

## ЗАСОБИ РАДІОЧАСТОТНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ДЛЯ ДОЇЛЬНО-МОЛОЧНИХ ВІДДІЛЕНЬ ТВАРИННИЦЬКИХ ФЕРМ

*У роботі проведено огляд засобів ідентифікації тварин, які входять до складу інформаційно-вимірювальних систем зоотехнічних параметрів та параметрів технологічного процесу отримання молока, що використовуються у доїльно-молочних відділеннях тваринницьких ферм. Запропоновано та систематизовано варіанти реалізації засобів радіочастотної ідентифікації тварин з використанням пасивних транспондерів, визначено умови, при яких використання того чи іншого варіанту засобу ідентифікації є оптимальним. Результати досліджень підтверджено результатами експерименту.*

*Ключові слова: транспондер, радіоідентифікація тварин, рідер, доїльна установка, рамкова антена, індуктивний зв'язок.*

V.Y. KUCHERUK, P.I. KULAKOV  
Vinnytsia national technical university  
Y.A. PALAMARCHUK  
Vinnytsya national agrarian university

### MEANS OF RFID FOR MILKING AND DAIRY OUTLETS OF CATTLE FARMS

*In this paper reviewed the means of animals identification that are part of the information-measuring systems of zootechnical parameters and process parameters of milk production which are used in milking and dairy outlets of cattle farms. Have proposed and systematized the variants of realization of means for animals RFID with using passive transponders, also have defined the conditions at which using an alternative means of identification is optimal. Research results confirmed by the experiment results.*

*Keywords: transponder, radioidentification of animals, reader, milking machines, loop antenna, inductive coupling.*

#### Вступ

Сучасні доїльно-молочні відділення тваринницьких ферм з великою кількістю тварин потребують впровадження технічних рішень, котрі дають можливість відслідковувати розвиток кожної тварини і керувати процесом її утримання. Вирішення цих задач забезпечується відповідними інформаційно-вимірювальними системами зоотехнічних параметрів тварин та параметрів технологічного процесу, які входять до складу автоматизованих систем управління фермою.

До складу вищевказаних систем обов'язково входять спеціалізовані засоби ідентифікації тварин, за допомогою яких встановлюється індивідуальний номер тварини у стаді, після чого здійснюється вимірювання її зоотехнічних параметрів та параметрів технологічного процесу.

В теперішній час відомі засоби ідентифікації тварин на основі сканування сітківки ока, засоби ідентифікації з використанням активних транспондерів з інфрачервоним інтерфейсом, радіочастотні засоби ідентифікації з використанням пасивних та активних транспондерів.

У світі існує лише декілька експериментальних доїльних установок, обладнаних засобами ідентифікації на основі сканування сітківки ока. Такі засоби не отримали широкого розповсюдження внаслідок своєї складності, високої вартості та низької надійності. При використанні засобів ідентифікації, до складу яких входять активні транспондери з інфрачервоним інтерфейсом, виникає необхідність періодичної заміни їх елементів живлення. Ця обставина ускладнює експлуатацію доїльної установки та системи автоматичного управління доїльно-молочним відділенням ферми. Внаслідок цього, такі засоби не отримали широкого розповсюдження. Завдяки необхідності періодичної заміни елементів живлення також не отримали широкого розповсюдження засоби радіочастотної ідентифікації з активними транспондерами.

Найбільш розповсюдженими в теперішній час є засоби радіочастотної ідентифікації тварин з пасивними транспондерами. Існує досить велика кількість варіантів реалізації таких засобів. Тому актуальним завданням є їх систематизація та визначення умов, при яких використання того чи іншого засобу ідентифікації є оптимальним. Проведені дослідження відносяться до теорії та практики проектування засобів ідентифікації тварин, проектування інформаційно-вимірювальних систем зоотехнічних параметрів тварин та параметрів технологічного процесу отримання молока, систем автоматичного управління доїльно-молочними відділеннями ферм.

