

УДК 637.115:637.116:621.396.67

**Паламарчук Є.А.**, кандидат технічних наук, доцент  
Вінницький національний аграрний університет**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗЧИТУВАННЯ ВУШНИХ  
ТРАНСПОНДЕРІВ У АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ  
РІДІОІДЕНТИФІКАЦІЇ ТВАРИН З ВИКОРИСТАННЯМ РАМКОВИХ  
АНТЕН**

*У роботі проаналізовано вплив технічних і біологічних факторів на ефективність роботи систем радіоідентифікації великої рогатої худоби при використанні вушних транспондерів і рідерів з рамковими антенами. Показано, що у подібних системах ефективність зчитування кодів у значній мірі залежить від відстані і взаємоорієнтації антен транспондерів і рідерів. Нестационарність просторового положення транспондера, в процесі руху тварини вдовж антени рідера не дозволяє надійно ідентифікувати тварину.*

*Запропоновано використовувати конструкцію проходу тварин у якості дворамкової просторової антени, що індуктивно пов'язана з антеною рідера, для підвищення ефективності зчитування кодів транспондерів.*

**Ключові слова:** транспондер, радіоідентифікація, рідер, велика рогата худоба.

Системи автоматизованого управління фермами передбачають широке використання різноманітних пристроїв автоматичної ідентифікації тварин. Одним з них є радіочастотний метод, заснований на зчитуванні цифрового унікального коду з електронного пристрою (транспондера), що встановлюється на тварині [1, 3, 7]. Зчитування цифрового коду здійснюється спеціальним пристроєм - рідером. Взаємодія рідера і транспондера здійснюється безконтактним методом з використанням радіозв'язку [9]. Завдяки радіопрозорості неметалевих перешкод (наприклад, шкіра і тканини тварини, вода, дерев'яні і пластмасові предмети) можна здійснювати ефективну ідентифікацію в умовах реального утримання тварин.

В залежності від обставин у тваринництві використовуються як активні, так і пасивні транспондери. Їх параметри регулюються міжнародними стандартами [8].

Особливістю перших є наявність в складі транспондера автономного джерела живлення. Завдяки йому досягається відносно велика відстань розпізнавання і можливість надання транспондеру додаткових функцій, наприклад, збирання і накопичення інформації. В скотарстві такі комбіновані пристрої часто використовуються для збирання інформації про активність тварини і називаються педометрами. Головними недоліками активних транспондерів є необхідність періодичної заміни джерела живлення і відносно велика вартість. Найбільш часто такі пристрої використовуються у дослідницьких цілях.

Пасивні транспондери працюють за рахунок енергії електромагнітного поля, що надходить від рідера. Рівень цієї енергії повинен мати достатню величину, щоби забезпечити живлення електронної схеми транспондера. Такі умови досягаються тоді, коли транспондер знаходиться в зоні індукції коливальної системи рідера і на практиці ця відстань не перевищує декількох метрів.

Конструктивно такі транспондери представляють собою монолітні пластмасові вироби, що оформлені як правило у вигляді вушних бірок [2, 9] (рис. 1). Всередині них знаходиться котушка індуктивності, яка виконує функцію електромагнітної рамкової антени, пасивні, активні елементи і мікропроцесор (рис. 2).



ис. 1. Транспондер.



Рис. 2. Котушка індуктивності.

Принцип дії заснований на одержанні електромагнітного пакету певної частоти і тривалості, енергії якого достатньо для приведення у дію електронного пристрою (мікропроцесора і радіопередавача). Останній генерує у відповідь власний електромагнітний пакет з цифровим кодом транспондера. Цей пакет надсилається у ефір передавачем пристрою тією ж самою рамковою антеною.

Через те, що геометричні розміри котушок антен рідера  $dar$  і транспондера  $dat$ , а також відстань між ними  $l$  набагато менші за довжину хвилі електромагнітних коливань ( $dar \ll \lambda$ ,  $dat \ll \lambda$ ,  $l \ll \lambda$ ), то їх енергетичну взаємодію можна представити моделлю двох коливальних систем з індуктивним взаємозв'язком (рис. 3).

