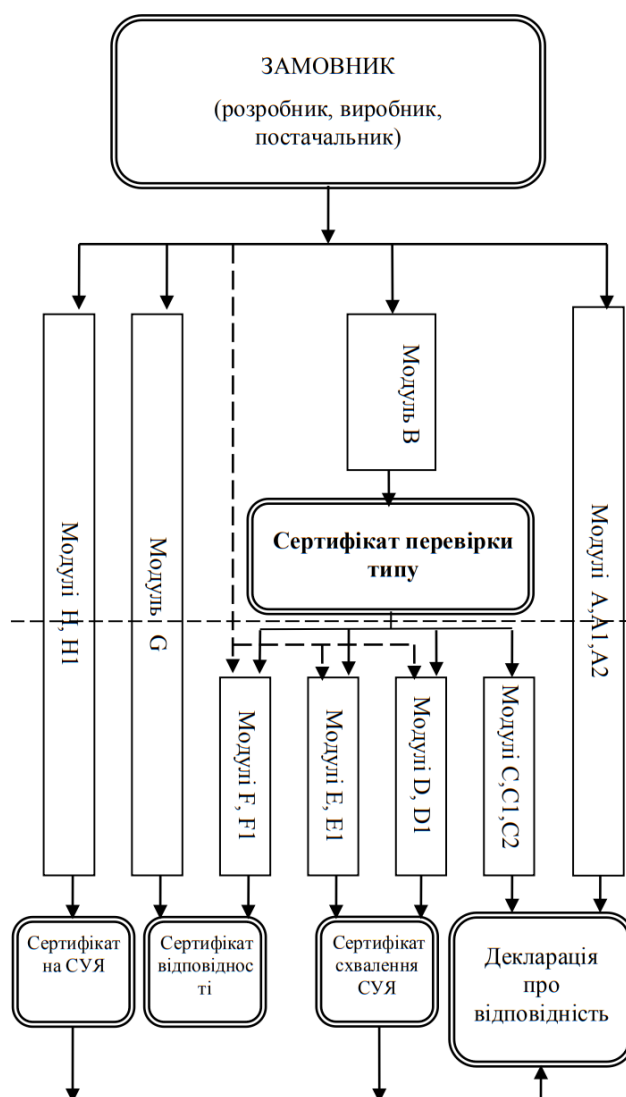


Рисунок 4.1 – Схема процедури оцінки відповідності згідно модулів

Загальна схема процедури оцінки відповідності згідно модулів наведена на рис. 4.1. На вибір модуля впливає ТР та власний вибір виробника з поміж визначених у ТР.

Розглянемо модулі, що можуть застосовуються безпосередньо при оцінки відповідності засобів ідентифікацій дійних тварин.

Модуль А передбачає внутрішній контроль виробництва. Виробник несе відповідальність за дотриманням суттєвих вимог, описаних у ТР. ООВ у такому випадку не залучається. Виробник складає декларацію про відповідність та зберігає протягом 10 років.

Модуль А1 передбачає внутрішній контроль виробництва та контрольовані випробування продукції. Доповнений модулем А, але різниця полягає у можливому залученні ООВ, проведені випробувань та маркуванням знаку відповідності з ідентифікаційним номером.

Модуль А2 передбачає внутрішній контроль виробництва та контрольовані випробування продукції через певний інтервал часу. Такий же, як і модуль А1, однак випробування проводяться з певним інтервалом часу. Контроль проводить акредитована вимірювальна лабораторія виробника чи ООВ.

Модуль В передбачає перевірку типу. Виробник складає технічну документацію, а ООВ перевіряє технічний проект продукції, приймає і засвідчує її відповідність вимогам ТР. На етапі проектування ООВ проводить експертизу технічної документації, перевіряє типовий зразок з метою підтвердження його виготовлення згідно з технічним проектом.

Модуль С передбачає відповідність типові за результатами внутрішнього контролю виробництва. Охоплює етап виробництва, але потребує сертифікат перевірки типу, який отримується за допомогою модуля В. У такому випадку встановлюється, що продукція відповідає типовому зразку і вимогам ТР. Не потребується додаткових документів, оскільки вони повинні були наданні при оцінці відповідності за модулем В.

Модуль С1 визначає відповідність типові за результатами внутрішнього контролю виробництва та випробування продукції. Усі ланки процесу оцінки відповідності такі ж, як і у модуля С. Різниця полягає у проведенні додаткових випробувань властивостей, що характерні кожному зразку продукції з метою перевірки його відповідності вимогам ТР.

Модуль С2 визначає відповідність типові за результатами внутрішнього контролю виробництва та перевірки продукції через довільні інтервали часу. Модуль С2 такий же, як і модуль С, однак має додаткову вимогу в якості проведення перевірки продукції під наглядом через певний інтервал часу.

Для засобів радіочастотної ідентифікації, основним параметрами при оцінці відповідності є робоча відстань дії зчитувача, взаємне розташування, структура коду RFID-мітки, частота засобу, час поля активації і швидкість передачі даних. Основними параметрами засобів оптичної ідентифікації є діапазон інфрачервоного випромінювання, час затримки, відстань до об'єкта та кут виявлення. Слід відзначити, що у роботі використовується новий ДСТУ ISO 24631-1:2019, який почав діяти 01.09.2019 р. Даний стандарт містить вимоги до радіочастотної ідентифікації тварин.

#### **4.2 Процедура методики оцінки відповідності (сертифікації) засобів ідентифікації дійних тварин**

Типовий зміст технічної документації повинен складатися із опису засобу ідентифікації (зовнішній вигляд, внутрішнє розташування і т.д.), технічного проекту (креслення, схеми і т.д.), необхідні пояснення технічного проекту, перелік стандартів, результати експериментальних розрахунків, протоколи випробувань та інші примітки, що стосуються сертифікації.

