

УДК 681.586.73

¹В.Ю. Кучерук, д.т.н., професор
²Є.А. Паламарчук, к.т.н., професор
¹П.І. Кулаков, к.т.н., доцент
¹А.А. Видмиш, студент

ВПЛИВ ПОМИЛОК ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТВАРИН НА РЕЗУЛЬТАТИ ВИМІРЮВАННЯ ЇХ ЗООТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

¹Вінницький національний технічний університет, e-mail: kucheruk@mail.ru

²Вінницький національний аграрний університет, e-mail: yevgen.pal@gmail.com

У статті проведено аналіз джерел помилок ідентифікації тварин на груповій доїльній установці та їх вплив на результати вимірювання при використанні інформаційно-вимірювальних систем зоотехнічних параметрів. Розглянуто види помилок ідентифікації та потоки вимірювальної інформації у таких системах, встановлено співвідношення, які є ознакою недостовірності результатів вимірювання зоотехнічних параметрів повної та неповної групи тварин.

Ключові слова: *групова доїльна установка, радіочастотна ідентифікація тварин, управління стадом, група тварин.*

Вступ

У теперішній час неможливе ефективне функціонування доїльно-молочних відділень тваринницьких ферм без систем автоматичного управління процесом отримання молока. До складу цих систем входять інформаційно-вимірювальні системи параметрів технологічного процесу та інформаційно-вимірювальні системи зоотехнічних параметрів тварин. За їх допомогою здійснюється облік удою на фермі, визначаються параметри молока, здійснюється облік удою кожної тварини, вимірюються її зоотехнічні параметри, забезпечується ефективне управління стадом та тваринницькою фермою. Персоналом ферми вручну проводяться контрольні доїння, планові перевірки на наявність маститу, травмованості тварин, інші зоотехнічні та ветеринарні процедури. Але отримані результати цих операцій теж використовуються системами автоматичного управління процесом отримання молока. Інформаційно-вимірювальні системи зоотехнічних параметрів тварин для доїльно-молочних відділень тваринницьких ферм використовуються у технологічному процесі отримання молока при усіх способах утримання тварин та усіх видах доїльних установок, що підвищує ефективність молочного господарства. Системи ідентифікації тварин є невід'ємною складовою вищевказаних інформаційно-вимірювальних систем. Функціонування інформаційно-вимірювальних систем зоотехнічних параметрів тварин без систем ідентифікації або неможливе, або відбувається із значним обмеженням функціональності. Виходячи з цього, подальше вдосконалення систем радіочастотної ідентифікації тварин, підвищення ефективності їх роботи, є актуальним завданням. Проведені дослідження відносяться до теорії та практики проектування систем ідентифікації тварин та інформаційно-вимірювальних систем для доїльно-молочних відділень тваринницьких ферм.

Аналіз літературних джерел

Для ідентифікації тварин у доїльно-молочних відділеннях ферм використовують різноманітні технічні засоби. Але найбільш розповсюдженими є радіочастотні засоби ідентифікації тварин з пасивними транспондерами, принцип дії яких заснований на зчитуванні унікального цифрового коду з транспондера, який закріплений на тварині [1 - 3]. Зчитування коду здійснюється за допомогою спеціального зчитувача транспондерів (ЗТ). Взаємодія ЗТ та транспондера здійснюється безконтактно, за допомогою радіозв'язку [4]. Параметри та конструкція транспондерів, які встановлюються на тваринах, регулюються міжнародними стандартами [5]. У тваринництві використовуються активні та пасивні транспондери. У активних транспондерів є власне джерело живлення, за рахунок чого досягається велика відстань зчитування. Внаслідок високої вартості та необхідності періодичної заміни елементів живлення, що значно ускладнює експлуатацію доїльної установки [6], активні транспондери не отримали широкого розповсюдження. Пасивні транспондери конструктивно представляють собою монолітні герметичні виробы, які закріплюються на вусі, нозі, під шкірою або у шлунку тварини [4 - 6]. Їх функціонування здійснюється за рахунок енергії електромагнітного поля, яка утворюється ЗТ за допомогою індуктивної антени. Якщо транспондер знаходиться у зоні індукції ЗТ, його коливальна система накопичує енергію, якої достатньо для приведення у дію мікропроцесора і трансивера. Транспондер, у відповідь на запит ЗТ, за допомогою трансивера модулює вхідне електромагні-

тне поле за допомогою індуктивної антени у відповідності зі своїм кодом. ЗТ дешифрує код транспондера [7], після чого він передається до сервера системи. Сервер на основі отриманого коду транспондера визначає номер тварини у стаді [8].