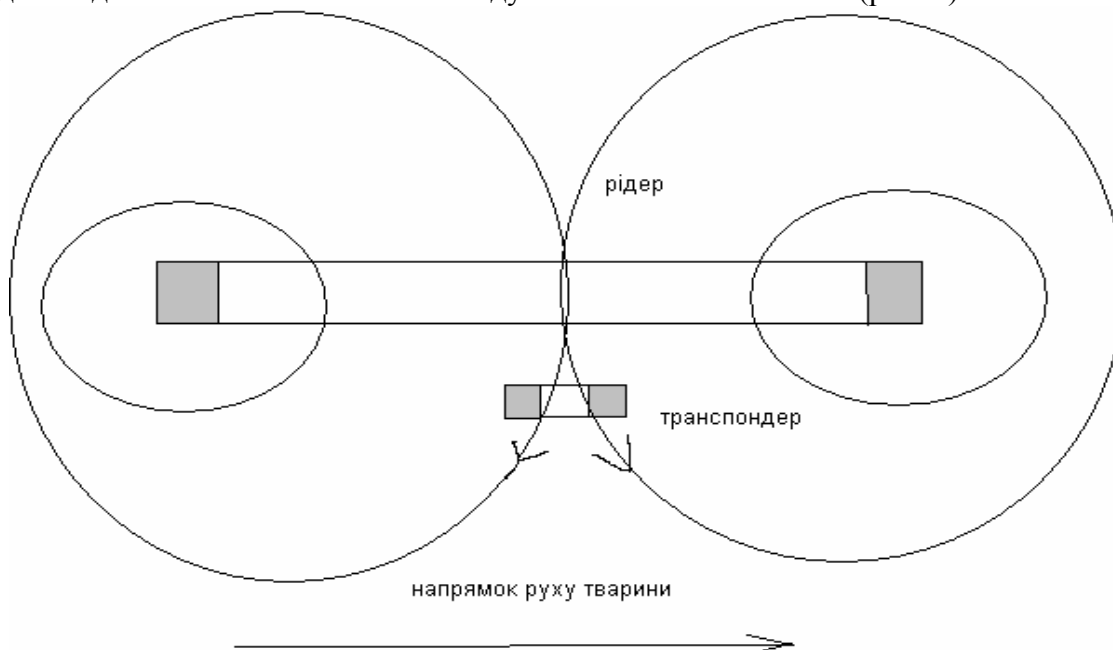


Рис. 3. Модель коливальних систем з індуктивним взаємозв'язком.

Коефіцієнт взаємоіндукції між контурами рідера і транспондера можна записати як

$$K_{\hat{a}} \sim \frac{\cos(\alpha) * K_0 * K_m}{l^2}, \quad (1)$$

де:  $K_0$  — стала величина, що визначає загальні втрати омичного характеру,

$K_m$  — коефіцієнт взаємоіндукції,

$\alpha$  — кут між площинами коливальних контурів,

$l$  — відстань між площинами коливальних контурів.

З формули слідує, що відстань між об'єктами зворотно пропорційно впливає на величину  $K_{\hat{a}}$ . Другим важливим фактором є кут між площинами коливальних контурів. У випадку його кратності до  $90^\circ$  маємо  $K_{\hat{a}}=0$ . З викладеного слідує, що для одержання максимально  $K_{\hat{a}}$  за умови фіксованості геометричних розмірів коливальних систем, на практиці слід забезпечувати паралельність їх площин і зменшувати відстань між антенами рідера і транспондера.

На практиці транспондери у великої рогатої худоби (ВРХ) встановлюють у декілька способів. Одним з них є використання спеціального ошейника з важелем. Важіль забезпечує постійну орієнтацію транспондера по відношенню до продольної вісі тварини. Іншим способом, що забезпечує сталість орієнтації транспондера вздовж тіла тварини, є виконання його у вигляді спеціальної пластикової ампули, яка розташовується у травному тракті тварини.