Процедура методики оцінки відповідності засобів радіочастотної ідентифікації дійних тварин великого радіуса дії складається з таких етапів:

1) На етапі проектування, виробник, подає заявку до ОВВ, складену технічну документацію із роз'ясненням конструктивних особливостей засобу радіочастотної ідентифікації та їх зразків для проведення випробувань.

2) Перевірка заявки на унікальність. Заявка може бути направлена лише в один ООВ. Її реєструють та розглядають впродовж трьох днів.

3) Початок проведення оцінки відповідності за модулем В.

4) Призначення відповідних експертів ООВ для проведення оцінки відповідності. Органи, що здійснюють оцінку відповідності, із затвердженням НААУ, висуваються вимоги описані у ISO/IEC 17065:2012 [42].

5) ООВ перевіряє та аналізує надану документацію.

6) Перевірка відповідності продукції ТР №355. Якщо продукція не відповідає вимогам ТР №355, то виробнику надсилається звіт від експертної групи та випробувальної лабораторії. При цьому надається роз'яснення у випадку усунення суттєвих порушень та складається прас-лист на повторний цикл оцінки відповідності [43].

7) Перевірка відповідності продукції чинним стандартам. Засоби радіочастотної ідентифікації великого радіуса дії регламентуються такими стандартами: ДСТУ ISO 24631-1:2019 (ISO 24631-1:2017, IDT), ДСТУ ISO 24631-2:2019 (ISO 24631-2:2017, IDT), ДСТУ ISO 24631-3:2019 (ISO 24631-3:2017, IDT), ДСТУ ISO 24631-4:2019 (ISO 24631-4:2017, IDT), ДСТУ ISO 24631-6:2019 (ISO 24631-6:2011, IDT) та ДСТУ CISPR/TR 28:2009 (CISPR/TR 28:1997, IDT). Аналогічно у випадку невідповідності виробнику надсилається звіт.

8) Звіт про експертизу оцінювання відповідності.

9) Видача сертифікату експертизи типу засобу радіочастотної ідентифікації дійних тварин великого радіуса дії.

10) На етапі початку виробництва, проводиться оцінка відповідності за модулем С. Модуль передбачає внутрішній контроль виробництва для забезпечення відповідності типу, оціненим при проектуванні засобу.

11) Нанесення знаків відповідності. Зазвичай, на засоби радіочастотної ідентифікації наносять знаки відповідності на упаковку та зчитувач. Регламентується постановою КМУ «Про затвердження форми, опису знака відповідності TP, правил та умов його нанесення» [44].

12) Оформлення декларації відповідності продукції затвердженому типу, зазначеному в сертифікаті перевірки типу, і вимогам TP і ISO.

13) Виробник повинен інформувати призначений ООВ, який зберігає технічну документацію, про усі спроби модифікації затвердженого типу засобу радіочастотної ідентифікації, за умови можливого впливу на відповідність вимогам TP та ISO. Тому, модифікації продукції потребують нової оцінки відповідності і його затвердження. За умови, коли модифікації не впливають на основні параметри, то оцінку відповідності проводити не потрібно.

Схема методики оцінки відповідності засобів радіочастотної ідентифікації дійних тварин великого радіуса дії наведена у Додатку Б.

Процедура методики оцінки відповідності засобів радіочастотної ідентифікації дійних тварин малого радіуса дії схожа з вище розглянутою, але з деякими відмінностями. Складається методика з таких етапів:

1) На етапі проектування, виробник, подає заявку до ОВВ та складає технічну документацію із роз'ясненням конструктивних особливостей засобу радіочастотної ідентифікації.

2) Перевірка заявки на унікальність та правильність складання технічної документації. ООВ реєструють та розглядають впродовж трьох днів.

4) Оцінка за модулем А на основі внутрішнього контролю виробництва.

5) Відповідність продукції TP №355 гарантує і заявляє під свою відповідальність виробник. Якщо продукція не відповідає вимогам, то продукцію вилучають з обігу чи забороняють реалізовувати.

6) Відповідності продукції чинним стандартам. Засоби радіочастотної ідентифікації малого радіуса дії регламентуються такими стандартами: ДСТУ ETSI EN 301489-1 V1.9.2:2014 (ETSI EN 301489-1 V1.9.2, IDT), ДСТУ ETSI EN 301489-3:2009 (ETSI EN 301489-3:2002, IDT), ДСТУ ISO 24631-1:2019 (ISO

24631-1:2017, IDT), ДСТУ ISO 24631-2:2019 (ISO 24631-2:2017, IDT), ДСТУ ISO 24631-3:2019 (ISO 24631-3:2017, IDT), ДСТУ ISO 24631-4:2019 (ISO 24631-4:2017, IDT), ДСТУ ISO 24631-6:2019 (ISO 24631-6:2011, IDT), ДСТУ CISPR/TR 28:2009 (CISPR/TR 28:1997, IDT) та ДСТУ ETSI EN 300330-2:2015 (ETSI EN 300330-2:2010, IDT). Так само виробник гарантує відповідність продукції заданим вимогам, що описані регламентованими стандартами.

7) Оформлення декларації про відповідність. Виробник оформлює декларацію про відповідність для кожного типу засобу радіочастотної ідентифікації та зберігає протягом 10 років.

8) Нанесення знаків відповідності. Відмінність від попередньої методики у тому, що маркування наноситься з ідентифікаційним номером і до введення в обіг.

9) Модифікації засобу радіочастотної ідентифікації дійних тварин малого радіусу дії. За умови, коли модифікації не порушують вимоги TP та ISO, то оцінку відповідності спочатку проводити не потрібно. В протилежному випадку потрібно знову провести оцінку відповідності, оскільки виробник несе відповідальність за продукцію, що реалізовується на ринку.

Схема методики оцінки відповідності засобів радіочастотної ідентифікації дійних тварин малого радіусу дії наведена у Додатку В.

Методика сертифікації засобів оптичної ідентифікації дійних тварин проводиться без застосування TP. Складається методика з таких етапів:

1) Виробник, подає заявку до ООВ. Також надається зразок та уся необхідна інформація, що стосується продукції.