Постановка задачі

При радіочастотній ідентифікації тварин на групових доїльних установках виникають помилки ідентифікації, які можуть бути зумовлені різними причинами. Ці помилки впливають на результати вимірювання зоотехнічних параметрів тварин, внаслідок чого знижується ефективність управління доїльно-молочним відділенням тваринницьких ферм. Виходячи з цього, актуальним завданням, яке необхідно вирішити, є дослідження джерел помилок ідентифікації тварин на груповій доїльній установці, визначення видів помилок ідентифікації, дослідження їх впливу на результати вимірювання зоотехнічних параметрів, встановлення умов, при яких результати вимірювання зоотехнічних параметрів окремих тварин або їх груп є недостовірними.

Рішення проблеми

До складу інформаційно-вимірювальних систем зоотехнічних параметрів як правило входять спеціалізовані засоби ідентифікації тварин, за допомогою яких встановлюється їх індивідуальний номер у стаді, після чого здійснюється вимірювання зоотехнічних параметрів. Найбільш розповсюдженим варіантом реалізації систем ідентифікації тварин на групових доїльних установках є варіант з використанням радіочастотної ідентифікації з пасивними транспондерами та централізованим ЗТ великого радіусу дії, який встановлюється на вході доїльної лінії установки. На рис. 1 наведено структурну схему доїльної лінії, яка обладнана системою радіочастотної ідентифікації з централізованим ЗТ.

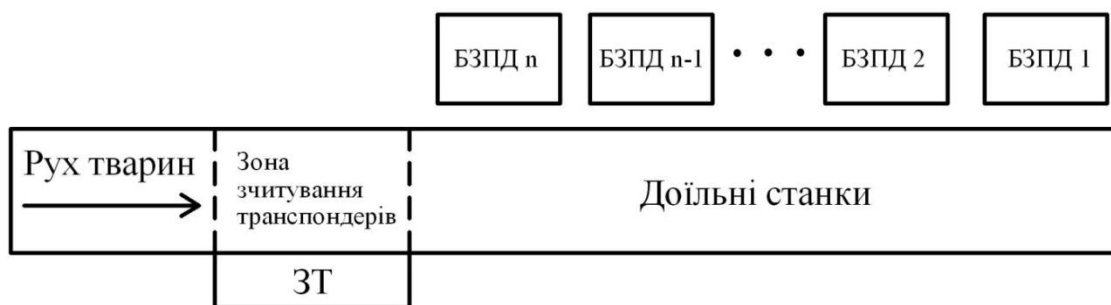


Рис. 1. Структурна схема доїльної лінії, обладнаної системою радіочастотної ідентифікації з централізованим зчитувачем транспондерів

Групові доїльні установки складаються з певної кількості доїльних ліній. Доїльні лінії обладнані стаціонарними доїльними станками (ДС) та розташовані вздовж спеціальних траншей. У траншеях знаходяться дояри, кожен дояр обслуговує одну доїльну лінію. Вхід та вихід тварин здійснюється групами, кількість N тварин у групі дорівнює кількості ДС. Після входу тварин дояр готує першу тварину до доїння, вдягає їй доїльний апарат та переходить до наступної тварини, потім до третьої і т. д. Після закінчення доїння усі тварини здійснюють вихід з установки і на їх місце входить наступна група. Кожний ДС обладнаний блоком забезпечення процесу доїння (БЗПД), за допомогою якого здійснюється керування процесом доїння, управління виконавчими елементами, забезпечується вимірювання необхідних зоотехнічних параметрів тварин та обмін даними з сервером інформаційно-вимірювальної системи. Під час входу тварин на доїльну лінію, вони на шляху до ДС проходять через зону зчитування транспондерів. Конструктивно, прохід для тварин виконаний так, що тварина, яка увійшла першою, буде знаходитись в першому ДС, друга - в другому, і т. д. Таким чином, при роботі групової доїльної установки з централізованим ЗТ утворюються інформаційні потоки службової та вимірювальної інформації, напрямки яких наведені на рис. 2.