Широко використовуються також транспондери у вигляді вушних бірок [6] (рис. 1). Маючи відносно невелику вартість, конструктивну простоту і відмінні експлуатаційні характеристики, вони не мають можливості бути чітко орієнтованими відносно тварини внаслідок рухливості її вух. Це означає, що в процесі взаємодії такого транспондера із рідером величина куту  $\alpha$  між ними може бути довільною.

Енергетичний взаємозв'язок коливальних контурів рідера і транспондера здійснюється магнітним полем взаємоіндукції. Для круглої котушкової антени напруженість магнітного поля визначається як

$$H = \frac{I * N * a^2}{2 * (a^2 + r^2)^{3/2}} \approx \frac{I * N * a^2}{2 * r^3}, \quad (2)$$

де:  $r \gg a$ ,

$H$  - напруженість магнітного поля (A/m),

$I$  - струм в антені (A),

$N$  — кількість витків,

$a$  — радіус антенної котушки (m),

$r$  — відстань від антени.

Із формули слідує, що для певного типу транспондера або рідера, де  $I$ ,  $N$  та  $a$  можна вважати сталими величинами, напруженість магнітного поля зворотно до кубу відстані між антенами і складає -60 дБ/декаду. Якщо представити сталі величини коефіцієнтом  $k$ , то маємо вираз для залежності напруженості магнітного поля від відстані

$$H = \frac{k}{r^3}. \quad (3)$$

У свою чергу, напруга на антенному контурі, що збуджується змінним магнітним полем визначається як

$$V = 2 * \pi * f * N * S * \mu_0 * H * \sin(\alpha), \quad (4)$$

де:  $2 * \pi * f$  — кругова частота,

$N$  — кількість витків,

$S$  — площа котушки ( $m^2$ ),

$Q$  — добротність,

$\mu_0$  — магнітна проникливість вакууму,

$H$  — напруженість магнітного поля (A/m),

$\sin(\alpha)$  — кут між площиною котушки і вектором магнітного поля.

Для певного типу транспондера або рідера всі величини (4) окрім  $H$  і  $\alpha$  можна вважати сталими. Тому вираз (4) можна представити як

$$V = n * H * \sin(\alpha), \quad (5)$$

де  $n$  — коефіцієнт пропорційності.

Підставивши (3) в (5), одержуємо:  $V \sim \frac{\sin(\alpha)}{r^3}$ . (6)

Із (6) слідує, що для певної модельної пари рідер-транспондер напруга в антенних контурах визначається відстанню і кутом між їх площинами. На практиці існує деяка порогова величина  $V$ , починаючи з якої може відбуватись ефективний обмін даними між транспондером і рідером. Для активних транспондерів вона є відносно низькою і обмежується пороговим співвідношенням сигнал/шум. Як правило порогове значення  $V$  для них лежить в межах від десятків до тисяч мікрвольт.

Для пасивних транспондерів визначальним є наявність достатньої для живлення електричної схеми транспондера напруги, яка утворюється електромагнітним полем рідера. Тому порогове значення  $V$  для них на три-чотири порядки вище, ніж для активних транспондерів і складає одиниці вольт.

При використанні вушних пасивних транспондерів найбільш варіативною величиною в (6) стає кут  $\alpha$ , який може приймати будь-які значення в діапазоні від  $0^0$  до  $180^0$ . Відстань  $r$  між антенами рідера і транспондера може регулюватись конструктивними рішеннями для проходу тварин і тому не є настільки критичною, як  $\alpha$ . При кутах близьких до  $\pm 90^0$  утворюється так звана “мертва зона” і зчитування стає неможливим (рис. 4). При кутах близьких до  $0^0$  або  $180^0$  взаємоіндукція і відстань зчитування є максимальними. При інших кутах відстань зчитування стає меншою за максимальну.

