

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка

Попрядухін Вадим Сергійович

УДК 621.374

**ЕЛЕКТРОМАГНІТНИЙ МЕТОД І ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ  
ТЕРАПІЇ ГІНЕКОЛОГІЧНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ ТВАРИН**

05. 11. 17 – біологічні та медичні прилади і системи

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків – 2017

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Таврійському державному агротехнологічному університеті Міністерства освіти і науки України, м. Мелітополь.

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор **Федюшко Юрій Михайлович**, Таврійський державний агротехнологічний університет, завідувач кафедри електротехнології і теплових процесів.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор **Косуліна Наталія Геннадіївна**, Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, завідувач кафедри технотроніки і теоретичної електротехніки;

доктор технічних наук, професор **Аврунін Олег Григорович**, Харківський національний університет радіоелектроніки, професор кафедри біомедичної інженерії.

Захист відбудеться «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 р. о \_\_\_ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д64.832.01 в Харківському національному технічному університеті сільського господарства імені Петра Василенка за адресою: 61002, Україна, м. Харків, вул. Алчевських (Артема), 44.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка за адресою: 61002, Україна, м. Харків, вул. Алчевських (Артема), 44.

Автореферат розісланий «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

О. Д. Черенков

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Вступ.** Кризовий стан в тваринництві України характеризується спадом виробництва молока і м'яса, в тому разі і за рахунок безпліддя маткового поголів'я корів. Основними післяпологовими хворобами у корів є акушерсько-гінекологічні хвороби, серед яких основне місце займає патологія гонад (яєчників).

Економічний збиток від цього захворювання складається з низької молочної продуктивності, недоотримання телят, збільшення витрати сперми і раннього вибракування худоби. Одним з перспективних напрямків вирішення задач такого масштабу та складності є використання інформаційних електромагнітних випромінювань (ЕМВ) з оптимальними біотропними параметрами для лікування патології яєчників великої рогатої худоби (ВРХ). У дисертаційній роботі вирішується важлива для теорії і практики задача з визначення параметрів електромагнітного поля (ЕМП) і створення випромінюючої системи для внутрішньоутробного лікування патології яєчників ВРХ.

**Актуальність теми.** Експлуатація маточного поголів'я ВРХ в значній мірі визначається виникненням у тварин різних патологічних змін в організмі і статевих органах, що ведуть до порушення їх репродуктивної функції, втрати продуктивності. Проведений аналіз показує, що за останній час яловість корів знаходиться в межах 17 – 30%, а в окремих господарствах відсоток безплідних тварин досягає 40% від числа маточного поголів'я. Економічні збитки від утримання лише однієї корови з порушеною відтворювальною функцією становить в середньому до 100 грн. на добу. Основними хворобами яєчників у корів, найчастіше, зустрічаються: запалення яєчників (оваріо) – до 15%; гіпофункція яєчників – до 30%; персистентне жовте тіло – до 90%; кіста яєчників – до 30%; атрофія яєчників – до 40%; склероз яєчників – до 10% від числа безплідних корів.

У сучасних умовах для лікування хвороби і розладів функції яєчників корів використовуються антибіотики, гормони і інші хімічні препарати. Проте терапевтична ефективність залишається низькою, так як при призначенні лікувальних заходів не враховується складний багатокомпонентний комплекс в регуляції, крім того, антибіотики та інші медикаменти, потрапляючи в організм людини через молоко і м'ясо корів пригнічують імунітет, уражають печінку і інші органи, що призводить до різних захворювань. Тому немедикаментозне лікування

яєчників у корів є актуальною задачею.

Літературний аналіз показує, що лікування хвороби яєчників корів можливо на основі застосування інформаційного ЕМВ крайвисокочастотного (КВЧ) діапазону. При впливі ЕМВ на патологічні процеси в яєчниках ВРХ відбувається знищення патогенних мікроорганізмів (стафілококів), активація регенеративних процесів, прискорення і корекція гормональних і ферментативних систем, що призводить до одужання тварини. Однак, бажані зміни властивостей біологічних об'єктів можуть бути отримані тільки при оптимальному поєднанні біотропних параметрів ЕМП (частота, щільність потоку потужності, експозиція, модуляція, поляризація). Визначення біотропних параметрів ЕМП для лікування хвороби яєчників ВРХ пов'язано як з теоретичними дослідженнями процесу взаємодії інформаційних ЕМП з яєчниками корів з урахуванням їх морфологічної будови і електрофізичних властивостей, так із дослідженнями випромінюючої системи для внутрішньоутробного лікування, що є актуальною задачею.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами..**

Тема дисертаційної роботи пов'язана з загальними Українськими програмами: постановою Президії Національної академії наук України від 25.02.2009 р. №55 «Основні наукові напрямки, найважливіші проблеми фундаментальних досліджень у галузі природничих, технічних і гуманітарних наук на 2009...2013 роки»; постановою Кабінету Міністрів України «Про основні напрямки державної аграрної політики на період до 2015 р.». За планами НДР і ДКР Таврійського державного агротехнологічного університету були виконані наступні науково-дослідні роботи: «Розробка наукових систем, технологій і технічних засобів для забезпечення продовольчої безпеки Південного регіону України», номер державної реєстрації 0102U000678; «Практичні аспекти застосування низькоенергетичного ЕМП в медицині і сільському господарстві», номер державної реєстрації 0104U003720.