#### Аналіз стану досліджень

Практично в усіх сучасних інформаційно-вимірювальних системах зоотехнічних параметрів тварин використовуються ручні, напівавтоматичні, або автоматичні засоби їх ідентифікації. Найбільш розповсюдженим є радіочастотний метод, заснований на зчитуванні унікального цифрового коду з транспондера, який певним чином встановлюється на тварині [1 - 3]. Зчитування цього цифрового коду здійснюється за допомогою спеціального рідера, взаємодія рідера і транспондера відбувається безконтактно, за допомогою радіозв'язку [4]. Внаслідок радіопрозорості конструктивних елементів доїльної установки,

шкіри та тканин тварини, можна здійснювати ефективну радіочастотну ідентифікацію під час процесу підготовки тварини до доїння, під час доїння, або під час руху тварин.

Параметри та конструкція транспондерів, які встановлюються на тваринах у доїльно-молочних відділеннях ферм, регулюються міжнародними стандартами [5]. У тваринництві використовуються як активні, так і пасивні транспондери. Активні транспондери мають у своєму складі автономне джерело живлення, завдяки чому досягається велика відстань розпізнавання і можливість інтеграції з транспондером засобів вимірювання активності тварин та румінації. Основними недоліками активних транспондерів є відносно велика вартість та необхідність періодичної заміни елементів живлення, внаслідок чого значно ускладнюється експлуатація доїльної установки [6]. Функціонування пасивних транспондерів здійснюється за рахунок енергії електромагнітного поля, яке утворюється рідером. Рівень цієї енергії повинен мати таку величину, щоб забезпечити живлення електронних компонентів транспондера. Ця умова досягається тоді, коли транспондер знаходиться в зоні індукції коливальної системи рідера. На практиці, ця відстань знаходиться в межах від одиниць до декількох десятків сантиметрів.

Конструктивно, пасивні транспондери для тварин уявляють собою монолітні герметичні вироби, які закріплюються на вусі, носі або під шкірою тварини [4 - 6]. Пасивний транспондер складається з котушки індуктивності, яка виконує функцію індуктивної антени, трансивера, мікропроцесора, інших пасивних та активних елементів. Під час передачі рідером електромагнітного пакету певної частоти і тривалості, якщо транспондер знаходиться у зоні індукції, коливальна система транспондера накопичує енергію, якої достатньо для приведення у дію мікропроцесора і трансивера. Мікропроцесор генерує у відповідь на запит рідера власний пакет даних з унікальним цифровим кодом транспондера. Вищевказаний пакет даних передається у ефір радіопередавачем трансивера транспондера за допомогою індуктивної антени. Рідер, з використанням синхронного детектування, дешифрує код транспондера [7], після чого цей код передається до серверу інформаційно вимірювальної системи. Сервер, в свою чергу, на основі отриманого коду транспондера, визначає номер тварини у стаді. Наслідком втрати інформації про код транспондера є втрата зоотехнічної вимірювальної інформації [8].

#### Постановка задачі

Спосіб реалізації засобів радіочастотної ідентифікації тварин у доїльно-молочних відділеннях ферм визначається способом утримання тварин, типом доїльної установки, способом кріплення транспондера на тварині, типом транспондера, структурою доїльної установки, структурою інформаційно-вимірювальної системи зоотехнічних параметрів тварин. Вищевказані фактори зумовлюють велику кількість варіантів реалізації цих засобів. Як було вказано вище, найбільш розповсюдженими в теперішній час є засоби ідентифікації тварин з використанням пасивних транспондерів. Виходячи з цього, необхідним та актуальним завданням є створення та систематизація варіантів реалізації засобів радіочастотної ідентифікації тварин з використанням пасивних транспондерів, визначення умов, при яких використання того чи іншого засобу ідентифікації є оптимальним. Результати досліджень необхідно підтвердити результатами експерименту.

#### Рішення проблеми

Узагальнена структурна схема інформаційно-вимірювальної системи зоотехнічних параметрів тварин та параметрів технологічного процесу з використанням засобів радіочастотної ідентифікації тварин наведена на рис. 1. Функціонування наведеної на рис. 1 системи полягає як в отриманні вимірювальної інформації про зоотехнічні параметри тварин і параметри технологічного процесу, так і в передаванні службової інформації операторам технологічного обладнання, передаванні інформації, необхідної для управління виконавчими пристроями, котрі пов'язані з тваринами. В їх якості можуть бути блоки доїння, які здійснюють адаптивне управління процесом доїння та вимірювання зоотехнічних параметрів, пристрої

індивідуального дозування кормів, селекційні ворота, вхідні та вихідні ворота, інше технологічне обладнання. Вимірювання зоотехнічних параметрів тварин здійснюється за допомогою різноманітних первинних вимірювальних перетворювачів та засобів вимірювання, таких як витратоміри молока, датчики електропровідності молока та його температури і прозорості, засобів вимірювання часу доїння та інш. При цьому, ключовим моментом у данному випадку є відповідність отриманої вимірювальної інформації конкретній тварині у стаді або групі, тобто її індивідуальному номеру.

