

В. Ю. Кучерук, д.т.н., Є. А. Паламарчук, к.т.н., П. І. Кулаков, к.т.н., Т. В. Гнесь

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

СИСТЕМА РАДІОЧАСТОТНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТВАРИН ДЛЯ СТІЙЛОВОЇ ДОЇЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

У роботі розглянуто варіант реалізації системи радіочастотної ідентифікації тварин для стійлової доїльної установки. Запропонована система радіочастотної ідентифікації входить до складу інформаційно-вимірювальної системи зоотехнічних параметрів тварин та параметрів технологічного процесу отримання молока, що використовується у доїльно-молочних відділеннях тваринницьких ферм. Розроблено новий спосіб реалізації системи радіочастотної ідентифікації, при використанні якого транспондери розташовані не на тваринах, а на місцях встановлення блоків управління процесом доїння.

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

Вступ

Сучасні системи автоматичного управління технологічними процесами у доїльно-молочних відділеннях тваринницьких ферм забезпечують можливість відслідковувати розвиток кожної тварини і керувати процесом її утримання. Вирішення цих завдань забезпечується відповідними інформаційно-вимірювальними системами зоотехнічних параметрів тварин, які входять до складу вищевказаних систем автоматичного управління. До складу інформаційно-вимірювальних систем зоотехнічних параметрів обов'язково входять спеціалізовані засоби ідентифікації тварин, за допомогою яких встановлюється їх індивідуальний номер у стаді, після чого здійснюється вимірювання зоотехнічних параметрів. В теперішній час використовуються суб'єктивні засоби ідентифікації, засоби ідентифікації на основі сканування сітківки ока, засоби ідентифікації з використанням активних транспондерів з інфрачервоним інтерфейсом, радіочастотні засоби ідентифікації з використанням пасивних та активних транспондерів. Засоби ідентифікації на основі сканування сітківки ока не отримали широкого розповсюдження внаслідок своєї складності, високої вартості та низької надійності. При використанні засобів ідентифікації, які призначені для роботи з активними транспондерами з інфрачервоним інтерфейсом, виникає необхідність періодичної заміни їх елементів живлення. Окрім того, виникають певні технічні складнощі при забезпеченні взаємної орієнтації в просторі передавача транспондера та приймача зчитувача, що зменшує достовірність ідентифікації тварини. Внаслідок вищевказаних обставин, такі засоби ідентифікації не отримали широкого розповсюдження. Завдяки необхідності періодичної заміни

елементів живлення також не отримали широкого розповсюдження засоби радіочастотної ідентифікації з активними транспондерами. Суб'єктивні засоби ідентифікації використовуються при різних способах утримання тварин. У цьому випадку номер тварини у стаді візуально ідентифікується доярком, після чого вводиться до блоку управління процесом доїння за допомогою клавіатури. В результаті, значно підвищується ймовірність виникнення суб'єктивної похибки ідентифікації та збільшується трудомісткість роботи дояра. Найбільш розповсюдженими в теперішній час є засоби радіочастотної ідентифікації тварин з пасивними транспондерами, які не потребують власного джерела живлення. Актуальним завданням є розробка засобів радіочастотної ідентифікації тварин на основі пасивних транспондерів для стійлових доїльних установок, на яких в переважній більшості випадків використовуються суб'єктивні засоби ідентифікації. Проведені дослідження відносяться до теорії та практики проектування засобів ідентифікації тварин та проектування інформаційно-вимірювальних систем зоотехнічних параметрів тварин.

Аналіз літературних джерел

Найбільш розповсюдженими у теперішній час є радіочастотні засоби ідентифікації тварин з пасивними транспондерами, принцип дії яких заснований на зчитуванні унікального цифрового коду з транспондера, який певним чином встановлюється на тварині [1 – 3]. Зчитування цього цифрового коду здійснюється за допомогою спеціального зчитувача. Взаємодія зчитувача та транспондера здійснюється безконтактно, за допомогою радіозв'язку [4]. Радіочастотна ідентифі-