**Мета і задачі дослідження.** Метою дисертаційної роботи є створення електронної системи та інформаційного електромагнітного методу для внутрішньоутробного лікування хвороби і розладів функції яєчників маточного поголів'я великої рогатої худоби.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- провести аналіз фізіологічних особливостей хвороби яєчників у

корів та методів їх лікування;

- провести аналіз біофізичного впливу інформаційних ЕМВ для лікування хвороби і розладів функції яєчників корів;

- розробити модель взаємодії інформаційного ЕМВ КВЧ діапазону з яєчниками корів;

- на основі теоретичних досліджень визначити біотропні параметри ЕМП для лікування яєчників тварин;

- провести теоретичні дослідження з визначенням параметрів випромінюючої системи для внутрішньоутробного лікування хвороби яєчників великої рогатої худоби;

- провести експериментальні дослідження щодо впливу інформаційного ЕМВ КВЧ діапазону на хворобу яєчників корів в лабораторних і виробничих умовах.

**Об'єкт дослідження.** Процес лікування патології яєчників ВРХ інформаційним ЕМВ КВЧ діапазону.

**Предмет дослідження.** Електронні системи та метод інформаційної електромагнітної технології для лікування патології яєчників тварин ВРХ.

**Методи дослідження** ґрунтуються на способах вирішення інтегральних та диференціальних рівнянь; біофізики та теоретичних положеннях електродинаміки; математичної фізики; електроніки та схемотехніки; математичних методах планування повного факторного експерименту.

**Наукова новизна** отриманих результатів полягає в тому, що в даній роботі:

- вперше, на основі розробленої моделі, теоретично досліджено процес взаємодії інформаційних ЕМП КВЧ діапазону з яєчниками ВРХ яким необхідне безмедикаментозне лікування;

- вперше визначено біотропні параметри інформаційного ЕМП КВЧ діапазону для лікування хвороби і розладів функції яєчників корів;

- отримала подальший розвиток теорія аналізу антенних системи для лікування запалень яєчників тварин, що відрізняє від відомих тим, що в них визначені параметри рупорної антени узгодженої з порожнистим діелектричним хвилеводом і збираючою лінзою;

- вперше математично інтерпретовано вплив параметрів ЕМП на процес лікування хвороби і розлади функції яєчників корів.

**Практичне значення роботи** полягає в тому, що отримані результати формують науково-технічну базу з створення електронних

систем і електромагнітного методу лікування хвороби і розладів функції яєчників корів. На основі теоретичних і експериментальних досліджень була створена випромінювальна система в КВЧ діапазоні хвиль для внутрішньоутробного лікування хвороби і розладів функції яєчників корів. Застосування ЕМІ для лікування яєчників корів дозволить виключити медикаменти, скоротити в 2...3 рази тривалість лікування, підвищить результативність лікування до 98%. Економічна ефективність електромагнітної терапії запалення яєчників корів складе близько 1000 грн. на корову. Результати досліджень апробовані в 2015 – 2016 рр. в господарствах Кегичівського району Харківської області.

**Особистий внесок** здобувача в наукових роботах, написаних у співавторстві полягає в наступному:

- в роботі [3] автору належить обґрунтування з позицій біофізики застосування інформаційного ЕМВ міліметрового діапазону (мм) довжин хвиль для лікування яєчників тварин.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення і результати дисертаційної роботи заслуховувалися та обговорювалися на: міжнародній науково-технічній конференції молодих вчених «Відновлювальна енергетика, новітні автоматизовані електротехнології в біотехнічних системах АПК», Київ, НУБіП-2016 р.; міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України», Харків, ХНТУСГ, 2016 р.; 3 Всеукраїнській науково-технічній конференції «Актуальні проблеми автоматики та приладобудування», Харків, НТІ (ХПІ), 2016 р.; международной научной конференции (Россия), (Белгород, БГСГА, 2014 г.); международной научно-технической конференции «Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК» (Беларусь), Минск, БГАТУ, 2015 г.); науково-практичній студентській конференції (Харків, ХНТУСГ, 2014 р.); науково-технічній конференції науково-педагогічних працівників, аспірантів і вчених (м. Кам'янець-Подільський, ПДАТУ 2015 р.).

**Публікації.** Основні положення дисертаційної роботи опубліковані в 2 статтях фахових науково-технічних збірниках, 3 статтях науково-технічних журналах і 3 тезах доповіді.

**Структура і обсяг дисертації.** Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, додатків і списку використаних джерел. Повний обсяг дисертації викладено на 133 сторінок, містить 26 рисунка, 4 таблиці, 2 додатка на 8 сторінках, список використаних джерел нараховує 135 найменувань на 14 сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовується актуальність теми дисертації, формулюється наукове завдання, що розв'язує, розкриває сутність і стан цього завдання, висвітлюється зв'язок роботи з програмами, планами та темами НДР, формулюються напрямки та наукові задачі дослідження, розв'язання яких забезпечує значущість одержаних результатів, визначається наукова новизна та практичне значення отриманих результатів.

У першому розділі проведено аналіз методів і електронних систем для лікування хвороби яєчників маточного поголів'я ВРХ. Інтенсифікації відтворення ВРХ значною мірою стримується виникненням у маточного поголів'я тварин різних патологічних змін в організмі і статевих органах, що ведуть до порушення їх репродуктивної функції, втрати плідності і продуктивності. У тваринницьких господарствах України щорічно відзначається до 40% рівень безпліддя та яловості корів. Основними післяпологовими хворобами у корів є акушерсько-гінекологічні хвороби, серед яких основне місце займає патологія гонад (яєчників). Основними хворобами яєчників у корів, найчастіше, зустрічаються: запалення яєчників (оваріо), гіпофункція яєчників, персистентне жовте тіло, кіста яєчників, атрофія яєчників, склероз яєчників. Захворювання корів хворобою яєчників тягне за собою зниження заплідненості корів на 17...40%, збільшення від отелення до плідного осіменіння на 40...60 днів, зменшення виходу приплоду та молочної продуктивності на 12...18%.