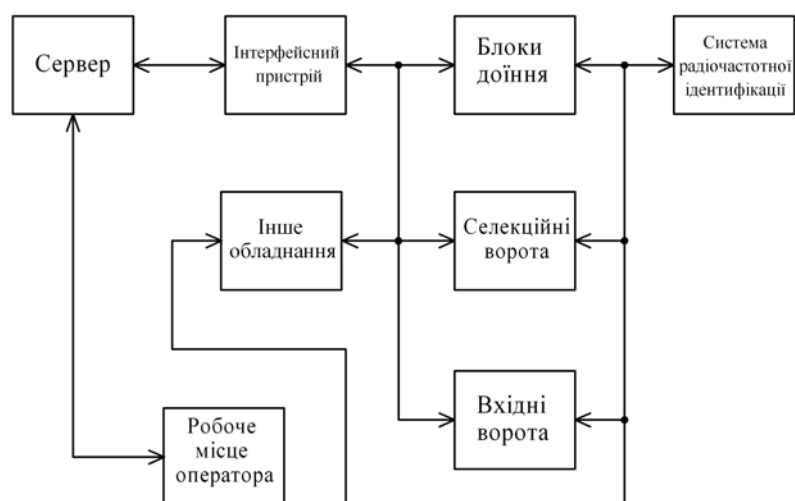


Рис. 1. Узагальнена структурна схема інформаційно-вимірювальної системи зоотехнічних параметрів тварин та параметрів технологічного процесу з використанням засобів радіочастотної ідентифікації

В найпростішому випадку ідентифікатором тварини є бірка з нанесеними на неї цифрами. У цьому випадку оператор технологічного обладнання здійснює ручне уведення номеру в блок доїння. Такі варіанти ідентифікації тварин в теперішній час не використовуються. Як слідує з практичного досвіду, найбільш ефективним способом є радіочастотний метод ідентифікації тварин. В першу чергу це пов'язано з можливістю безконтактного зчитування цифрового коду і можливістю ефективного функціонування такої апаратури на достатньо великих відстанях до тварини, а також бездоганною роботою в складних кліматичних умовах і агресивному навколишньому середовищі. Зчитування інформації з транспондерів здійснюється за допомогою рідерів. В залежності від виконання, вони можуть встановлюватися стаціонарно, або ж мати переносний варіант. В першому випадку зчитування коду здійснюється повністю автоматично і це є головною перевагою такого способу. В другому випадку в процесі ідентифікації приймає участь людина, що і є його недоліком. Проте, другий спосіб має важливу перевагу над першим, котра полягає в контролі людиною процесу зчитування, і завдяки цьому забезпечується більш висока надійність розпізнавання тварин. Таким чином, при переміщенні тварини в межах ферми, інформаційно-вимірювальна система зоотехнічних параметрів тварин та параметрів технологічного процесу за допомогою рідерів, датчиків та інших приладів, здійснює автоматичний збір та обробку інформації. Деяку частину інформації в систему вводить персонал, наприклад дані про ветеринарні обстеження, щеплення, переміщення тварин між групами, введення паспортних даних. Операційне ядро інформаційно-вимірювальної системи здійснює обробку даних, формування звітів, а також управління периферійними пристроями системи. Як було вказано вище, найбільше розповсюдження в теперішній час отримали засоби радіочастотної ідентифікації тварин з пасивними транспондерами. Виходячи з цього, в подальшому розглянемо системи, обладнанні саме такими засобами.