кація, внаслідок радіопрозорості конструктивних елементів доїльної установки, шкіри та тканин тварини, може здійснюватись під час процесу підготовки тварини до доїння, під час доїння, або під час руху тварин. Параметри та конструкція транспондерів, які встановлюються на тваринах, регулюються міжнародними стандартами [5]. Транспондери, які використовуються у тваринництві, поділяються на активні та пасивні. До складу активних транспондерів входить автономне джерело живлення, завдяки чому забезпечується велика відстань зчитування і можливість інтеграції з транспондером засобів вимірювання активності тварин та румінації. 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, яка утворюється зчитувачем за допомогою індуктивної антени. Пасивні транспондери для радіочастотної ідентифікації тварин конструктивно уявляють собою монолітні герметичні вироби, які закріплюються на вусі, нозі, під шкірою або у шлунку тварини [4 – 6]. Пасивний транспондер складається з котушки індуктивності, яка виконує функцію індуктивної антени, трансивера, мікропроцесора, ряду пасивних та активних компонентів. Під час передачі зчитувачем електромагнітного пакету певної частоти і тривалості, якщо транспондер знаходиться у зоні індукції, його коливальна система накопичує енергію, якої достатньо для приведення у дію мікропроцесора і трансивера. Мікропроцесор, у відповідь на запит зчитувача, генерує власний пакет даних з цифровим кодом транспондера. Вищевказаний пакет передається у ефір радіопередавачем трансивера транспондера або модулює вхідне електромагнітне поле за допомогою індуктивної антени. Зчитувач, з використанням синхронного детектування, дешифрує код транспондера [7], після чого цей код передається до сервера інформаційно-вимірювальної системи. Сервер, у свою чергу, на основі отриманого коду транспондера, визначає номер тварини у стаді. Наслідком втрати інформації про код транспондера є втрата зоотехнічної вимірювальної інформації, яка стосується певної тварини [8].

Постановка проблеми

При прив'язному утриманні тварин використовуються стійлові доїльні установки, на яких радіочастотна ідентифікація застосовується відносно рідко. На таких установках здебільше використовують суб'єктивну ідентифікацію, або не

здійснюють ідентифікацію тварин взагалі. Існує технічне рішення, при якому кожний блок управління процесом доїння має зчитувач, і перед початком підготовки тварини до доїння дояр вручну наближає його до транспондера, який розташований на задній нозі тварини [9]. Таке рішення збільшує трудомісткість роботи дояра та ускладнює його роботу.

У [10] наведено варіант реалізації суб'єктивної ідентифікації, при якому номери тварин у стаді та відповідні номери їх стійлових місць знаходяться у спеціалізованій базі даних, яка знаходиться на сервері інформаційно-вимірювальної системи. У цьому випадку номер тварини візуалізується на індикаторі блока управління процесом доїння, а дояр повинен перевірити вірність номеру та підтвердити або скорегувати його. При зміні стійлового місця тварини, або при виведенні тварини в сухостій, або переведенні її в іншу групу виникає необхідність у корегуванні відповідної бази даних, що на практиці не завжди можна вчасно забезпечити. Окрім того, перевірка відповідності номеру стійла номеру тварини та його корегування також збільшує трудомісткість роботи дояра.

Для забезпечення максимальної продуктивності стійлової доїльної установки дояр повинен дотримуватись встановленого регламентом алгоритму роботи, тобто доїння тварин повинно відбуватись у певній послідовності у відповідності з номерами стійлових місць. На практиці, персонал доїльно-молочного відділення не завжди дотримується регламенту, внаслідок чого знижується продуктивність установки та ефективність роботи ферми.

Виходячи з цього, виникає необхідність створення системи радіочастотної ідентифікації тварин для стійлової доїльної установки, за допомогою якої ідентифікація має здійснюватись автоматично, з мінімальною участю дояра, яка має алгоритми актуалізації бази даних тварин в напівавтоматичному режимі. Наслідком впровадження такої системи буде підвищення продуктивності та ефективності роботи доїльної установки.