Основним елементом, який забезпечує обмін даними між сервером інформаційно-вимірювальної системи та іншими її складовими, є блок забезпечення обміну інформацією (БЗОІ). Завданням цього блоку є управління потоками даних, які виникають в системі, буферизація та перетворення даних, перетворення інтерфейсів, забезпечення завадостійкості тощо.

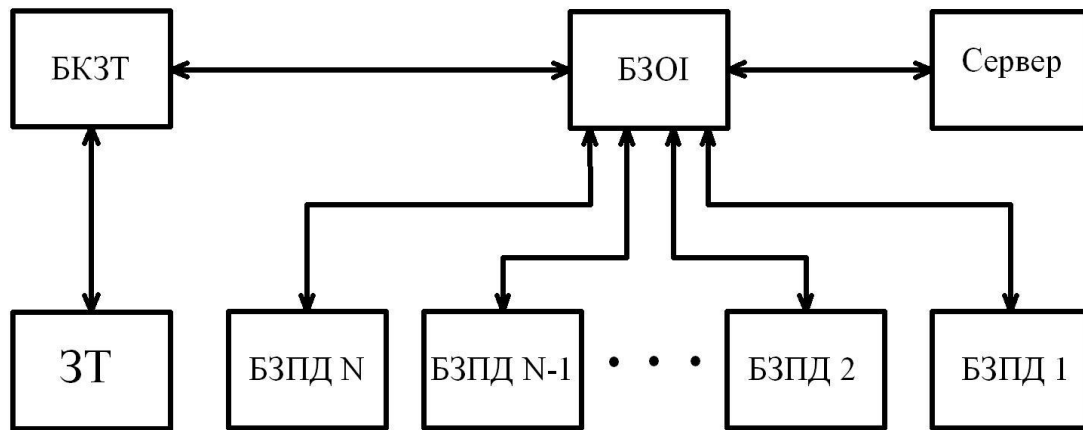


Рис. 2. Напрямки інформаційних потоків при роботі групової доїльної установки

Централізований ЗТ, внаслідок специфіки його роботи, не здійснює безпосередній обмін даними з БЗОІ. Для управління ЗТ використовується блок керування зчитувачем транспондерів (БКЗТ), за допомогою якого забезпечується двосторонній обмін даними між ЗТ та БЗОІ, буферизація даних, контроль та відновлення даних, які отримані від ЗТ, управління вхідними воротами доїльної лінії та перетворення інтерфейсів. При проходженні тварин через зону індукції ЗТ коди транспондерів дешифруються за допомогою БКЗТ та передаються до БЗОІ. БЗОІ, в свою чергу, передає їх до серверу інформаційно-вимірювальної системи, де визначаються номери тварин у стаді, які відповідають кодам транспондерів, та порядок їх розташування у ДС. Після цього сервер передає номери тварин до БЗОІ, який в свою чергу надсилає їх до відповідних БЗПД. Усі виміряні в подальшому зоотехнічні параметри тварин ставляться у відповідність номеру конкретної тварини та за посередництва БЗОІ передаються до сервера інформаційно-вимірювальної системи. Під час знаходження тварини у ДС відбувається вимірювання ряду її зоотехнічних параметрів, до яких відносяться разовий удій, температура тіла, електропровідність молока, тривалість доїння, середня інтенсивність молоковиділення, інтенсивність молоковиділення у певних часових проміжках, латентний період та інш.

Після закінчення процесу доїння в усіх станках, результати вимірювання зоотехнічних параметрів тварин групи можна представити у вигляді набору векторів

$$\begin{aligned}
 A_1 &= (P_{11} \ P_{12} \ P_{13} \ \dots \ P_{1I} \ 1 \ N_{1T} \ N_{1S}), \\
 A_2 &= (P_{21} \ P_{22} \ P_{23} \ \dots \ P_{2I} \ 2 \ N_{2T} \ N_{2S}), \\
 &\dots \\
 A_i &= (P_{i1} \ P_{i2} \ P_{i3} \ \dots \ P_{iI} \ i \ N_{iT} \ N_{iS}), \\
 &\dots \\
 A_N &= (P_{N1} \ P_{N2} \ P_{N3} \ \dots \ P_{NI} \ N \ N_{NT} \ N_{NS}),
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

де I - кількість вимірюваних зоотехнічних параметрів тварини; i - номер ДС, у якому знаходиться тварина; $P_{i1}, P_{i2}, P_{i3}, \dots, P_{iI}$ - зоотехнічні параметри тварини, яка знаходиться у i -тому ДС; N_{iT} - номер транспондера тварини, яка знаходиться у i -тому ДС; N_{iS} - стадний номер тварини, яка знаходиться у i -тому ДС.