У інформаційно-вимірювальних систем зоотехнічних параметрів тварин з напівавтоматичною ідентифікацією з використанням ручних рідерів, як зазначалося вище, в процесі розпізнавання тварини безпосередньо бере участь людина. Зчитування коду тварини здійснюється в момент піднесення рідера до транспондеру. Відстань зчитування складає як правило від одиниць до десятків сантиметрів. Ручні рідери використовуються як у складі переносної апаратури, коли роботи з тваринами можуть проводитися в будь-якому місці ферми, так і в складі стаціонарної апаратури, наприклад доїльного станка. Незважаючи на деякі незручності, такі системи радіоідентифікації мають практично 100 % достовірність зчитування коду. Слід відзначити, що в стаціонарних системах ідентифікації окрім коду тварини також формується інформація про місце її розташування. Участь людини в процесі розпізнавання усуває ситуаційні помилки, характерні для автоматичних систем. Мала апертура антенної системи і низька потужність передавачів обумовлюють обмежену робочу зону таких рідерів. Однак, саме завдяки цьому виникає можливість одночасної роботи таких рідерів без спеціальних синхронізуючих систем, що істотно спрощує всю систему і тим самим збільшує її надійність. Типова структурна схема інформаційно-вимірювальної системи зоотехнічних параметрів тварин з напівавтоматичною ідентифікацією з використанням ручних рідерів наведена на рис. 2.

У інформаційно-вимірювальних системах зоотехнічних параметрів тварин з ідентифікацією тварин на вході доїльного майданчика, типова структурна схема яких наведена на рис. 3, використовуються стаціонарні рідери. Їх робоча зона становить до кількох метрів. Такі рідери уявляють собою стаціонарні зчитувальні системи з антенною апертурою від декількох квадратних дециметрів.



Рис. 2. Структурна схема інформаційно-вимірювальної системи зоотехнічних параметрів тварин з напівавтоматичною ідентифікацією з використанням ручних рідерів

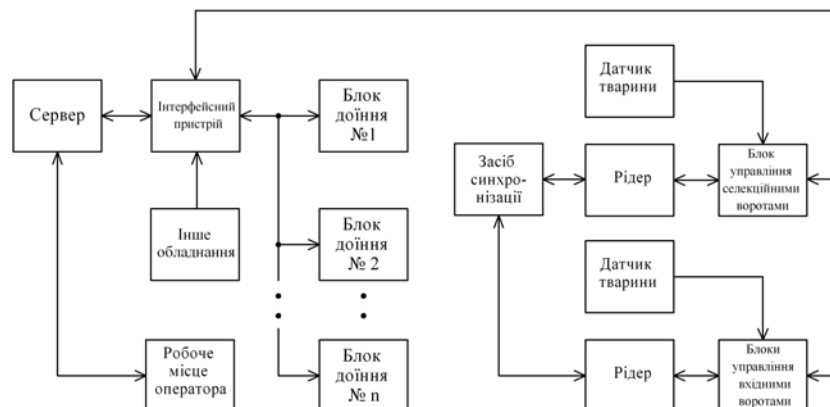


Рис. 3. Структурна схема інформаційно-вимірювальної системи зоотехнічних параметрів тварин з ідентифікацією тварин на вході доїльного майданчика