Рішення проблеми

Сучасна доїльна установка не може ефективно функціонувати без систем автоматичного управління та інформаційно-вимірювальних систем параметрів технологічного процесу отримання молока. Виходячи з цього, модернізація стійлових доїльних установок шляхом впровадження вищевказаних систем є актуальним завданням. До складу вищевказаних систем часто входять системи радіочастотної ідентифікації

тварин, які значно підвищують ефективність їх роботи. У відповідності з [5], засоби радіочастотної ідентифікації для великої рогатої худоби повинні працювати на несній частоті ≈ 134 кГц, що відповідає довжині хвилі $\lambda \approx 2,2$ км. Геометричні розміри індуктивних антен зчитувача, транспондера, та відстань між ними, набагато менші, ніж довжина хвилі несного електромагнітного коливання. Таким чином, енергетичну взаємодію між зчитувачем та транспондером можна представити у вигляді двох коливальних систем з індуктивним зв'язком між антенами [11], як наведено на рис. 1.

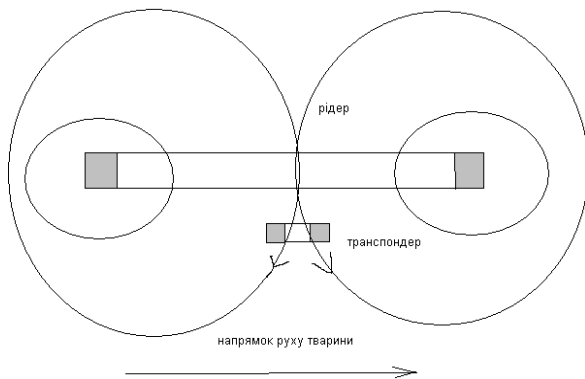


Рисунок 1 – Коливальні системи з індуктивним зв'язком між антенами

Від значення коефіцієнту взаємоіндукції коливальних систем з індуктивним зв'язком залежить достовірність читання коду транспондерів. Коефіцієнт взаємоіндукції між індуктивними антенами, що входять до складу коливальних систем зчитувача і транспондера, зворотно пропорційний до квадрату відстані між транспондером та рідером та прямо пропорційний до косінусу кута між площинами антен [3]. Таким чином, справедливий вираз

$$K_L \sim \frac{K_0 K_m \cos \alpha}{l^2}, \quad (1)$$

де K_0 – постійний коефіцієнт, який характеризує загальні втрати активного характеру у взаємозв'язаних коливальних контурах; α – кут між площинами індуктивних антен зчитувача та транспондера; l – відстань між геометричними центрами площин індуктивних антен зчитувача та транспондера; K_m – максимальний теоретично можливий коефіцієнт взаємоіндукції (при $|\cos \alpha| = 1, l = 0$).

З виразу (1) випливає, що відстань між зчитувачем та транспондером в значній мірі впливає на достовірність зчитування коду транспондера. Іншим важливим фактором, який впливає на дос-

товірність зчитування, є кут α між площинами індуктивних антен. У випадку його кратності до $\pi/2$, коефіцієнт взаємоіндукції дорівнює нулю і зчитування коду транспондера неможливе. Максимальне значення коефіцієнту взаємоіндукції K_L при незмінній відстані досягається тоді, коли $|\cos \alpha| = 1$. З вище наведеного слідує, що для одержання максимальної ймовірності зчитування необхідно забезпечити паралельність площин індуктивних антен рідера та транспондера та мінімізувати відстань між ними. Виходячи з цього, пропонується блок управління процесом доїння обладнати зчитувачем, а транспондер закріпити на місці встановлення блоку управління процесом доїння так, як наведено на рис. 2.

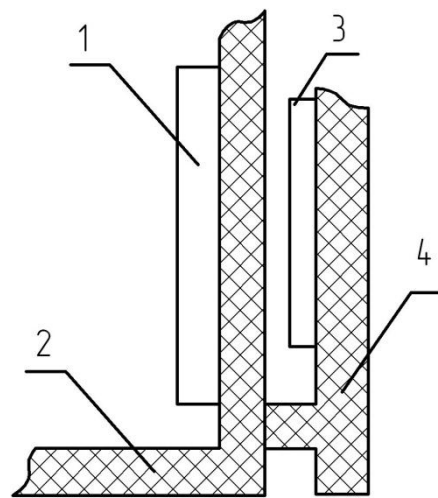


Рисунок 2 – Взаємне розташування блоку управління процесом доїння та транспондера: 1 – зчитувач; 2 – корпус корпус блоку управління процесом доїння; 3 – транспондер; 4 – корпус кріплення транспондера.