Проведений аналіз показує, що економічний збиток від цього захворювання складається з низької молочної продуктивності, недоотримання телят, збільшення витрати сперми і раннього вибракування худоби. У сучасних умовах для лікування яєчників корів використовуються окситоцин, пеніцилін, неоцілін, та ін. Медикаменти не завжди приводять до одужання тварин і, крім того, антибіотики та інші медикаменти, потрапляючи в організм людини через молоко і м'ясо корів, пригнічують імунітет, уражають печінку і інші органи, що призводить до різних захворювань. Тому немедикаментозне лікування яєчників у корів є актуальним завданням.

Аналіз досліджень з дії інформаційних ЕМП на біологічні об'єкти, що проводяться: в Московському центрі інформаційної медицини під керівництвом Бессонова А. Є.; в ІРЕ РАН під керівництвом

Н. Д. Девяткова; у Харківському НТУСГ під керівництвом О. Черенкова, М. Лисиченка, Ю. Мегеля, Н. Косуліної; у Новосибірському інституті під керівництвом Козначеева О. П., показують, що найбільший терапевтичний ефект у ветеринарії і медицині слід чекати від інформаційних ЕМВ мм діапазону. Електромагнітні коливання здатні викликати конформаційні перебудови клітинних структур, впливати на проникність біологічних мембран і служити інформаційним сигналом для регуляторних систем усього біологічного об'єкта.

Застосування інформаційних ЕМП КВЧ діапазону дає можливість лікування багатьох захворювань за рахунок залучення додаткових внутрішніх ресурсів (нервова, ендокринна, імунна, судинна системи та ін.) для відновлення систем саморегуляції, заблокованих негативною інформацією на клітинному рівні.

Проведений аналіз робіт з фізіотерапії тварин показує, що лише в небагатьох роботах розглядаються питання лікування гінекологічних хвороб маточного поголів'я ВРХ інформаційним ЕМВ КВЧ діапазону.

У багатьох роботах недостатньо вивчається питання створення математичних моделей, здатних дати аналітичне визначення біотропних параметрів ЕМВ на клітинному, молекулярному рівнях організації біооб'єктів, відсутня методологія створення випромінюючих систем для внутрішньоутробного лікування хвороби яєчників корів.

**У другому розділі** проведено теоретичній аналіз з виявлення біотропних параметрів інформаційного ЕМП КВЧ діапазону довжин хвиль для лікування хвороби яєчників маточного поголів'я ВРХ.

Для визначення біотропних параметрів необхідно було теоретично визначити розподіл ЕМП при різних частотах і експозиціях випромінювання, різної щільності потоку потужності.

Для вирішення поставленої задачі в якості ЕМВ розглядалися лінійно поляризована монохроматична електромагнітна хвиля, що розповсюджується в середовищі, де розташовані яєчники.

Модель яєчників корови модулюється сфероїдом обертання (рис. 1), заповненого ізотропним середовищем з діелектричної проникністю  $\varepsilon_0$  і магнітною проникністю  $\mu_0$  ( $\varepsilon_0$  та  $\mu_0$  – діелектрична і магнітна проникності вакууму).

В результаті дифракції електромагнітної хвилі на яєчнику корови виникає вторинне ЕМП (поле дифракції) з векторами напруженості



електричного і магнітного полів  $\vec{E}_{\pm}, \vec{H}_{\pm}$  (знак «+» відповідає полю всередині яєчника, а знак «-» полю зовні яєчника).

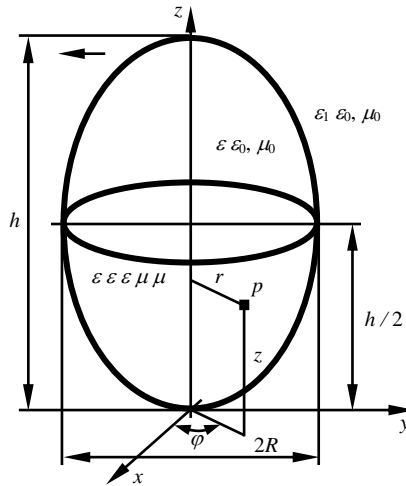


Рис. 1. Електродинамічна модель яєчника корови

Вторинне ЕМП повинно задовольняти однорідної системи рівнянь Максвелла як всередині яєчника, так і зовні.

$$\text{rot}\vec{E}_{\pm} = i\omega\mu_0\vec{H}_{\pm}, \quad \text{rot}\vec{H}_{\pm} = -i\omega\varepsilon_1\varepsilon_0\vec{E}_{\pm}, \quad (1)$$

$$\text{rot}\vec{H}_{\pm} = -i\omega\varepsilon_0\vec{E}_{\pm}, \quad \text{div}\vec{E}_{\pm} = 0, \quad \text{div}\vec{H}_{\pm} = 0. \quad (2)$$

Крім рівнянь (1), (2) поле дифракції має задовольняти граничним умовам на поверхні яєчників, а поза яєчників – умові випромінювання. Для розподілу електричного поля всередині яєчників корів, отримаємо інтегральне рівняння еквівалентне задачі (1), (2). З цією метою скористаємося уявленнями для ЕМП за допомогою векторних потенційних функцій і інтегральними формулами теорії векторних полів.