Кількість цих векторів дорівнює кількості N ДС у лінії, а кількість координат векторів дорівнює $I + 3$. Координати векторів з номерами від 1 до I уявляють собою виміряні зоотехнічні параметри тварини. Координата з номером $I + 1$ завжди дорівнює i та є номером ДС, у якому знаходилася тварина, координати з номерами $I + 2$ та $I + 3$ є відповідно номером транспондера та стадним номером тварини.

Результат вимірювання зоотехнічних параметрів групи тварин можна представити у вигляді матриці, яка визначається виразом

$$G_R = \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & \dots & P_{1I} & 1 & N_{1T} & N_{1S} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} & \dots & P_{2I} & 2 & N_{2T} & N_{2S} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ P_{N1} & P_{N2} & P_{N3} & \dots & P_{NI} & N & N_{NT} & N_{NS} \end{bmatrix},
 \tag{2}$$

де R - порядковий номер групи тварин.

Матриця (2) складається з вимірних зоотехнічних параметрів групи з N тварин, номеру ДС, у яких відбувалося доїння кожної тварини, номеру транспондера тварини, її стадного номера. Вищевказана матриця формується БЗОІ на основі даних, отриманих від БЗПД, після чого передається до серверу інформаційно-вимірювальної системи.

При ідентифікації тварин можливе виникнення помилок, що зумовлено наступними причинами. Ідентифікація може не відбутися або відбутися з помилкою внаслідок біологічних особливостей руху тварин, порушення регулярності черги, відсутності або втрати транспондера на окремих тваринах. Окрім того, транспондер може бути механічно пошкоджений, не потрапити в зону індукції ЗТ, знаходитись в положенні, коли площини індуктивних антен ЗТ та транспондера взаємно перпендикулярні. Розглянемо, як впливають помилки ідентифікації на роботу інформаційно-вимірювальної системи зоотехнічних параметрів тварин. На рис. 3 наведено схему, яка пояснює вплив помилки ідентифікації на вимірювання зоотехнічних параметрів тварин.

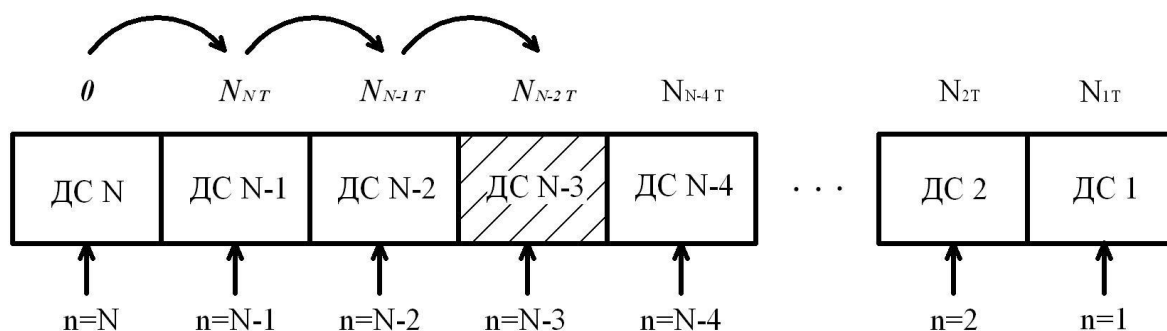


Рис. 3. Вплив помилки ідентифікації на вимірювання зоотехнічних параметрів тварин

При відсутності помилки ідентифікації, тварина з номером $n=1$ у черзі, яка має транспондер з номером N_{1T} , буде знаходитись у ДС 1, тварина з номером $n=2$, яка має транспондер з номером N_{2T} , буде знаходитись у ДС 2, і т. д. У цьому випадку не буде втрат інформації про результати вимірювання зоотехнічних параметрів тварин у групі.