Корпус блоку управління процесом доїння та корпус кріплення транспондера виготовляються з пластмаси для забезпечення радіопрозорості. Транспондер нерухомо встановлюється на кріпленні, а зчитувач знаходиться всередині корпусу блоку управління процесом доїння. При наведеному способі встановлення блоку управління процесом доїння забезпечується мінімальна відстань між зчитувачем і транспондером та паралельну орієнтація їх індуктивних антен. Внаслідок цього здійснюється автоматичне зчитування коду транспондера з максимальною достовірністю.

На стійловій доїльній установці для обслуговування групи тварин може бути використано від двох до чотирьох блоків управління процесом доїння. Алгоритм роботи дояра на стійловій

доїльний установці полягає в наступному [12]. Установка обладнана вакуумними кранами для під'єднання блоків управління процесом доїння. Крани розташовані послідовно на вакуумпроводі - один кран на кожну послідовно розташовану в стійлі пару тварин. Дояр готує першу тварину із першої пари до доїння, після чого надягає доїльні стакани і готує до доїння першу тварину з іншої пари, надягає їй доїльні стакани і переходить до підготовки першої тварини з наступної пари. Так продовжується до тих пір, поки усі блоки управління процесом доїння не будуть задіяні. У подальшому дояр спостерігає за процесом доїння, і, коли він робить висновок про те, що в першій з пари тварини доїння закінчується, то починає готувати до доїння другу тварину з цієї пари. Після завершення доїння першої тварини з пари дояр починає доїння другої тварини. Після цього дояр переходить до наступної пари тварин і виконує аналогічні дії. Після завершення доїння усіх задіяних пар, дояр переходить до наступних пар. Описані дії відбуваються доти, поки не буде закінчено доїння в усій стійловій лінії. Як правило, стійлові доїльні установці мають чотири або вісім ліній, кожна з яких обслуговується своїм дояром. В кожній лінії знаходиться до п'ятидесяти тварин. Відхилення від наведеного вище регламенту роботи доїльної установці призводить до зниження її продуктивності.

На рис. 3 наведено розташування транспондерів на доїльній установці при різній кількості блоків управління процесом доїння. При прив'язаному утриманні тварин, на стійловій доїльній установці, тварини розташовані в стійлах, які на рис. 3 позначені $C_1, C_2 \dots C_N$, а транспондери, які відповідають певній тварині, позначені $T_1, T_2 \dots T_N$. Як було вказано вище, можливе використання двох (рис. 3, а), трьох (рис. 3, б), або чотирьох (рис. 3, в) блоків управління процесом доїння, які дояр може вільно переміщувати вздовж доїльної лінії за допомогою спеціальних направляючих. Кожному з цих блоків відповідає своя направляюча, причому встановити блоки для здійснення процесу доїння можливо тільки в тих місцях, де розташовані транспондери, які відповідають видоюваній тварині. Вакуумний кран конструктивно суміщений з роз'ємом, через який на блок управління процесом доїння подається напруга живлення. Також через контакти цього роз'єму здійснюється двонаправлений обмін даними між блоком управління процесом доїння та сервером інформаційно-вимірювальної системи зоотехнічних параметрів тварин. Як слідує з рис. 3, транспондери на доїльній установці розташовані навпроти пар тварин так, щоб забезпечити примусове виконання дояром послідовності дій у

відповідності до регламенту роботи доїльної установці, який наведений вище.