Припустимо  $Q$  позначає область простору, яку займають яєчники. Рівняння (1), (2) представимо в наступному вигляді:

$$\operatorname{rot}\vec{H} = -\frac{ik}{W}\vec{E} + \vec{j}, \quad (3)$$

$$\operatorname{rot}\vec{E} = ikW\vec{H}. \quad (4)$$

Введено позначення  $k = \omega\sqrt{\varepsilon_1\varepsilon_0\mu_0}$ ,  $W = \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_1\varepsilon_0}}$ :

$$\vec{E} = \begin{cases} \vec{E}_+ + \vec{E}^{\text{пад}}, & p \in Q \\ \vec{E}_- + \vec{E}^{\text{пад}}, & p \notin Q \end{cases}, \quad \vec{H} = \begin{cases} \vec{H}_+ + \vec{H}^{\text{пад}}, & p \in Q \\ \vec{H}_- + \vec{H}^{\text{пад}}, & p \notin Q \end{cases}, \quad (5)$$

$$\vec{j} = \begin{cases} \frac{ik}{W}(\varepsilon - \varepsilon_0)\vec{E}_+, & p \in Q \\ 0, & p \notin Q \end{cases}. \quad (6)$$

Рівняння (3), (4) можна розглядати як неоднорідні рівняння Максвелла в однорідному середовищі з діелектричної проникністю  $\varepsilon_1\varepsilon_0$  і магнітною проникністю  $\mu_0$ , а векторну функцію  $\vec{j}$  вважати щільністю струму заданого в області  $Q$ .

Припустимо, що величина  $\vec{j}$  відома. Тоді рішення рівнянь (3), (4), можна уявити за допомогою векторної потенційної функції  $\vec{F}$  за відомими формулами:

$$\vec{F}(p) = \int_Q \vec{j}(q)G(|p-q|)dv_q, \quad (7)$$

$$\vec{E} = \frac{W}{ik}q\operatorname{raddiv}\vec{F} - ikW\vec{F}, \quad (8)$$

$$\vec{H} = \operatorname{rot}\vec{F}. \quad (9)$$

Функція  $G(|p-q|)$  є функцією Гріна тривимірного скалярного

рівняння Гельмгольца, де  $|p - q|$  – відстань між точками  $p$  та  $q$ . З урахуванням (5), після ряду перетворень було отримано інтегро-диференціальне рівняння:

$$\begin{aligned} \bar{E}_+(p) = k^2 \left(1 - \frac{\varepsilon}{\varepsilon_1}\right) \int_Q \bar{E}_+(q) G(|p - q|) dv_q + \\ + \left(1 - \frac{\varepsilon}{\varepsilon_1}\right) q \operatorname{grad} \operatorname{div} \int_Q \bar{E}_+(q) G(|p - q|) dv_q + \bar{E}^{\text{пад}}. \end{aligned} \quad (10)$$

Вираз (10) є інтегро-диференціальним рівнянням щодо напруженості електричного поля всередині яєчників (область  $p \in Q$ ). Коли точка  $p \in Q$ , то при відомому полі  $\bar{E}_+$  вираз (10) дозволяє розрахувати електричне поле поза яєчників. Побудова рішення цього рівняння є складною обчислювальною проблемою. У зв'язку з цим за допомогою інтегро-диференціальних формул теорії векторних полів рівняння (10) було перетворено до простішого вигляду:

$$\begin{aligned} \bar{E}_+(p) = k^2 \left(1 - \frac{\varepsilon}{\varepsilon_1}\right) \int_Q \bar{E}_+(q) G(|p - q|) dv_q - \\ - \left(1 - \frac{\varepsilon}{\varepsilon_1}\right) \int_{\partial Q} (\bar{E}_+(q), \bar{n}) q \operatorname{grad}_q G(|p - q|) ds_q + \bar{E}^{\text{пад}} \end{aligned} \quad (11)$$

Вираз (11) є знайденим рівнянням для ЕМП всередині яєчника. На основі рівняння (11) були отримані формули для розрахунку середнього значення електричного поля всередині яєчників.

$$U_{\text{сеп}} = \frac{E_{\text{зсеп}}}{E_0} \cong \frac{9\pi k R}{16} \left[ 1 - (kR)^2 \left(1 - \frac{\varepsilon}{\varepsilon_1}\right) \frac{9ih^4}{16R^4} D_1 \right], \quad (12)$$

де

$$D_1 = 0,5 \int_0^\infty \frac{J_1\left(\frac{x}{2}\right) J_2\left(\frac{x}{2}\right)}{x^3} (1 - x^2) dx - \frac{4i}{\pi} \int_0^\infty \frac{J_2\left(\frac{x}{2}\right) \sin \frac{x}{2}}{x^3} \left( \cos^2 \frac{x}{2} - x^2 \sin^2 \frac{x}{2} \right) dx.$$

З цієї формули випливає, що найбільш перспективним для ефективної взаємодії ЕМВ з яєчниками корови є діапазон частот, де

$kR \sim 10$ ,  $kh \sim 10$ . З огляду на середньостатистичні геометричні розміри яєчників цей діапазон можна визначити як  $61 \text{ ГГц} \leq f \leq 151 \text{ ГГц}$ . На рис. 2 представлені результати розрахунків залежності середнього поля від частоти збуджуючої хвилі.



Рис. 2. Залежність від частоти середнього значення електричного поля нормованого на амплітуду збуджуючої хвилі

Геометричні параметри яєчника були наступні:  $2R = 20$  мм,  $h = 40$  мм. Відносна діелектрична проникність середовища, що заповнює яєчник  $\varepsilon = 8,5$ , втрати в середовищі характеризувалися  $\text{tg} \delta = 0,5$ . Розрахунки проводилися в діапазоні частот  $61 \dots 91$  ГГц. Як видно з рис. 1, частотна залежність середнього поля має резонансну поведінку. Максимальне значення середнього поля досягається на частоті  $f = 72,2$  ГГц. Це значення частоти збуджуючої електромагнітної хвилі є оптимальним для ефективної взаємодії ЕМВ з яєчниками корови. Отриманий результат пояснює вибір цієї частоти в якості одного з біотропних параметрів. З цих міркувань всі подальші розрахунки проводилися саме для цієї частоти. Для розрахунку величини потужності ЕМВ и часу опромінення яєчників корів, для пригнічення патогенних мікроорганізмів в ній, була використана модель руйнування мембран мікроорганізмів (коків) під дією наведення критичного потенціалу.