Рідери встановлюються як правило у місцях проходження тварин і призначені для їх ідентифікації в процесі руху. Малий час на зчитування коду, вимоги до певної взаємоорієнтації площин антен рідера і транспондера, зумовлюють виникнення цілого ряду технічних проблем [9]. Однак саме автоматична ідентифікація без участі людини є головною перевагою таких систем. Стационарні рідери знайшли широке застосування в задачах автоматичного управління стадом, наприклад в роботі селекційних воріт. Принцип конвеєрності використовується і в автоматизованих доїльних залах, коли такі рідери встановлюються на вході до доїльного майданчику. На практиці ж ситуація складається значно гірше, ніж та, яка описується моделлю рідер - транспондер. Непередбачуваність поведінки тварин в момент їх руху вздовж антени рідера може спричинити відмову при зчитуванні кодів деяких тварин. У інформаційно-вимірювальних системах, побудованих на принципі обробки послідовностей, код рідера зчитується при вході на доїльний майданчик. Помилка зчитування коду у цьому випадку може стати критичною, оскільки її наслідком буде неправильна ідентифікація цілої групи тварин. Тому, для зниження подібних помилок застосовуються різні додаткові технічні рішення, що компенсують нестаціонарність руху тварин: оптичні датчики наявності тварини, механічні ворота, математичні екстраполяційні методи і т. д. Велика відстань зчитування у стационарних рідерах забезпечується за рахунок збільшення антенної апертури і потужності радіосигналу. Проте у цьому випадку виникає негативне явище, яке проявляється у вигляді часткової або повної втрати чутливості, якщо два або більше рідерів знаходяться в зоні взаємного радіовипромінювання [10]. Причиною цього є те, що в процесі роботи рідер періодично випромінює пакети радіоімпульсів потужністю до декількох десятків Вт. Завданням цих пакетів є передавання енергії для живлення транспондера. У відповідь транспондер здійснює випромінювання пакета радіоімпульсів з унікальним кодом самого транспондера. Потужність сигналу транспондера, що приймається рідером, на 3-5 порядків нижча потужності передавача. Якщо в момент прийому з'явиться сигнал іншого рідера, то зчитування коду може не відбутися. На практиці такий ефект забиття може спостерігатися на відстані до десятків метрів. Описана проблема вирішується введенням пристроїв, які синхронізують рідери, задаючи їм певну циклічну послідовність роботи. Завдяки цьому в будь-який момент часу виявляється активним тільки один рідер. Побічним ефектом такого рішення є зниження реактивності зчитування коду. Тривалість робочого періоду рідера збільшується обернено пропорційно до кількості одночасно функціонуючих пристроїв. У системах з обмеженим часом зчитування (при русі тварин) це може спричинити серйозну проблему.

Для інформаційно-вимірювальних систем зоотехнічних параметрів тварин з автоматичною локальною ідентифікацією характерне точне позиціонування тварини відносно антени рідера, відсутність людини в процесі розпізнавання, більш висока ймовірність зчитування коду транспондера, ніж в системах з тваринами в русі. Останнє забезпечується суттєвим збільшенням експозиції до декількох хвилин, якщо тварина ідентифікується у доїльному станку. Відстань між рідерами у цьому випадку значно менша допустимої, відповідно виникає проблема взаємовпливу. Тому системи з такою архітектурою також повинні мати засоби синхронізації.

Слід звернути увагу на істотне зниження реактивності, яке пов'язане з кількістю доїльних апаратів. Головним недоліком такої системи є відносна складність та висока вартість. На рис. 4 наведено узагальнену структурну схему інформаційно-вимірювальної системи зоотехнічних параметрів тварин з автоматичною локальною ідентифікацією.

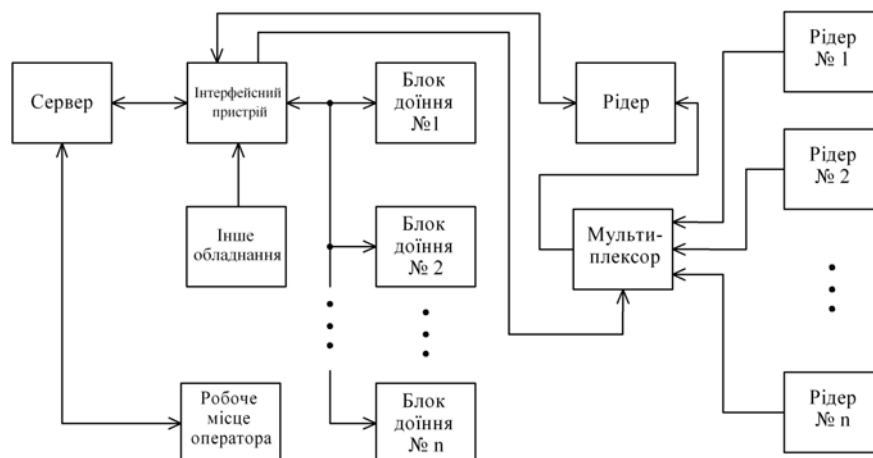


Рис. 4. Структурна схема інформаційно-вимірювальної системи зоотехнічних параметрів тварин з автоматичною локальною ідентифікацією

У цій системі використовується всього один рідер, який за допомогою високочастотного мультиплексора приєднаний до антен, що розташовані біля кожного доїльного апарата. Мультиплексор управляється контролером, який в циклі послідовно підключає рідер до однієї з антен. У разі зчитування коду, контролер фіксує в пам'яті номер антени і отриманий код тварини. Далі ця інформація передається до серверу інформаційно-вимірювальної системи. Така побудова дозволяє за допомогою мультиплексора позбутися великої кількості рідерів та синхронізуючих пристроїв і значно спростити і зробити дешевшою систему зчитування. Головним недоліком цієї системи є її конструктивна складність.