2) ООВ аналізує наданні документи та повідомляє про терміни, витрати і хід дій сертифікації. Після чого ООВ приймає рішення по заявці виробника.

3) ООВ передає у випробувальну лабораторію зразки продукції для проведення сертифікаційних випробувань.

4) Перевірка на відповідність чинним стандартам. Випробувальна лабораторія здійснює перевірку за стандартами: ISO 20473:2007, ДСТУ EN



61000-3-3:2017 (EN 61000-3-3:2013, IDT; IEC 61000-3-3:2013, IDT), ДСТУ EN 55014-2:2017 (EN 55014-2:2015, IDT; CISPR 14-2:2015, IDT).

5) За позитивних результатів перевірки, виробнику видається сертифікат відповідності.

6) Здійснення модифікацій засобу оптичної ідентифікації дійних тварин. Якщо, модифікації не порушують вимоги, що регламентовані у процесі перевірки, то сертифікацію проводити знову не потрібно. В протилежному випадку виробник повинен припинити постачати продукцію на ринок збуту і пройти сертифікацію.

Схема методики оцінки відповідності засобів радіочастотної ідентифікації дійних тварин малого радіусу дії наведена у Додатку Г.

Використання міжнародних стандартів, що визнані в більшості країн світу дозволить вітчизняним виробникам підвищити якість продукції та відкрити нові ринки збуту. У відповідності до ТР, вимоги, що викладені в гармонізованих міжнародних стандартах надають презумпцію відповідності.

Висновки до розділу.

1) Створено процедуру оцінки відповідності засобів радіочастотної ідентифікації дійних тварин великого радіусу дії на основі технічного регламенту №355, ряду міжнародних та державних стандартів.

2) Створено процедуру оцінки відповідності засобів радіочастотної ідентифікації дійних тварин малого радіусу дії на основі технічного регламенту №355, ряду міжнародних та державних стандартів.

3) Створено процедуру сертифікації засобів оптичної ідентифікації дійних тварин на основі ряду міжнародних та державних стандартів.

4) Усі методики мають спрощену процедуру сертифікації за рахунок описаних характеристик, що впливають на достовірність ідентифікації дійних тварин.

## 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Економічна частина магістерської роботи включає економічні розрахунки розроблених методик засобів ідентифікації дійних тварин, які обґрунтовують економічну доцільність та ефективність впровадження отриманих результатів. Мета – зменшення витрат на реалізацію в сучасних умовах сертифікації та виробництва. Виконання наукових та науково-технічних робіт в області сертифікації засобів ідентифікації дійних тварин повинні супроводжуватися і прогнозуванням комерційних ефектів наукових розробок.

### 5.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

Метою проведення технологічного аудиту є оцінювання комерційного потенціалу розробки, створеної в результаті науково-технічної діяльності, а саме методик сертифікацій засобів ідентифікації дійних тварин, що впливають опосередковано на якість кінцевого продукту. Розглядаються два типи ідентифікації: радіочастотна та оптична ідентифікація дійних тварин на молочній фермі.

Для проведення технологічного аудиту залучено троє незалежних експертів Вінницького національного технічного університету, в нашому випадку такими експертами будуть керівник магістерської роботи та провідні викладачі випускової кафедри: д.т.н. проф. кафедри метрології та промислової автоматики (МПА) Кулаков П. І., к.т.н. доц. кафедри МПА Маньковська В. С., к.т.н. ст.в. кафедри МПА Дудатьєв І. А.

Критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки за 12-а критеріями наведено у таблиці Д.1. Критерії оцінювання складаються з важливих категорій, такі як: технічна здатність концепції, ринкові переваги, недоліки та перспективи і практична здійсненність.

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки групою експертів внесемо до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Прізвище, ініціали, посада експерта		
	проф. Кулаков П. І.	к.т.н. доц. Маньковська В. С.	к.т.н. ст. в. Дудатьєв І. А.
	Бали, виставлені експертами		
1	4	3	4
2	4	4	4
3	3	3	3
4	3	4	4
5	2	3	3
6	4	3	3
7	3	2	3
8	3	4	3
9	2	3	3
10	4	4	4
11	5	4	4
12	4	3	4
<b>Сума балів</b>	<b>41</b>	<b>40</b>	<b>42</b>
Середньоарифметична сума балів $\overline{CB}$	41		

За даними з таблиці 5.1 рівень комерційного потенціалу розробки оцінюється за використанням рекомендацій, які наведені у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Рівні комерційного потенціалу розробки

Середньоарифметична сума балів, розрахована на основі висновків експертів	Рівень комерційного потенціалу розробки
0 – 10	Низький
11 – 20	Нижче середнього
21 – 30	Середній
31 – 40	Вище середнього
41 – 50	Високий

Оскільки, середньоарифметична сума балів складає 41, то рівень комерційного потенціалу розробки високий, тому дана розробка є реальною для подальшої її реалізації.

Реалізація методик сертифікації бажана із залученням державних органів, що регулюють сферу технічного нагляду. Оскільки, деякі вимоги, які описані у методиці є обов'язковими. Застосовувати методику можуть усі типи підприємств.

Актуальність розробки у зв'язку з європейською інтеграцією є досить актуальною та відкриє нові ринки збуту для виробників засобів ідентифікації дійних тварин. Достовірність систем ідентифікації впливають на контроль параметрів дійних тварин. На основі контролю параметрів можна виявити хвору тварину. Також засоби ідентифікації зменшують кількість ручної роботи персоналу. Ці фактори, досить вагомо впливають на ціну молока.

Технічна розробка може бути здійснена за невеликий проміжок часу. Розроблена методика сертифікації, відповідає міжнародним стандартам. Виробники зможуть наносити знаки відповідності продукції та реалізовувати її в інших країнах. Засіб ідентифікації відповідає ТР №355, а отже не повинен викликати завади у роботі інших важливих систем радіочастотного ресурсу України. Розроблена схема в кінцевому випадку, опосередковано діє на якість молока. Це зумовлено засобам ідентифікації тварин, які здійснюють вимірювання та контроль ряду важливих параметрів дійних тварин.