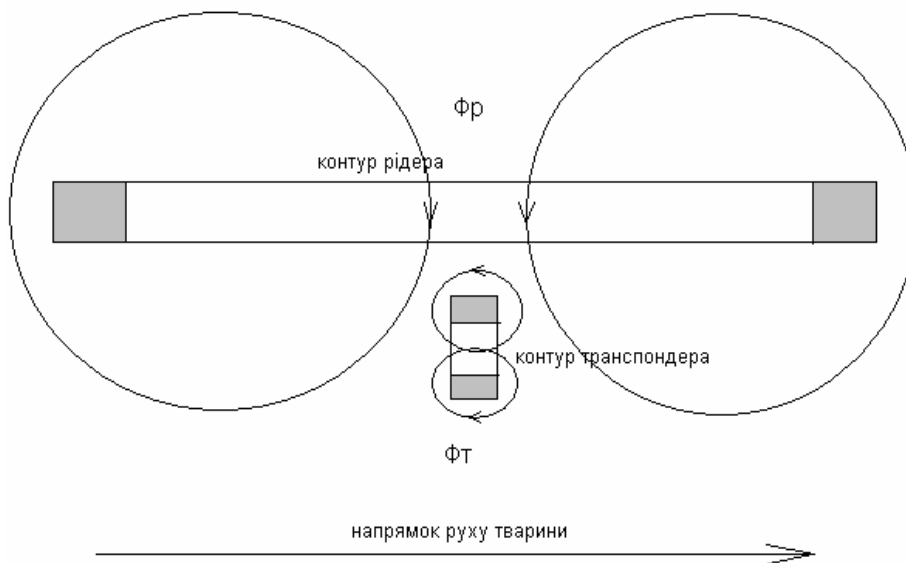


Рис. 4. Утворення мертвої зони у коливальних системах.

На практиці в процесі руху тварин вздовж рідера просторова орієнтація транспондера може бути довільною, а його відстань від площини рідера також сильно змінюватись. Наприклад, голова тварини в момент проходження біля рідера може бути піднятою, опущеною донизу або ж повернута убік. У таких обставинах транспондер може бути виведений поза зону зчитування, що призведе до втрати інформації про тварину [6]. Для розширення зони зчитування пропонується використовувати двоконтурну ортогональну антенну (рис. 5).

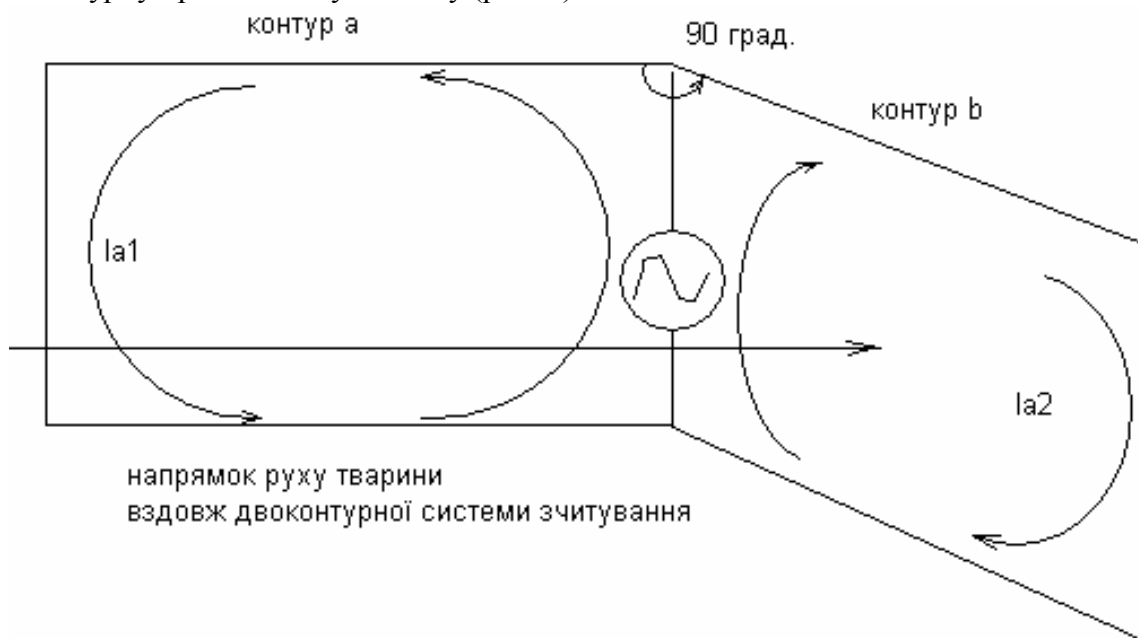


Рис. 5. Двоконтурна ортогональна антенна.