При проведенні чисельних розрахунків враховувалося, що наведений потенціал дорівнює  $110 \dots 115$  мВ. В результаті розрахунків було встановлено, що експозиція становить  $t = 70$  с, а напруженість  $E = 44,88$  В/м.

Для отриманої напруженості щільність потоку потужності складала  $0,4 \text{ мВт/см}^2$ , а потужність джерела ЕМВ для внутрішньоутробного опромінення поверхні яєчників корів площею  $25 \text{ см}^2$  буде дорівнювати  $10 \dots 15 \text{ мВт}$ .

У **третьому розділі** були проведені теоретичні дослідження для визначення параметрів і отримані діаграми спрямованості (ДС) рупорно-хвильової системи для внутрішньоутробного лікування яєчників маточного поголів'я корів.

Основним елементом конструкції антени є випромінювач, який повинен сформувати необхідну ДС і забезпечити достатній рівень потужності на поверхні яєчників корів на частоті  $73,2 \text{ ГГц}$ .

Схема конструкції рупорно-хвильового випромінювача приведена на рис. 3.

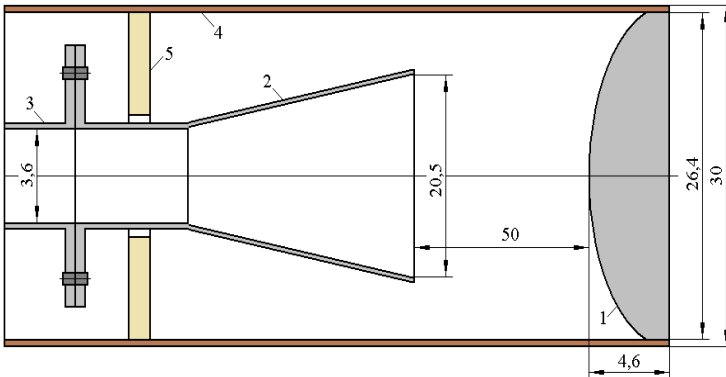


Рис. 3. Схема конструкції випромінюючої лінзи з напівсферичною діелектричною лінзою

Випромінююча система з обтічником 1 показана на рис. 3. Геометричні розміри даної системи показані в міліметрах. Пірамідальний рупор 2 переходить в прямокутний хвильвід 3 чотирьохміліметрового діапазону. Вся конструкція розташовується в діелектричній трубі 4 з вініпласту. Для центрування в трубі хвильових елементів використовуються пінопластові вставки 5. Такого типу опромінювачі забезпечують аксіально-симетричну та вузьку ДС.

При проведенні всіх розрахунків будемо вважати, що в випромінюючому розкритті поширюється тільки одна хвиля (в нашому випадку  $TE_{10}$ ). Результати будуть тим точніше, чим більше розмір

розкриву в порівнянні з довжиною хвилі  $\lambda$ .

У декартовій системі координат розподіл електричної компоненти хвилі, що розповсюджується по хвилеводу, має вигляд:

$$\mathbf{E} = \mathbf{e}_x E_x + \mathbf{e}_y E_y + \mathbf{e}_z E_z. \quad (13)$$

За аналогією з виразом (13) напишемо електричну компоненту хвилі в сферичній системі координат:

$$\mathbf{E} = \mathbf{e}_r E_r + \mathbf{e}_\varphi E_\varphi + \mathbf{e}_\theta E_\theta. \quad (14)$$

Ми розглядаємо прямокутний хвилевод, в якому поширюється хвиля  $TE_{10}$ , що має тільки поперечну складову електричного поля ( $E_x = H_y = E_z = 0$ ). З урахуванням рівності нулю деяких компонент електричного і магнітного полів хвилі  $TE_{10}$  в хвилеводі можемо записати:

$$\begin{cases} E_x = -E_\varphi \sin \varphi + E_\theta \cos \varphi \cos \theta, \\ E_y = E_\varphi \cos \varphi + E_\theta \sin \varphi \cos \theta, \\ E_z = -E_\theta \sin \theta. \end{cases} \quad (15)$$

Після підстановки значень складових електричного поля з (15) в співвідношення (13) отримуємо:

$$\mathbf{E} = \mathbf{e}_x (E_\theta \cos \varphi \cos \theta - E_\varphi \sin \varphi) + \mathbf{e}_y (E_\varphi \cos \varphi + E_\theta \sin \varphi \cos \theta) - \mathbf{e}_z E_\theta \sin \theta. \quad (16)$$

У сферичній системі координат складові електричного поля  $E_\theta$  і  $E_\varphi$  в розкриві прямокутного хвилеводу перерізом  $a \times b$  визначаються виразами:

$$E_\theta = BZ_0 \frac{a^2 b}{\lambda^2} \sin \varphi \left( 1 + \frac{\lambda}{\lambda_g} \cos \theta \right) \frac{\cos \alpha}{\alpha^2 - \frac{\pi^2}{4}} \frac{\sin \beta}{\beta}, \quad (17)$$

$$E_{\varphi} = BZ_0 \frac{a^2 b}{\lambda^2} \cos \varphi \left( \cos \theta + \frac{\lambda}{\lambda_g} \right) \frac{\cos \alpha}{\alpha^2 - \frac{\pi^2}{4}} \frac{\sin \beta}{\beta}, \quad (18)$$

де  $B$  – амплітудний коефіцієнт;

$Z_0 = 120\pi$  – хвильовий опір вільного простору;

$$\alpha = (\pi a / \lambda) \sin \theta \cos \varphi;$$

$$\beta = (\pi b / \lambda) \sin \theta \sin \varphi;$$

$$\lambda_g = \lambda / \sqrt{1 - (\lambda / 2a)^2} \text{ – хвильова довжина хвилі.}$$