В даній розробці зацікавлене підприємства з виробництва засобів ідентифікацій та молочні ферми, де використовуються такі засоби.

## 5.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи

Основна заробітна плата кожного із дослідників  $z_0$ , якщо вони працюють в наукових установах бюджетної сфери визначається за формулою:

$$z_0 = \frac{M}{T_p} \cdot t, \quad (5.1)$$

де  $M$  – місячний посадовий оклад конкретного розробника, грн.

$T_p$  – число робочих днів в місяці. Приблизно  $T_p = 21$  і  $23$ . Приймаємо  $T_p = 21$  день;

$t$  – число днів роботи розробника. Серед розробників у даному випадку: керівник дипломного проекту та інженер-метролог.

Дану розробку буде проводити інженер, величина окладу буде становити 6260 грн. на місяць. Кількість робочих днів у місяці складає 21, а кількість робочих днів дослідника складає 37. Сумарні розрахунки зведені до таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Заробітна плата дослідника в науковій установі бюджетної сфери

Найменування посади виконавця	Місячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн
Керівник проекту	10000	476,19	5	2380,95
Інженер	6260	298,10	37	11029,70
Всього				13410,65

Розрахунок додаткової заробітної плати робітників. Додаткова заробітна плата становить 10÷12% від основної заробітної плати всіх розробників і робітників. Прийmemo додаткову заробітну плату у розмірі 10 % від основної заробітної плати:

$$Z_o = 0,1 \cdot Z_{ос} \quad (5.2)$$

$$Z_{\mathcal{I}} = 0,1 \cdot 13410,65 = 1341,07 \text{ (грн)}$$

Нарахування на заробітну плату  $H_{зп}$  дослідників, які брали участь у виконанні даного етапу роботи, розраховуються за формулою:

$$H_{зп} = (Z_o + Z_{\mathcal{I}}) \cdot \frac{\beta}{100} \text{ (грн)} \quad (5.3)$$

де  $Z_o$  – основна заробітна плата розробників, грн.;

$Z_d$  – додаткова заробітна плата всіх розробників та робітників, грн.;

$\beta$  – ставка єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування, %.

Ставка єдиного внеску на складає  $\beta \approx 22$  %, тоді:

$$H_{зп} = (13410.65 + 1341.07) \cdot \frac{22}{100} = 3245.38 \quad (\text{грн})$$

Отже, нарахування на заробітну плату складають 3245,38 грн.

Амортизація обладнання, комп'ютерів та приміщень, які використовувались для виконання даного етапу роботи.

У спрощеному вигляді амортизаційні відрахування  $A$  в цілому будуть розраховані за формулою:

$$A = \frac{Ц}{T_{кор}} \cdot \frac{T}{12} \quad (\text{грн}) \quad (5.4)$$

де  $Ц$  – загальна балансова вартість всього обладнання, приміщень тощо, що використовувались для виконання даного етапу роботи, грн.;

$T_{кор}$  – Термін корисного використання, р.;

$T$  – термін, використання обладнання, приміщень тощо, місяці.

Усі розрахунки зводимо до таблиці 4.6.

Таблиця 5.4 – Амортизаційні відрахування обладнання та приміщень

Найменування обладнання, приміщень	Балансова вартість, грн.	$T_{кор}$ , роки	Термін використання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн.
ЕОМ	15750	2	2	1312,50
Принтер	3250	2	2	270,83

Приміщення	150000	20	2	1250,00
Всього				2833,33

Витрати на силову електроенергію  $V_E$  розраховуються за формулою:

$$V_E = V \cdot P \cdot \Phi \cdot K_n \quad (\text{грн}), \quad (5.5)$$

де  $V$  – вартість 1 кВт-години електроенергії. На даний момент ця вартість становить  $V = 2,059$  грн./кВт;

$P$  – установлена потужність обладнання, кВт;

$\Phi$  – фактична кількість годин роботи обладнання;

$K_n$  – коефіцієнт використання потужності,  $K_n < 1$

Розробка та виготовлення дослідного зразка проводиться в лабораторному приміщенні. Дані стосовно проведених робіт та встановленої потужності обладнання наведено в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Проведення робіт та встановлення потужності обладнання

Найменування обладнання	Кількість годин роботи, год.	Встановлена потужність, кВт	Коефіцієнт використання потужності	Витрати на електроенергію, грн
Комп'ютер	140	0,5	1	144,13
Принтер	2	0,36	0,5	0,74
Освітлення приміщення	47	0,4	1	38,71
Всього				183,58

Отже, витрати на силову енергію становлять 183,58 грн.

Інші витрати  $V_{IH}$  прийнято як 100% від суми основної заробітної плати розробників та робітників, які виконували дану роботу, тобто за формулою:

$$V_{IH} = Z_o \cdot 100\% \quad (\text{грн}) \quad (5.6)$$

$$B_{IH} = 13410,65 \cdot 1 = 1341,07 \text{ (грн)}$$

Сума всіх попередніх витрат дає загальні витрати на розробку приладу, вона становить:

$$B = Z_0 + Z_d + H_{3П} + A + B_E + B_{IH}, \quad (5.7)$$

$$B = 13410,65 + 1341,07 + 3245,38 + 2833,33 + 183,58 + 13410,65 = 34424,66 \text{ (грн)}$$

Отже, загальні витрати на розробку даного етапу роботи складають – 34424,66 грн.