Контур *a* розташований вздовж руху тварини, а контур *b* представляє рамку, через яку тварина проходить. Збудження контурів відбувається від еквівалентного

генератора  $G$  який викликає в кожному з них струми  $I_1$  та  $I_2$ . Внаслідок суперпозиції полів кожного контура за умови рівності струмів  $I_1$  та  $I_2$  і їх геометричних розмірів, в дальній зоні буде одержана діаграма направленості, що є еквівалентною до діаграми направленості магнітної дипольної антени повернутої на  $45^\circ$ . В реальних умовах взаємодія відбувається в зоні індукції.

На рис. 6 наведено сімейство еквіпотенційних кривих і орієнтації транспондера, коли електромагнітний взаємозв'язок є мінімальним і зчитування коду є неможливим. Розглядаючи рух тварини вздовж всієї системи стає очевидним, що при будь-якому початковому куті орієнтації її транспондера в процесі пересування, він обов'язково потрапляє в зону зчитування контуру  $a$  або контуру  $b$ . Теоретично існують випадки, коли протягом руху вздовж системи транспондер може постійно залишатись поза зоною зчитування, але при цьому його просторова орієнтація має слідувати за еквіпотенціальною кривою.

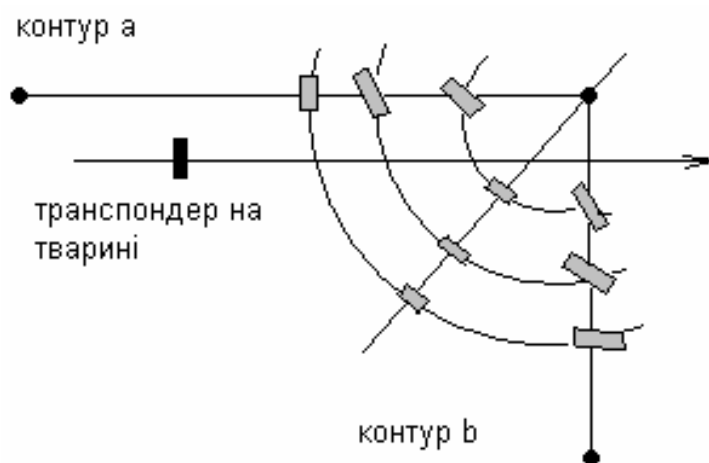


Рис. 6. Еквіпотенційні криві і орієнтація транспондера.

**Експериментальні дослідження і аналіз результатів.** Для оцінки ефективності зчитування кодів одноконтурною і двоконтурною системами, була створена експериментальна установка на базі автоматизованої системи управління фермою "АСУ-Ферма-2" виробництва ВАТ "Брацлав". Експерименти проводились на базі одного з молочних господарств Черкаської області у два етапи. На першому етапі досліджувалась одноконтурна система, а на другому – двоконтурна. Дослідження одноконтурної системи походили на дійному стаді із 132 тварин, а двоконтурної на стаді із 128 тварин. В експериментах використовувались по дві незалежних системи зчитування, що монтувались у двох проходах до доїльного залу.