#### Апробація результатів роботи

Розглянуті вище структури інформаційно-вимірювальних систем зоотехнічних параметрів тварин з використанням засобів радіочастотної ідентифікації на основі пасивних транспондерів були розроблені та реалізовані в складі автоматизованих доїльних установок для безприв'язного утримання тварин типу

"Ялінка", які промислово випускаються ВАТ "Брацлав", Україна.

У моделі інформаційно-виміральної системи "Ферма-1" була реалізована конфігурація з напівавтоматичною ідентифікацією з використанням ручних рідерів (Рис. 2.). В якості транспондера використовувалися серійні радіочастотні ідентифікатори виробництва Sokumat з робочою частотою 125 кГц, які розміщувалися в спеціальному захисному пластиковому корпусі з ременем для кріплення. Транспондер за допомогою ремня закріплювався на задній нозі тварини. Ручний рідер, для вищевказаних транспондерів, був розроблений у співпраці з фахівцями ВАТ "Брацлав", і уявляє собою функціональний пристрій, який має апаратно-програмну сумісність з блоками доїння БД-05 та БД-06, які також виготовляються на цьому підприємстві. У рідері використана індуктивна друкована антена, забезпечується світлодіодна індикація зчитування коду транспондера. Відстань, на якій здійснюється зчитування коду транспондера, складає від 8 до 14 см. Робота з цим рідером здійснюється персоналом у процесі підготовки тварин до доїння у доїльному залі. Для цього рідер знімається з кронштейна і короткочасно підноситься до транспондера на нозі корови. Відразу після вдалого зчитування коду в прозорому корпусі рідера вмикаються індикаторні світлодіоди, що сигналізують про завершення операції, після чого рідер знову встановлюється на кронштейн. Операція зчитування коду транспондера займає 3-5 с роботи персонала, зчитані дані від рідера передаються до блоку доїння і від нього - до сервера інформаційно-виміральної системи. У відповідь на отриманий код транспондера, сервер передає до блоку доїння номер тварини, який виводиться на індикаторі. Крім того, з серверу передається інформація про зоотехнічні особливості цієї тварини: "Мастит", "Охота", "Травма" і "Не доїти", що дозволяє персоналу орієнтуватися в подальших діях. Багаторічна експлуатація системи з ручним розпізнаванням у складі доїльних установок ВАТ "Брацлав" свідчить про її надійність, точність розпізнавання і добрі експлуатаційні характеристики. Головним її недоліком є певне збільшення часу обслуговування тварини, перевагою є участь людини в процесі розпізнавання та низька вартість.