Загальна вартість всієї наукової роботи  $B_{3AG}$  визначається за формулою:

$$B_{3AG} = \frac{B}{\alpha} \text{ (грн)}, \quad (5.8)$$

де  $\alpha$  – частка витрат, які безпосередньо здійснює виконавець даного етапу роботи, у відносних одиницях,  $\alpha = 0,7$ .

$$B_{3AG} = \frac{34424,66}{0,7} = 49178,09 \text{ (грн)},$$

Прогнозування загальних витрат  $3B$  на виконання та впровадження результатів виконаної наукової роботи здійснюється за формулою:

$$3B = \frac{B_{3AG}}{\beta} \text{ (грн)}, \quad (5.9)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання даної роботи. В даному випадку, розробка знаходиться на стадії промислового зразка, а отже,  $\beta \approx 0,4$ .

$$3B = \frac{49178,09}{0,4} = 122945,23 \text{ (грн)},$$



Отже, загальні витрати складають 122945,23 грн.

### 5.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

У даному випадку не можливо прямо оцінити зростання чистого прибутку підприємства від впровадження результатів наукової розробки. Реалізація розробки та впровадження результатів наукової роботи очікується в продовж 2-ох років. Очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки на протязі 3-ох років.

Тоді, збільшення чистого прибутку підприємства  $\Delta\Pi_i$  і для кожного із років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки, розраховується за наступною формулою:

$$\Delta\Pi_i = \sum_{i=1}^n \left( \Delta\Pi_0 \cdot N + \Pi_0 \cdot \Delta N \right)_n \cdot \lambda \cdot \rho \left( 1 - \frac{\nu}{100} \right), \quad (5.10)$$

де  $\Delta\Pi_0$  – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році;

$N$  – основний кількісний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році до впровадження результатів наукової розробки;

$\Pi_0$  – основний оціночний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році після впровадження результатів наукової розробки;

$\Delta N$  – покращення основного кількісного показника діяльності підприємства від впровадження результатів розробки;

$n$  – кількість років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки;

$\lambda$  – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість, ПДВ = 20%, тоді  $\lambda = 0,8333$  ;

$\rho$  – коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту, прийmemo 0,3;

$\nu$  – ставка податку на прибуток, що складає 18%.

В середньому в рік виробляється близько 90000 літрів молока. Середня вартість 1 літру молока становить 20 грн.

Впровадження методики сертифікації засобів ідентифікації дійних тварин дозволяє збільшити ціну кінцевого продукту молочної ферми на 10 грн, враховуючи ціни конкурентів. Також, прогнозується, що попит на даний продукт зросте, оскільки даний продукт відрізняється якістю від конкурентних.

Попит збільшиться за перший рік на 2500 літрів, за другий – на 1500 літрів, а на протязі третього року – ще на 1000 літрів.

Отже, розрахуємо збільшення чистого прибутку підприємства на 2019 – 2021 рр.:

$$\Delta\Pi_{2019} = (10 \cdot 90000 + (20 + 10) \cdot 2500) \cdot 0,83 \cdot 0,3 \cdot \left(1 - \frac{20}{100}\right) = 199874,20 \quad (\text{грн})$$

$$\Delta\Pi_{2020} = (10 \cdot 90000 + (20 + 10) \cdot (2500 + 1500)) \cdot 0,83 \cdot 0,3 \cdot \left(1 - \frac{20}{100}\right) = 209099,16 \quad (\text{грн})$$

$$\Delta\Pi_{2021} = (10 \cdot 90000 + (20 + 10) \cdot (2500 + 1500 + 1000)) \cdot 0,83 \cdot 0,3 \cdot \left(1 - \frac{20}{100}\right) = 215249,14 \quad (\text{грн})$$

#### **5.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності**

Розрахуємо теперішню вартість інвестиції PV, що вкладаються в наукову розробку. Такою вартістю будемо вважати прогнозовану величину загальних витрат ZB на виконання та впровадження науково-дослідної роботи. Тобто, будемо вважати, що  $PV = ZB$ .

Далі розрахуємо очікуване збільшення прибутку, що отримає підприємство від впровадження результатів наукової розробки. Таке збільшення прибутку було розраховано у попередньому підрозділі.

Будуємо вісь часу, на яку нанесемо всі платежі (інвестиції та прибутки). Загальні витрати необхідно внести на першому році дослідження. Результати інвестицій почнуть виявлятися через два роки, і будуть тривати три роки. За перший рік збільшення чистого прибутку відбудеться на 199874,20 грн., за другий рік – на 209099,16 грн. та за третій рік – на 215249,14 грн.

Тоді рисунок, що характеризує рух платежів (інвестицій та додаткових прибутків) буде мати вигляд, наведений на рисунку 5.1.