У таблиці 1 наведені експериментальні результати, що були одержані при проходженні 396 тварин через описану систему зчитування (в дослідженнях використовувалось 132 дійні корови, які заходили до доїльного залу протягом 3 доїнь). Як слідує із таблиці 1, в 14 випадках коди транспондерів не були зчитані внаслідок низько опущеної голови. У 5 випадках тварини піднімали голову вище верхньої границі зчитування. У 9 випадках, коли транспондер проходив вздовж рідера, зчитування не

відбувалось. Зазначимо, що відстань між транспондером і контуром зчитування була суттєво збільшеною через те, що тварина тримала голову повернутою вправо і сам транспондер у цей момент знаходився перпендикулярно до площини рідера. У 34 випадках спостерігалось ортогональне взаєморозташування площин транспондера і рідера.

У той же час, функціонування двоконтурної системи зчитування надає суттєво кращі результати, ніж одноконтурна. З неї слідує, що процент успішних зчитувань кодів транспондерів збільшився з 61,6% (вибірка з 396 тварин) до 99,7% (вибірка з 363 тварин). Випадки не зчитування, характерні для одноконтурної системи тут не спостерігались. Був зафіксований лише 1 епізод із невизначеною причиною, коли код транспондера не був зчитаний.

Таблиця 1. Результати експериментального дослідження роботи одноконтурної і двоконтурної систем

Результати зчитування		Одноконтурна система		Двоконтурна система	
		Кількість	%	кількість	%
Успішно		244	61,6%	362	99,7%
Код транспондера не зчитаний	Транспондер над рідером	5	1,3%	-	0%
	Транспондер під рідером	14	3,5%	-	0%
	Поворот голови вправо	9	2,2%	-	0%
	Ортогональне розташування площини транспондера і рідера	34	8,6%	-	0%
Всього не зчитано		52	13%	1*	0,3%
Всього досліджено		396	100%	363	100%

Примітка: \* - причину не встановлено.

**Висновки:** 1. Використання одноконтурних систем радіоідентифікації не забезпечують задовільні характеристики зчитування для випадків використання вушних транспондерів в процесі руху тварин.

2. Основними чинниками ненадійного зчитування є велика зона можливого вертикального і горизонтального положення голови тварини, а також довільний кут просторової орієнтації транспондера, визначений поведінкою тварини.

3. Головною причиною відсутності зчитування коду в одноконтурних системах є ортогональне розташування площин антен транспондера і рідера.

4. Використання двоконтурної антенної системи рідера дозволяє суттєво

розширити зону зчитування і таким чином збільшити точність розпізнавання тварин.

5. Використання ефекту взаємодукції між рамковою антеною панельного рідера і металевою конструкцією, на якій вона встановлюється, надає можливість розширювати зону зчитування в заданій площині і необхідному напрямку.

6. Використання вушних транспондерів у системах, де зчитування їх коду відбувається в процесі руху тварин теоретично не дозволяє одержати 100% розпізнавання і вимагає використання додаткових технічних рішень.

---

### Література

1. AIMI. 1998. Radio Frequency Identification RFID- A basic primer. AIM International, Inc. white paper. Document version: 1.1.
2. Allflex Electronic ID // <http://www.allflexusa.com>
3. Babet, 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.
4. 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.
5. Bryant, A.M. 2007. Performance of ISO 11785 low-frequency radio frequency identification devices for cattle. M.S. Thesis, Kansas State Univ., Manhattan.
6. 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.
7. Domdousis, K., B. Kumar, C. Anumba. 2007. Radio-frequency identification (RFID) applications: A brief introduction. *Adv. Engineering Informatics* 21:350-355.
8. ISO 11784/85. Radio frequency identification of animals. // <http://www.iso.org>
9. RFID Journal // <http://www.rfidjournal.com>

---

### Summary

**The method of increasing the efficiency of transponder code reading in automated radioidentification systems with coil antennas / Palamarchuk Y.A.**

In this article the influence of technical and biological factors on efficiency of RFID systems with ear TAGs and panel readers is analyzed. The main factors that cause efficiency of them are distance between reader and transponder and angle between their surfaces. Unstability of this angle while cattle moving along reader does not allow to get satisfactory TAG code reading.

By using metal construction of animal passage-way as a double coil antenna the exactness of TAG code reading can be substantially improved.