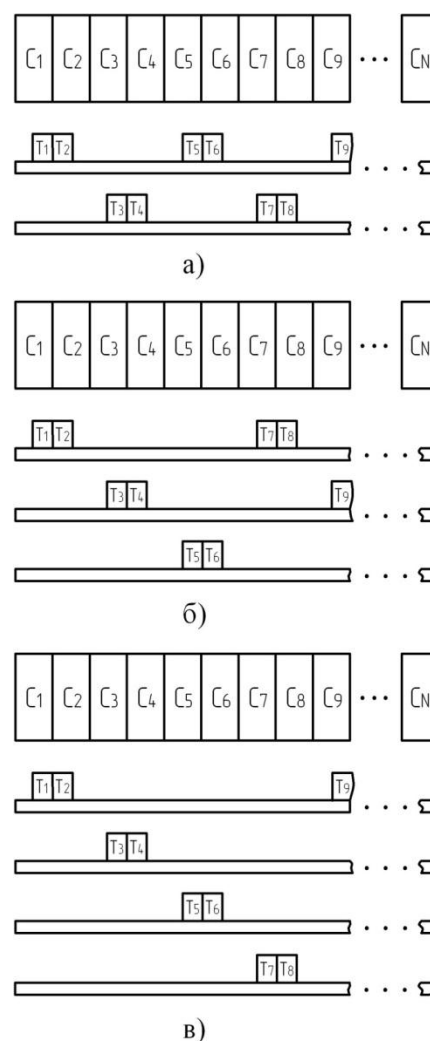


Рисунок 3 – Розташування транспондерів на стійловій доїльній установці при різній кількості блоків управління процесом доїння. Два блока управління процесом доїння (а), три блока управління процесом доїння (б), чотири блока управління процесом доїння (в)

Алгоритм роботи блока управління процесом доїння полягає в наступному. Після того як лок встановлений на певне місце, дояр під'єднує вакуумний кран з електричним роз'ємом. На блок подається напруга живлення, в результаті чого активується вбудований в нього зчитувач. Транспондер у цей момент часу вже знаходиться в зоні індукції зчитувача, у відповідності з рис. 2. В результаті, код транспондера зчитується та передається до сервера інформаційно-вимірювальної системи зоотехнічних параметрів тварин. На сервері встановлюється номер тварини у стійлі, який відповідає отриманому номеру транспондера, після чого цей номер передається

у зворотньому напрямку і візуалізується за допомогою індикатора блока. Дояр повинен перевірити номер, та, у випадку необхідності, здійснити його корекцію за допомогою клавіатури.

Якщо з певних причин ідентифікація тварини не відбулась (наприклад, вийшов з ладу зчитувач або транспондер), доїння тварини буде програмно заблоковано. Для того, щоб у цьому випадку провести доїння, дояр повинен за допомогою клавіатури ввести номер тварини. Після того, як ідентифікація тварини відбулась, дояр готує тварину до доїння, одягає доїльні стакани та запускає блок управління процесом доїння. Протягом певного детермінованого часу блок здійснює стимуляцію вимені. Після закінчення фази стимуляції відбувається перехід до фази некерованого доїння. Під час цієї фази інтенсивність молоковиділення не вимірюється. Далі здійснюється перехід до фази керованого доїння, під час якої вимірюється інтенсивність молоковиділення, і, в залежності від її значення, встановлюється частота і шпаруватість пульсацій вакууму в доїльних стаканах. Після зниження інтенсивності молоковиділення нижче певного значення (як правило, це 200 г/хв), відбувається перехід до фази додоювання, під час якої здійснюється масаж вимені, після чого доїльні стакани знімаються дояром вручну або автоматично. Після зняття доїльних стаканів відбувається передача даних на сервер та перехід до доїння іншої тварини у відповідності з регламентом роботи доїльної установки.

Протягом доїння блок управління процесом доїння здійснює вимірювання ряду зоотехнічних параметрів тварин, до яких відноситься удій, середня електропровідність молока, електропровідність у кожній чверті вимені, прозорість молока, інтенсивність молоковиділення, тривалість доїння, тривалість латентного періоду, інтенсивність молочного потоку на інтервалі з початку доїння до 30 с після початку доїння, на інтервалі з 30 до 60 с після початку доїння, на інтервалі з 60 до 90 с після початку доїння, миттєве значення інтенсивності молочного потоку. Усі результати вимірювання після закінчення доїння передаються до сервера інформаційно-вимірювальної системи зоотехнічних параметрів тварин.