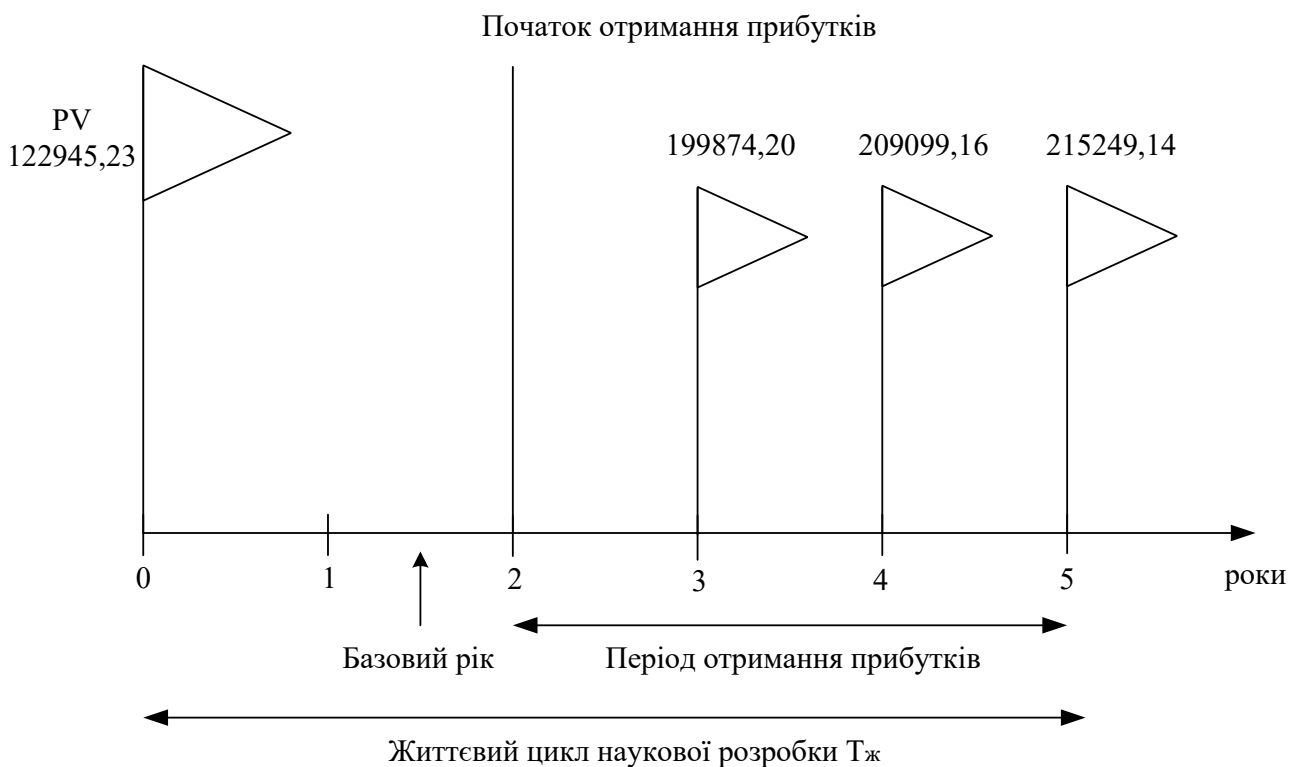


Рисунок 5.1 – Вісь часу з фіксацією платежів, що мають місце під час розробки та впровадження результатів НДДКР

Абсолютна ефективність вкладених інвестицій розраховується за формулою:

$$E_{abc} = (ПП - PV) \quad (\text{грн.}), \quad (5.11)$$

де  $ПП$  – приведена вартість всіх чистих прибутків, що їх отримає підприємство (організація) від реалізації результатів наукової розробки, грн.;

$PV$  – теперішня вартість інвестицій;  $PV = ЗВ$ .

У свою чергу, приведена вартість всіх чистих прибутків  $ПП$  розраховується за формулою:

$$ПП = \sum_{i=1}^b \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^i} \quad (\text{грн.}), \quad (5.12)$$

де  $\Delta\Pi_i$  – збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої науково-дослідної роботи, грн.;

$m$  – період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої наукової роботи, роки;

$\tau$  – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні;

$t$  – період часу (в роках) від моменту отримання чистого прибутку до точки „0”.

Період часу, протягом якого виявляються результати впровадження НДДКР, складає 2 роки. Щорічний рівень інфляції в Україні за 2019 рік становить 0,063, а за інші прогнозовані роки – 0,05. Розрахуємо приведену вартість всіх чистих прибутків:

$$ППП = \frac{199874,20}{(1+0,063)^3} + \frac{209099,16}{(1+0,05)^4} + \frac{215249,14}{(1+0,05)^5} = 539005,51 \quad (\text{грн.}).$$

Абсолютна ефективність вкладених інвестицій:

$$E_{абс} = (539005,51 - 122945,23) = 416060,28 \quad (\text{грн.}).$$

Оскільки  $E_{абс} > 0$ , то результат від наукових досліджень та їх впровадження принесе прибуток, тобто вкладання коштів на виконання та впровадження результатів науково-дослідної роботи може бути доцільним та інвестор буде зацікавлений у фінансуванні даної роботи.

Відносна (щорічна) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій  $E_B$  розрахуємо за формулою:

$$E_B = \sqrt[T_{жс}]{1 + \frac{E_{абс}}{PV}} - 1, \quad (5.13)$$

де  $E_{абс}$  – абсолютна ефективність вкладених інвестицій, грн.;

$PV$  – теперішня вартість інвестицій  $PV = 3B$ , грн.;

$T_{жс}$  – життєвий цикл наукової розробки, роки.

$$E_B = \sqrt[5]{1 + \frac{416060,28}{122945,23}} - 1 = 34,39\%$$

Далі, розрахована величина  $E_B$  порівнюється з мінімальною (бар'єрною) ставкою дисконтування, що дорівнює:

$$\tau = d + f, \quad (5.14)$$

де  $d$  – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках;

$f$  – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина  $f = 0,05 \dots 0,1$ .

Середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках складає 0,15, а показник, що характеризує ризикованість вкладень дорівнює 0,1. Розрахуємо мінімальну ставку дисконтування:

$$\tau = 0,15 + 0,1 = 0,25 = 25\%$$

Відносна (щорічна) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій  $E_B$ , що дорівнює 34,39% перевищує мінімальну (бар'єрну) ставку дисконтування  $\tau_{\min}$ , яка складає 25%. А це означає, що інвестор може бути зацікавлений у фінансуванні даної наукової розробки.

Термін окупності вкладених у реалізацію проекту інвестицій  $T_{ок}$  можна розрахувати за формулою:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_B} \quad (5.15)$$

$$T_{ок} = \frac{1}{0,3439} = 2,91 \text{ років}$$

Оскільки  $T < 5$  -х років, то фінансування розробки є доцільним.

Беручи до уваги попередній аналіз та усі розрахунки, вкладення інвестицій в розробку можна вважати вигідною. А тому, продукт може бути конкурентним на ринку, попит на покращений продукт зросте, а завдяки

покращенню його характеристик ціна також може бути збільшена. Завдяки цьому підприємство буде мати позитивну динаміку росту прибутку у найближчих роках після впровадження розробки. Абсолютна ефективність вкладених інвестицій перевищує нуль, що також вказує на позитивний результат від вкладення інвестицій. Крім цього, відносна ефективність вкладених інвестицій перевищує мінімальну ставку дисконтування. Розрахунки показують, що окупність даного проекту складає менше трьох років, що також є позитивним фактором для інвестування проекту.