Інформаційно-виміральною системою з ідентифікацією тварин на вході доїльного майданчика "Ферма-2" (Рис. 3.) була реалізована і досліджена на базі вушних транспондерів і панельних рідерів компанії "Allflex", у яких відстань розпізнавання складає до 80 см. Розпізнавання тварин здійснюється панельними рідерами при їх вході на доїльний майданчик або в проході перед автоматичними селекційними воротами. Рідери працюють у комплексі з спеціальними блоками управління рідерами, які здійснюють попередню обробку інформації, яка надходить від рідерів і датчиків тварин, відсилання цієї інформації до сервера, а також управління вхідними та селекційними воротами доїльного залу. При реалізації такого способу ідентифікації тварин гостро повстало питання коректної обробки ситуацій, пов'язаних з особливостями непередбаченої поведінки тварин у зоні зчитування і високою вірогідністю виникнення при цьому помилок розпізнавання правильної послідовності тварин (пропуски, дублювання і т.д.). Для вирішення цієї проблеми, блоки управління рідерами були оснащені фотоелектричними датчиками та розроблено програмне та апаратне забезпечення, призначенням якого є аналіз послідовностей кодів рідерів та сигналів фотоелектричних датчиків з метою ідентифікації поведінкових ситуацій та формування правильної послідовності транспондерних кодів, які відповідають реальній черзі тварин. Для синхронізації цих черг з роботою доїльного залу, ці блоки аналізують положення вхідних воріт та ситуації, що пов'язані з неповними чергами. Додаткову проблему в таких засобах ідентифікації становить нестационарне положення вух тварини в короткий проміжок часу його проходження в зоні зчитування. При певній орієнтації транспондерів може стати неможливим зчитування їх коду. Для вирішення цієї проблеми, для панельного рідера була розроблена конструкція проходу, яка створювала йому додаткову квадрупольну антенну систему з розподіленою просторовою апертурою. Таким чином вдалося істотно знизити ймовірність виникнення випадків нерозпізнавання кодів транспондерів [11]. Рідери з великою відстанню зчитування мають сильну електромагнітну взаємодію і вимагають синхронізації. У зв'язку з цим у системі "Ферма-2" усі рідери були з'єднані у єдину автосинхронізаційну систему, у відповідності з рекомендаціями виробника. Слід відзначити, що при використанні трьох рідерів PNL 40x60-v3 помітного зниження їх реактивності не спостерігалось. Досвід експлуатації системи з ідентифікацією тварин на вході доїльного майданчика у складі доїльних установок ВАТ "Брацлав" свідчить про її відмінні характеристики. Головним її недоліком є менша, у порівнянні з попередньою системою, надійність ідентифікації, перевагою є зменшення часу підготовки до доїння.

Третій варіант інформаційно-виміральної системи системи, з автоматичною локальною ідентифікацією тварин в доїльному залі, був реалізований у системі "Ферма-3" (Рис. 4). У кожному доїльному станку біля голови тварини розташовується рамкова антена, приєднана коаксіальним кабелем до високочастотного комутатора, керованого спеціалізованим контролером. В якості рідера використаний рідер середньої відстані зчитування типу RI-RFM-008B разом з блоком RI-CTL-MB2B-30 виробництва Texas Instruments. Антенний вхід рідера через високочастотний комутатор циклічно і послідовно з'єднується з локальними антенами, які розташовані у доїльних станках. Таким чином, здійснюється безперервне сканування кожної антени доїльного залу і зчитування кодів транспондерів. Мікропроцесорний контролер відсилає до сервера отримані від рідера коди разом з номерами доїльних місць. В такій схемі зчитування відбувається асинхронно по відношенню до процесу доїння. Тварина фактично знаходиться в зоні зчитування протягом усього часу перебування в доїльному залі, що забезпечує значно вищу ймовірність зчитування коду, ніж для систем з ідентифікацією на вході доїльного майданчика. Досвід експлуатації такої системи у складі доїльних установок ВАТ "Брацлав" свідчить про її відмінні експлуатаційні характеристики. Головним її недоліком є конструктивна складність, відносно висока вартість, але цій системі властиві переваги систем з ідентифікацією з

використанням ручних рідерів та систем з ідентифікацією тварин на вході доїльного майданчика.

### Висновки

1. Інформаційно-вимірювальні системи зоотехнічних параметрів тварин з напівавтоматичною ідентифікацією з використанням ручних рідерів гарантують абсолютну точність прив'язки коду транспондера до тварини, мають високу вірогідність зчитування коду транспондера завдяки участі людини, не вимагають синхронізації між рідерами та мають низьку собівартість та високі експлуатаційні характеристики, при використанні такої системи неможлива технічна реалізація селекційних воріт.

2. Інформаційно-вимірювальній системі зоотехнічних параметрів тварин з ідентифікацією тварин на вході доїльного майданчика ефективні при використанні селекційних воріт, чутливі до цілого ряду факторів, пов'язаних з поведінкою тварин, вимагають обов'язкового застосування ряду технічних і програмних рішень для обробки нестандартних ситуацій, пов'язаних з поведінкою тварин, вимагають використання міжрідерної синхронізації, мають високу собівартість.

3. Інформаційно-вимірювальній системі зоотехнічних параметрів тварин з автоматичною локальною ідентифікацією мають абсолютну точність прив'язки коду транспондера до тварини, не вимагають синхронізації між рідерами, мають значно вищу вірогідність зчитування коду транспондера, ніж системи з ідентифікацією тварин на вході доїльного майданчика, мають найбільшу складність та відносно високу вартість.