Експериментальні дослідження розробленої інформаційно-вимірювальної системи зоотехнічних параметрів тварин, до складу якої входить запропонована система радіочастотної ідентифікації, проводились в ПАТ "Мрія", с. Чуків, Немирівського району Вінницької області (Україна). Дослідження проводилися при використанні двох та трьох блоків управління процесом доїння з ручним зняттям доїльних стаканів та сорока

вісьми тваринах у стійловій лінії. Досвід експлуатації розробленої системи радіочастотної ідентифікації свідчить про її високу надійність та ефективність. Після впровадження цієї системи продуктивність доїльної установки підвищилася на 6,5 % за рахунок суворого дотримання регламенту роботи доїльної установки персоналом ферми. На протязі трьох місяців з початку експлуатації системи відмови склали 0,2 % від загальної кількості користувань блоками управління процесом доїння, обладнаними зчитувачами. Усі відмови були зумовлені забрудненням контактних груп роз'єму, за допомогою яких забезпечувався обмін даними між блоком управління процесом доїння та сервером інформаційно-вимірювальної системи зоотехнічних параметрів тварин.

Висновки

У статті запропоновано та розглянуто варіант реалізації системи радіочастотної ідентифікації тварин для стійлової доїльної установки, яка використовується при прив'язному утриманні і входить до складу інформаційно-вимірювальної системи зоотехнічних параметрів тварин та параметрів технологічного процесу отримання молока. Розроблено новий спосіб автоматичної радіочастотної ідентифікації, при реалізації якого транспондери розташовані не на тваринах, а на місцях встановлення переносних блоків управління процесом доїння. Внаслідок такого технічного рішення мінімізується участь дояра в процесі радіочастотної ідентифікації та забезпечується примусове виконання дояром регламенту експлуатації доїльної установки. Окрім того, при зміні структури або складу доїльної групи не виникає необхідності у корегуванні бази даних тварин, здійснюється лише зміна місця розташування транспондерів. При впровадженні запропонованої системи радіочастотної ідентифікації підвищується ефективність та продуктивність доїльної установки.

Список використаних джерел

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.

9. Технологии и оборудование для животноводства ВАТ "Брацлав", 2010 - 27 с.

10. Каталог продуктов и услуг ДеЛаваль, 2011 – 372 с.

11. 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., № 5(45), 2010, с. 58-65.

12. Цой, Ю. А. Процессы и оборудование доильно-молочных отделений животноводческих ферм. – М. : ГНУ ВИЭСХ, 2010. – 424 с.

Надійшла до редакції 11.11.2014

Рецензент: д.т.н., професор Осадчук О.В., Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

В. Ю. Кучерук, д.т.н., Е. А. Паламарчук, к.т.н., П. И. Кулаков, к.т.н., Т. В. Гнесь

СИСТЕМА РАДИОЧАСТОТНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЖИВОТНЫХ ДЛЯ СТОЙЛОВОЙ ДОИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

В работе рассмотрен вариант реализации системы радиочастотной идентификации животных для стойловой доильной установки. Предложенная система радиочастотной идентификации входит в состав информационно-измерительной системы зоотехнических параметров животных и параметров технологического процесса получения молока, которая используется в доильно-молочных отделениях животноводческих ферм. Разработан новый способ реализации системы радиочастотной идентификации, при использовании которого транспондеры установлены не на животных, а на местах установки блоков управления процессом доения.

Ключевые слова: транспондер, радиоидентификация животных, доильная установка, индуктивная антенна, индуктивная связь.

V. Y. Kucheruk, ScD, Y. A. Palamarchuk, PhD, P. I. Kulakov, PhD, T. V. Gnes

RADIO-FREQUENCY IDENTIFICATION SYSTEMS OF ANIMALS FOR STALL MILKING MACHINES

In paper considered the embodiment of RFID systems of animals for stall milking machines. The proposed RFID system is the part of the information-measuring system of animals zootechnical parameters and process parameters to obtain milk which used in milking dairy cattle farms departments. Designed a new way to implement RFID systems to use which allows the transponders are not on animals and on-site installation of milking machines.

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