## ВИСНОВОК

У першому розділі проведено аналіз основних систем ідентифікації дійних тварин. Розглянуто комбіновані системи із використанням радіочастотної та оптичної ідентифікації дійних тварин. Визначено основні вимоги до ідентифікації дійних тварин з боку технічного регламенту та стандартів.

У другому розділі проаналізовано основні проблеми достовірності оптичної та радіочастотної ідентифікації. Визначено способи підвищення достовірності засобів ідентифікації дійних тварин.

У третьому розділі розглянуто основні методи та засоби ідентифікації дійних тварин, що мають високу достовірність.

У четвертому розділі розроблено три нові методики сертифікації засобів ідентифікації дійних тварин для виробників.

1. Процедура оцінки відповідності засобів радіочастотної ідентифікації дійних тварин великого радіусу дії на основі технічного регламенту №355, ряду міжнародних та державних стандартів.

2. Процедура оцінки відповідності засобів радіочастотної ідентифікації дійних тварин малого радіусу дії на основі технічного регламенту №355, ряду міжнародних та державних стандартів.

3. Процедура сертифікації засобів оптичної ідентифікації дійних тварин на основі ряду міжнародних та державних стандартів.

У п'ятому розділі було підтверджено, що розроблені методики позитивно впливають на економічні показники молочних ферм. Визначено доцільністю розробки. Через спрощену процедуру сертифікації зменшуються витрати та час сертифікації за рахунок описаних характеристик, що впливають на достовірність ідентифікації дійних тварин.

Розвиток методик сертифікацій є досить актуальною, оскільки процес ідентифікації дійних тварин може підвищити якість кінцевого продукту та допоможе вітчизняним виробникам реалізовувати свою продукцію у світі, базуючись на гармонізованих європейських стандартах і технічних регламентів.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кулаков П.І. Методи та засоби контролю параметрів технологічного процесу виробництва коров'ячого молока: дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук / П.І. Кулаков – Вінниця: ВНТУ, 2016. – 8 с.

2. Optical Identification System / Siemens. – Режим доступу: <https://new.siemens.com>.

3. Волков, В. А. Справочник по приемникам оптического излучения / В. А. Волков, В. К. Вялов, Л. Г. Гассанов [и др.]. – К. : Техніка, 1985. – 216 с.

4. Кучерук, В. Ю. Підвищення достовірності ідентифікації тварин у інформаційно-вимірювальних системах контролю зоотехнічних параметрів / В. Ю. Кучерук, Є . А. Паламарчук, П. І. Кулаков // Методи та прилади контролю якості. – 2014. – № 2 (33). – С. 115–122.

5. RFID Journal / RFID journal LLC. – Режим доступу : <http://www.rfidjournal.com>.

6. Узагальнені умови застосування радіоелектронних засобів та випромінювальних пристроїв для деяких радіо технологій/видів РЕЗ, які схвалені рішенням НКРЗІ від 12.01.2012 №18 (станом на 26.09.2017) / НКРЗІ – Режим доступу: <https://nkrzi.gov.ua>.

7. ISO 11784. Radiofrequency identification of animals / International Standard Organization. – Режим доступу : <http://www.iso.org>.

8. ISO 11785. Radiofrequency identification of animals – Technical concept / International Standard Organization. – Режим доступу : <http://www.iso.org>.

9. ISO 14223. Radiofrequency identification of animals – Advanced transponders / International Standard Organization. – Режим доступу : <http://www.iso.org>.

10. ISO 24631-1:2017. Radiofrequency identification of animals – Part 1: Evaluation of conformance of RFID transponders with ISO 11784 and ISO 11785 / International Standard Organization. – Режим доступу : <http://www.iso.org>.

11. ISO 24631-2:2017. Radiofrequency identification of animals – Part 2: Evaluation of conformance of RFID transceivers with ISO 11784 and ISO 11785 / International Standard Organization. – Режим доступа : <http://www.iso.org>.

12. ISO 24631-3:2017. Radiofrequency identification of animals – Part 3: Evaluation of performance of RFID transponders conforming with ISO 11784 and ISO 11785 / International Standard Organization. – Режим доступа: <http://www.iso.org>.

13. ISO 24631-4:2017. Radiofrequency identification of animals – Part 4: Evaluation of performance of RFID transceivers conforming with ISO 11784 and ISO 11785 / International Standard Organization. – Режим доступа: <http://www.iso.org>.

14. ISO 24631-6:2011. Radiofrequency identification of animals – Part 6: Representation of animal identification information (visual display/data transfer) / International Standard Organization. – Режим доступа: <http://www.iso.org>.

15. CISPR/TR 28:1997. Industrial, scientific and medical equipment (ISM) – Guidelines for emission levels within the bands designated by the ITU / International Electrotechnical Commission – Режим доступа: <https://www.iec.ch>.

16. ISO 20473:2007. Optics and photonics – Spectral bands / International Standard Organization. – Режим доступа: <http://www.iso.org>.

17. IEC 61000-3-3:2013. Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-3: Limits – Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for equipment with rated current  $\leq 16$  A per phase and not subject to conditional connection/ International Electrotechnical Commission – Режим доступа: <https://www.iec.ch>.

18. CISPR 14-2:2015. Electromagnetic compatibility - Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus - Part 2: Immunity - Product family standard / International Electrotechnical Commission – Режим доступа: <https://www.iec.ch>.

19. Алексеев Е.Ю. Способ повышения помехоустойчивости в инфракрасных системах обнаружения / Е.Ю. Алексеев, В.А. Дудкин // Вестник Пензенского государственного университета. – 2016. – №2 (14). – С. 109-116.