Після підстановки значень  $E_{\theta}$  і  $E_{\varphi}$  у вираз (15) були отримані рівняння для складових електричного поля в наступному вигляді:

$$E_x = E_{\theta} \cos \varphi \cos \theta - E_{\varphi} \sin \varphi = -F \frac{\lambda}{\lambda_g} \sin \varphi \cos \varphi \sin^2 \theta, \quad (19)$$

де

$$F = BZ_0 \frac{a^2 b}{\lambda^2} \frac{\cos \alpha}{\alpha^2 - \frac{\pi^2}{4}} \frac{\sin \beta}{\beta}, \quad (20)$$

$$E_y = F \left[ \cos^2 \varphi \left( \cos \theta + \frac{\lambda}{\lambda_g} \right) + \sin^2 \varphi \cos \theta \left( 1 + \frac{\lambda}{\lambda_g} \cos \theta \right) \right], \quad (21)$$

$$E_z = -E_{\theta} \sin \theta = -F \sin \varphi \sin \theta \left( 1 + \frac{\lambda}{\lambda_g} \cos \theta \right). \quad (22)$$

Після підстановки виразів для складових електричного поля, що визначаються в (19), (21) і (22), в співвідношення (16) отримаємо вираз для електричної компоненти основної хвилі прямокутного хвилеводу:

$$\mathbf{E} = \mathbf{e}_x \left( -F \frac{\lambda}{\lambda_g} \sin \varphi \cos \varphi \sin^2 \theta \right) + \mathbf{e}_y F \left[ \cos^2 \varphi \left( \cos \theta + \frac{\lambda}{\lambda_g} \right) + \sin^2 \varphi \cos \theta \left( 1 + \frac{\lambda}{\lambda_g} \cos \theta \right) \right] + \mathbf{e}_z \left[ -F \sin \varphi \cos \theta \left( 1 + \frac{\lambda}{\lambda_g} \cos \theta \right) \right]. \quad (23)$$

В результаті перетворень були отримані вирази для визначення ДС в площинах  $\mathbf{H}$  та  $\mathbf{E}$  основної хвилі  $TE_{01}$  відкритого кінця прямокутного хвилеводу:

$$\mathbf{E}_{x0z} = \mathbf{e}_y BZ_0 \frac{a^2 b}{\lambda^2} \frac{\cos[(\pi a/\lambda) \sin \theta]}{[(\pi a/\lambda) \sin \theta]^2 - (\pi/2)^2} \left( \cos \theta + \frac{\lambda}{\lambda_g} \right), \quad (24)$$

$$\mathbf{E}_{y0z} = \mathbf{e}_y BZ_0 \frac{a^2 b}{\lambda^2} \left( -\frac{4}{\pi^2} \right) \frac{\sin\left(\frac{\pi b}{\lambda} \sin \theta\right)}{\left(\frac{\pi b}{\lambda} \sin \theta\right)} \left[ \cos \theta \left( 1 + \frac{\lambda}{\lambda_g} \cos \theta \right) \right]. \quad (25)$$

Результати розрахунку за формулами (24) і (25) показали, що за рівнем -15 дБ ширина головної пелюстки ДС в обох площинах, що розглядаються, складає 24,8 мм для розмірів прямокутного розкриття  $a' \times b' = 20,5 \times 14,31$  мм. Таким чином, в цьому випадку більше 80% випромінюваної потужності будуть зосереджені в трубці діаметром 30 мм. З урахуванням розмірів прямокутного розкриття та розмірами хвилеводу 3,6x1,8 мм була визначена довжина пірамідального рупора 35 мм. У зв'язку з внутрішньоутробним лікуванням тварин, розкрив діелектричного хвилеводу випромінювача електромагнітної енергії було закрито діелектричною лінзою з параметрами: діаметр 26,4 мм; товщина 4,6 мм; фокусна відстань 50 мм.

**У четвертому розділі** наведені експериментальні дослідження випромінюючої системи та електромагнітного методу лікування хвороби яєчників корів. В результаті теоретичних і експериментальних досліджень для внутрішньоутробного лікування хвороби яєчників тварин було розроблено рупорно-хвилеводний випромінювач електромагнітної енергії (рис. 4): розкрив пірамідального рупора 20,5x14,31 мм з довжиною 35 мм і виходом на основний перетин прямокутного хвилеводу перерізом 3,6x1,8 мм.





Рис. 4. Загальний вигляд рупорно-хвильоводної випромінюючої системи

У зв'язку з внутрішньоутробних лікуванням тварин, розкрив діелектричного хвильоводу випромінювача електромагнітної енергії було закрито діелектричною лінзою з параметрами: діаметр 26,4 мм; товщина 4,6 мм; фокусна відстань 50 мм. В результаті експериментальних досліджень рупорно-хвильоводного випромінювача було встановлено, що він на частоті 73,2 ГГц формує ширину головного пелюстка ДС в розкритті лінзи за рівнем -15 дБ 23,8 мм і ослабленням бічних пелюстків в межах -17,9 дБ.

Для уточнення параметрів ЕМП мм діапазону, отриманих теоретичним шляхом, було проведено багатофакторний експеримент. Математична модель, яка описує пригнічення патогенних коків в яєчниках корів від дії ЕМП приведено у вигляді рівняння регресії:

$$Y = 1500 - 650X_1 + 1800X_2 + 1850X_3 + 500X_1X_2 - 1000X_1X_3 + 500X_2X_3 + 500X_1^2 + 1000X_2^2 + 750X_3^2. \quad (26)$$

де  $Y$  – вихідний параметр (кількість стафілококів);

$X_1$  – частота ЕМВ;

$X_2$  – щільність потоку потужності;

$X_3$  – час опромінення стафілококів.