Якщо, наприклад, при проходженні тварини з номером $n=N-3$ через зону індукції ЗТ номер транспондера не буде ідентифікований, сервер не зможе ідентифікувати присутність цієї тварини у ДС $N-3$. В результаті, наступна тварина у черзі, з номером $n=N-2$ та транспондером N_{N-2T} , буде визначена як така, що знаходиться у ДС $N-3$. Відповідно, кожна інша тварина з номером в черзі більшим ніж $n=N-2$, буде визначена як така, що знаходиться у ДС $n-1$, хоча в дійсності вона знаходиться у ДС n . Остання тварина групи з номером $n=N$ в черзі буде знаходитись у ДС N , але значення коду її транспондера та стадний номер будуть визначені сервером як нульові. Алгоритмічно, у цьому випадку, неможливо визначити номер ДС, у якому знаходиться неідентифікована тварина. Виходячи з цього, при наявності однієї помилки ідентифікації у групі, результати вимірювання зоотехнічних параметрів тварин усієї групи є недостовірними.

Шляхом аналізу матриці, що описується виразом (2), можна виявити групу тварин, результати вимірювання зоотехнічних параметрів якої не є достовірними. Якщо група повна, тобто кількість тварин дорівнює кількості ДС, то при наявності помилки ідентифікації, при якій код транспондера взагалі не визначився, буде справедливим співвідношення

$$G_{R N I+2} \vee G_{R N I+3} = N_{NT} \vee N_{NS} = 0, \quad (3)$$

де $G_{R N I+2}$, $G_{R N I+3}$ - елементи матриці G_R , які знаходяться у N -ній строці і стовпцях з номерами $I+2$ і $I+3$, та відповідно є номерами транспондера N_{NT} та тварини у стаді N_{NS} .

Таким чином, виконання співвідношення (3) є ознакою того, що результати вимірювання зоотехнічних параметрів R -тої повної групи тварин є недостовірними.

В процесі доїння, внаслідок певних причин, іноді можуть виникнути неповні групи тварин, тобто коли кількість тварин менша ніж кількість ДС. Як правило, такою групою є остання група поточного доїння, якщо кількість тварин у стаді не кратна кількості ДС. У цьому випадку матриця даних, яка визначається виразом (2), буде мати вигляд

$$G_R = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & \dots & P_{1l} & 1 & N_{1T} & N_{1S} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} & \dots & P_{2l} & 2 & N_{2T} & N_{2S} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ P_{j1} & P_{j2} & P_{j3} & \dots & P_{jl} & j & N_{jT} & N_{jS} \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad (4)$$

де j - кількість тварин у неповній групі.

Ознакою неповної групи є виконання співвідношення

$$\sum_{k=j+1}^N \sum_{l=1}^{I+3} G_{Rkl} = 0. \quad (5)$$

Для неповної групи тварин, ознакою того, що результати вимірювання зоотехнічних параметрів цієї групи є недостовірними, є виконання співвідношення

$$G_{RjI+2} \vee G_{RjI+3} = N_{jT} \vee N_{jS} = 0. \quad (6)$$

Можливий також випадок, коли код транспондера ідентифікувався не вірно, але був переданий на сервер. Якщо помилковий код співпадає з кодом транспондера іншої тварини стада, то результати вимірювання зоотехнічних параметрів будуть віднесені до цієї тварини. У випадку, якщо помилковий код не співпадає з кодом транспондера іншої тварини, результати вимірювання зоотехнічних параметрів будуть віднесені до тварини з нульовим стадним номером. В обох розглянутих випадках, втрачається інформація тільки про одну тварину, інформація про інших тварин у групі залишається достовірною.

Висновки

При радіочастотній ідентифікації тварин на групових доїльних установках можливі наступні варіанти помилок. Якщо код транспондера був визначений з помилкою і цей помилковий код співпадає з кодом транспондера іншої тварини стада, то результати вимірювання зоотехнічних параметрів будуть віднесені до цієї тварини. У випадку, якщо помилковий код не співпадає з кодом транспондера іншої тварини стада, то результати вимірювання зоотехнічних параметрів будуть віднесені до умовної тварини з нульовим стадним номером. У цих двох випадках втрачається інформація тільки про одну тварину, інформація про інших тварин у групі залишається достовірною. При відсутності ідентифікації коду будь-якого транспондера однієї з тварин групи втрачаються результати вимірювання зоотехнічних параметрів усіх тварин з цієї групи. Виходячи з цього, підвищення надійності систем радіочастотної ідентифікації тварин є важливим завданням, яке потребує подальшого вирішення.

Список літератури

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.