20. Кучерук, В. Ю. Вплив помилок ідентифікації тварин на результати вимірювання їх зоотехнічних параметрів / В. Ю. Кучерук, Є. А. Паламарчук, П. І. Кулаков, А. А. Видмиш // Вісник інженерної академії України. – 2015. – № 1. – С. 55–59.

21. Прохоров, Ю. В. Теория вероятностей (Основные понятия. Предельные теоремы. Случайные процессы) / Ю. В. Прохоров, Ю. А. Розанов. – М. : Наука, 1973. – 495 с.

22. Поджаренко, В. О. Визначення необхідної точності вимірювання контрольованих параметрів / В. О. Поджаренко, В. Ю. Кучерук, П. І. Кулаков, В. М. Севастьянов, О. П. Войтович // Вісник інженерної академії України. – 2008. – № 3 – 4. – С. 259 – 263.

23. Джексон, Р. Г. Новейшие датчики / Р. Г. Джексон; пер. с англ. – М.: Техносфера. – 2007. – 384 с.

24. Тесленко, И. И. Поточно-конвейерные технологии в молочном животноводстве : автореф. дис. докт. техн. наук : / И. И. Тесленко; Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ). – М., 2010. – 483 с.

25. Тихонов, В. И. Статистическая радиотехника / В. И. Тихонов. – М. : Радио и связь, 1982. – 624 с.

26. Андрійчук В. І., Забавський Б. В. Лінійна алгебра. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2008. – 124 с.

27. Евсиков, Ю. А. Прикладные математические методы анализа в радиотехнике : учеб пособие / Ю. А. Евсиков, Г. В. Обрезков, В. Д. Разевиг. – М. : Высш. школа., 1985. – 343 с.

28. Бігдай І. Л. Методика оцінювання стану тварин на основі результатів вимірювання їх зоотехнічних параметрів: XLVII Науково-технічна конференція факультету комп'ютерних систем і автоматики (2018) – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua>.

29. Чесальна установка з системою радіочастотної ідентифікації тварини: Патент на корисну модель 102847 Україна: А01К 13/00 А46В 13/00 / Кучерук В. Ю., Паламарчук Є. А., Кулаков П. І., Гнесь Т. В. ; заявник та патентовласник Вінницький національний технічний університет ; заявл. 05.05.2015 ; опубл. 25.11.2015, Бюл. № 22. – 2 с.

30. Кулаков, П. І. Чесальна установка з системою радіочастотної ідентифікації та фотоелектричним перетворювачем параметрів обертального руху / П. І. Кулаков // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2014. – № 2 (28). – С. 104–109.

31. Podzharenko, V. A. Photoelectric angle converter : Selected papers from the international conference on optoelectronic information technologies / V. A. Podzharenko, P. I. Kulakov // International conference on optoelectronic information technologies, vol. 4425. – Vinnitsa, Ukraine : VSTU, 2001. – С. 452 – 456.

32. Кулаков, П. І. Інформаційно-вимірювальна система параметрів доїння для доїльного залу з централізованою ідентифікацією тварин : / П. І. Кулаков, О. В. Андрусь // Інтегровані інтелектуальні робото-технічні комплекси (ІРТК–2015). – К., 2015. – С. 108–109.

33. Buesser, W. Contactless Read / Write Transponder Using Low Power EEPROM Techniques / W. Buesser, J. Rudin, N. Nandra [et al] // ESSCIRC 96. – Switzerland, Neuchatel, 1996. – P. 356–359.

34. Roz, T. Using low power transponders and tags for RFID applications : / T. Roz, V. Fuentes // 6th Wireless Symposium. – USA, Santa Clara, 1998. – P. 1–8.

35. Кучерук, В. Ю. Двоконтурна система радіочастотної ідентифікації тварин / В. Ю. Кучерук, Є. А. Паламарчук, П. І. Кулаков // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2014. – № 2 (47). – С. 140–144.

36. Кучерук, В. Ю. Засоби радіочастотної ідентифікації для доїльно-молочних відділень тваринницьких ферм / В. Ю. Кучерук, Є. А. Паламарчук,

П. І. Кулаков // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2014. – № 3(48). – С. 145–150.

37. Кучерук, В. Ю. Система радіочастотної ідентифікації тварин для стійлової доільної установки / В. Ю. Кучерук, Є. А. Паламарчук, П. І. Кулаков, Т. В. Гнесь // Збірник наукових праць одеської державної академії технічного регулювання та якості. – 2014. – № 2(5). – С. 88–93.

38. Бігдай І. Л. Тенденції розвитку систем радіочастотної ідентифікації тварин в Україні: П'ята міжнародна наукова конференція. – Вінниця: Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах (2019) – Режим доступу: <https://mpa.vntu.edu.ua>.

39. Закон України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності» : від 15.01.2015 р. (ред. від 03.07.2019) / Відомості Верховної Ради. – Офіц. вид. – Київ :, 2015. – С. 96.

40. Національне агентство з акредитації України / НААУ – Режим доступу: <https://naau.org.ua>.

41. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження модулів оцінки відповідності, які використовуються для розроблення процедур оцінки відповідності, та правил використання модулів оцінки відповідності»: від 13.11.2017 р. №95 (ред. від 10.04.2019) / Режим доступу: <http://rada.gov.ua>.

42. ISO/IEC 17065:2012. Conformity assessment – Requirements for bodies certifying products, processes and services / International Standard Organization. – Режим доступу: <http://www.iso.org>.

43. Про затвердження Технічного регламенту радіообладнання: Постанова Кабінету Міністрів України від 24.05.2017 р. №355 (ред. від 19.04.2019) / Режим доступу: <http://rada.gov.ua>.

44. Про затвердження форми, опису знака відповідності технічним регламентам, правил та умов його нанесення: Постанова Кабінету Міністрів України від 30.12.2015 р. №1184 (ред. від 04.01.2018) / Режим доступу: <http://rada.gov.ua>.