В результаті теоретичних і експериментальних досліджень встановлено, що внутрішньоутробне лікування яєчників корів слід

проводити в мм діапазоні з параметрами: частота 73,2 ГГц; щільність потоку потужності 0,3 мВт/см<sup>2</sup>; експозиція 60 с. Для проведення виробничих випробувань були відібрані корови після отелення, у яких діагностували клініку запального процесу в яєчниках тварин. В основному це були тварини з різними видами патології яєчників.

Курс лікування проводили протягом 4 днів, по одному сеансу в день. У групі корів з 188 голови було проведено внутрішньоутробне лікування за допомогою рупорно-хвилеводного випромінювача.

В результаті лікування було встановлено, що загальна терапевтична ефективність лікування склерозу яєчників становить 95,9%. Ефективність лікування атрофії склала – 97,1%, кісти яєчників – 100%, персистентного жовтого тіла – 100%, гіпофункції яєчників – 100%.

Також слід зазначити час появи полювання у корів після проведеного курсу лікування. Так при склерозі час появи полювання склало 28 днів ( $n = 47$ ), при атрофії 24 дня ( $n = 66$ ), при кісті яєчників 18 ( $n = 15$ ), при персистентному жовтому тілі 32 ( $n = 12$ ), при гіпофункції 21 день ( $n = 44$ ).

З 184 корів запліднювали одноразово 132 голови (71,7%), дворазово – 40 голів (21,7%), втричі – 12 голів (6,6%). Все вилікувані корови благополучно розтелилися і принесли здорове потомство. Економічна ефективність електромагнітної терапії гінекологічних захворювань корів становить близько 220 тис. грн.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі на основі теоретичних і експериментальних досліджень розроблено інформаційний електромагнітний метод і електронну систему ЕМВ мм довжини хвиль для внутрішньоутробного лікування хвороби яєчників маточного поголів'я ВРХ.

1. На підставі узагальнення фактичного матеріалу вітчизняних і зарубіжних наукових публікацій впливає, що для лікування хвороби яєчників маточного поголів'я корів слід використовувати інформаційні ЕМВ мм діапазону довжини хвиль з певними біотропними параметрами, які дозволять створити безмедикаментозний метод лікування яєчників тварин.

2. Знищення патогенних коків, що викликають запалення яєчників корів, можливо за рахунок наведеного потенціалу на мембрані коків величиною неменше 110 мВ зовнішнім джерелом ЕМВ потужністю

20 мВт на частоті 72,2 ГГц.

3. Аналіз анатомічної будови статевих органів ВРХ показав, що для внутрішньоутробного лікування патології яєчників необхідно використовувати систему випромінювання електромагнітної енергії з параметрами: довжина 30...40 см; діаметр 30 мм, відстань між пірамідальним рупором і діелектричної лінзою не більше 50 мм.

4. Для створення необхідної ДС і ослаблення бічних пелюсток діелектрична лінза виготовляється з второпласта-4 з  $\text{tg}\delta = 3 \cdot 10^{-4}$  і коефіцієнтом заломлення  $n = 1,442$ .

5. Для проведення неодноразових внутрішньоутробних опромінь репродуктивних органів маточного поголів'я ВРХ випромінююча система повинна вміщатися в обтічник, діелектричний хвилевод з вініласту з щільністю  $160 \text{ кг/м}^3$ , діелектричною проникністю не більше 1,2 і тангенсом діелектричних втрат  $2 \cdot 10^{-4}$ .

6. Для створення режиму бігучої хвилі в випромінювальній системі при розмірах розкриваючого рупора  $20,5 \times 14,31 \text{ мм}$  і довжиною 35 мм, модулі коефіцієнтів відбиття від рупора і горловини рупора повинні бути не більше 0,1.

7. В результаті теоретичних і експериментальних досліджень встановлено, що внутрішньоутробне лікування яєчників корів слід проводити в мм діапазоні з параметрами: частота 73,2 ГГц; щільність потоку потужності  $0,3 \text{ мВт/см}^2$ ; експозиція 60 с.

8. На підставі експериментальних досліджень встановлено, що для забезпечення надійності та ефективної роботи джерела ЕМВ для лікування хвороби яєчників корів необхідно передбачити наступні технічні вимоги до джерела: вихідна частота генератора  $73,2 \pm 0,1 \text{ ГГц}$ ; вихідна потужність генератора 15 мВт; діапазон перебудови частоти генератора 3%; пригнічення побічної гармоніки вихідного сигналу не менш 45 дБ; довгострокова нестабільність частоти генератора  $5 \cdot 10^{-8}$  за 1 с;

9. Застосування ЕМВ для лікування яєчників корів дозволить виключити медикаменти, скоротити в 2...3 рази тривалість лікування, підвищить результативність лікування: склерозу до 95,9%; атрофії до 97,1%, кісти яєчників до 100%, персистентного жовтого тіла до 100%, гіпофункції яєчників до 100%. Результати досліджень впроваджені в господарстві ПП «Агропрогрес» Кегичівського району Харківської області.

Економічна ефективність електромагнітної терапії яєчників корів складе 1000 грн. на корову.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Попрядухин В. С. Определение оптимальных параметров электромагнитного излучения для угнетения патогенных микроорганизмов, вызывающих воспаления яичников КРС / В. С. Попрядухин // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – 2016. – Вип. 176. – С. 91 – 93.

2. Попрядухин В. С. Использование электромагнитного излучения в лечении гинекологических болезней животных / В. С. Попрядухин // Энергетика та комп'ютерно-інтегровані технології в АПК. – 2015. – № 2(5). – С. 49 – 52.

3. Попрядухин В. С. Информационно-волновая терапия в ветеринарии и медицине в лечебных целях / В. С. Попрядухин, Ю. М. Федюшко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – 2016. – Вип. 175. – С. 158 – 160.

4. Попрядухин В. С. Анализ распределения электрического поля в больных яичниках коров / В. С. Попрядухин // Scince Rise. – 2017. – № 1/2(30). – С. 26– 31.