### Література

1. AIMI. 1998. Radio Frequency Identification RFID - a basic primer. AIM International, Inc. white paper. Document version: 1.1.
2. Babot, D., M. Hernández-Jover, G. Caja, C. Santamarina, and J. J. Ghirardi. 2006. Comparison of visual and electronic identification devices in pigs: On-farm performances. *J. Anim. Sci.* 84:2575-2581.
3. Domdouzis, K., B. Kumar, C. Anumba. 2007. Radio-frequency identification (RFID) applications: A brief introduction. *Adv. Engineering Informatics* 21:350-355.
4. RFID Journal // <http://www.rfidjournal.com>
5. ISO 11784/85. Radio frequency identification of animals. // <http://www.iso.org>
6. Allflex Electronic ID // <http://www.allflexusa.com>
7. Bryant, A.M. 2007. Performance of ISO 11785 low-frequency radio frequency identification devices for cattle. M.S. Thesis, Kansas State Univ., Manhattan.
8. Bryant, A. M., D. A Blasi, B. B. Barnhardt, M. P. Epp, and S. J. Glaenger. 2006. Variation in performance of electronic cattle ear tags and readers. Kansas State University, Beef Cattle Research, Report of Progress, 978.
9. Basarab, J. A., L. Erickson, J. Kopp, K. Claypool, D. Milligan, and B. Smith. 2006. Read rate on two multi-panel RFID reader systems for use in beef cattle. AAFRD New Initiative Fund, Project Number: 2005007. Alberta, CA.
10. Паламарчук Є.А. Підвищення реактивності зчитування вушних транспондерів у автоматизованих системах радіоідентифікації тварин з використанням рамкових антен / Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. // Серія: Сільськогосподарські науки., вип. 5(45), 2010, с. 58-65
11. Кучерук В.Ю., Паламарчук Є.А., Кулаков П.І. Двоконтурна система радіочастотної ідентифікації тварин / Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах, №2(47), 2014, Хмельницький, с. 140-144

### References

1. AIMI. 1998. Radio Frequency Identification RFID - a basic primer. AIM International, Inc. white paper. Document version: 1.1.
2. Babot, D., M. Hernández-Jover, G. Caja, C. Santamarina, and J. J. Ghirardi. 2006. Comparison of visual and electronic identification devices in pigs: On-farm performances. *J. Anim. Sci.* 84:2575-2581.
3. Domdouzis, K., B. Kumar, C. Anumba. 2007. Radio-frequency identification (RFID) applications: A brief introduction. *Adv. Engineering Informatics* 21:350-355.
4. RFID Journal // <http://www.rfidjournal.com>
5. ISO 11784/85. Radio frequency identification of animals. // <http://www.iso.org>
6. Allflex Electronic ID // <http://www.allflexusa.com>
7. Bryant, A.M. 2007. Performance of ISO 11785 low-frequency radio frequency identification devices for cattle. M.S. Thesis, Kansas State Univ., Manhattan.
8. Bryant, A. M., D. A Blasi, B. B. Barnhardt, M. P. Epp, and S. J. Glaenger. 2006. Variation in performance of electronic cattle ear tags and readers. Kansas State University, Beef Cattle Research, Report of Progress, 978.
9. Basarab, J. A., L. Erickson, J. Kopp, K. Claypool, D. Milligan, and B. Smith. 2006. Read rate on two multi-panel RFID reader systems for use in beef cattle. AAFRD New Initiative Fund, Project Number: 2005007. Alberta, CA.
10. Y. A. Palamarchuk. Increased reading reactivity of ear tags in automated systems using RFID of animals using loop antennas. / Collection of scientific works of Vinnytsia National Agrarian University. // Series of agricultural sciences., № 5(45), 2010, 58-65
11. V. Y. Kucheruk, Y. A. Palamarchuk, P. I. Kulakov. Dual circuit radio frequency identification system of animals / International scientific-technical magazine "Measuring and Computing Devices in Technological Processes", №2(47), 2014, 140-144

Рецензія/Peer review : 12.9.2014 р.

Надрукована/Printed :29.10.2014 р.