5. Попрядухин В. С. Теоретический анализ излучающей системы для лечения заболеваний яичников у коров / В. С. Попрядухин // Scince Rise. – 2017. – № 2/2(31). – С. 17 –29.

### Опубліковані праці апробаційного характеру

1. Попрядухин В. С. Биофизические предпосылки лечения акушера-гинекологических заболеваний животных: тезисы по материалам международной научно-технической конференции молодых учёных [«Відновлювальна енергетика, новітні автоматизовані електротехнології в біотехнічних системах АПК»], (Київ, 6 – 7 листопада 2016 р.) / М-во аграр. політики та продовольства України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. – К.: НУБіП, 2016. – С. 60 – 62.

2. Попрядухин В. С. Обоснование требований к электронным системам для лечения гинекологических болезней: тезисы за матеріалами 3 Всеукраїнської науково-технічної конференції

[«Актуальні проблеми автоматики та приладобудування»] (8 – 9 грудня 2016 р.), Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут». – Харків: НТІ (ХПІ), 2016. – С. 60 – 63.

3. Попрядухин В. С. Требования к излучающей системе для лечения яичников животных: тезисы за материалами научно-практической студенческой конференции [«Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України»] (Харків, 26 березня 2014 р.) / М-во аграр. політики та продовольства України, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка. – Х.: ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2014. – Вип. 6. – С. 12.

## АНОТАЦІЯ

Попрядухін В. С. Електромагнітний метод і електронні системи терапії гінекологічних захворювань тварин. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05. 11. 17 – біологічні та медичні прилади і системи. – Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків, 2017.

Кризовий стан в тваринництві України характеризується спадом виробництва молока і м'яса в тому разі за рахунок безпліддя маткового поголів'я корів. Основними післяпологовими хворобами у корів є акушерсько-гінекологічні хвороби, серед яких основне місце займає патологія гонад (яєчників). Захворювання корів хворобою яєчників тягне за собою зниження заплідненості корів на 17...40%, збільшення від отелення до плідного осіменіння на 40...60 днів, зменшення виходу приплоду і молочної продуктивності на 12...18%.

Для визначення біотропних параметрів ЕМП (частота, щільність потоку потужності, експозиція), були проведені дослідження з розподілу електричного поля всередині яєчників на основі моделі, яка представлена сфероїдом обертання, заповненого ізотропним середовищем з діелектричною і магнітною проникністю. Проведений багатофакторний експеримент показав, що оптимальними біотропними параметрами ЕМП для лікування захворювань яєчників корів є: частота 73,2 ГГц; щільність потоку потужності 0,3 мВт/см<sup>2</sup>; експозиція 60 с. В результаті досліджень було встановлено, що внутрішньоутробне лікування хвороби яєчників корів можливо із застосуванням рупорно-хвилеводної антени, яка на частоті 73,2 ГГц формує ширину головного пелюстка ДС в розкритті лінзи по рівню -

15 дБ – 23,8 мм і ослабленням бічних пелюсток в межах -17,9 дБ.

Виробничі випробування показали, що застосування ЕМВ для лікування яєчників корів дозволить виключити медикаменти, скоротити в 2...3 рази тривалість лікування, підвищить результативність лікування до 98%. Результати досліджень впроваджені в господарстві ПП «Агропрогрес» Кегичівського району Харківської області. Економічна ефективність ЕМ терапії яєчників корів складе близько 1000 грн. на корову.

*Ключові слова:* інформаційне електромагнітне поле; міліметрові хвилі; внутрішньоутробне лікування яєчників корів; патогенні коки.

## АННОТАЦИЯ

Попрядухин В. С. Электромагнитный метод и электронные системы терапии гинекологических заболеваний животных. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.17 – биологические и медицинские устройства и системы. – Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко. – Харьков, 2017.

Кризисное положение в животноводстве Украины характеризуется спадом производства молока и мяса в том числе и за счет бесплодия маточного поголовья коров. Основными послеродовыми болезнями у коров являются акушерско-гинекологические болезни, среди которых основное место занимает патология гонад (яичников). Заболевание коров болезнью яичников влечет за собой снижение оплодотворяемости коров на 17...40%, увеличение от отела до плодотворного осеменения на 40...60 дней, уменьшения выхода приплода и молочной продуктивности на 12...18%.

В современных условиях для лечения яичников коров используются антибиотики, гормоны и другие химические препараты. Антибиотики и другие медикаменты, попадая в организм человека через молоко и мясо коров, угнетают иммунитет, поражают печень и другие органы, что приводит к различным заболеваниям. Литературный анализ показывает, что лечение болезней яичников животных возможно на основе применения информационного ЭМИ мм диапазона. ЭМИ при воздействии на патологические процессы в организме животных приводит к гибели патогенных микробов,

активизации регенеративных процессов, ускорению и коррекции гормональной и ферментативной систем, улучшению микроциркуляции крови и лимфы.

Для определения биотропных параметров ЭМП (частота, плотность потока мощности, экспозиция), были проведены исследования по распределению электрического поля внутри яичников на основе модели, которая представлена сфероидом вращения, заполненного изотропной средой с диэлектрической и магнитной проницаемостью. Проведённый многофакторный эксперимент показал, что оптимальными биотропными параметрами ЭМП для лечения заболеваний яичников коров являются: частота 73,2 ГГц; плотность потока мощности 0,3 мВт/см<sup>2</sup>; экспозиция 60 с. В результате исследований было установлено, что внутриутробное лечение болезней яичников коров возможно с применением рупорно-волноводной антенны, которая на частоте 73,2 ГГц формирует ширину главного лепестка диаграммы направленности в раскрыве линзы по уровню -15 дБ 23,8 мм и ослаблением боковых лепестков в пределах -17,9 дБ.

Производственные испытания показали, что применение ЭМИ для лечения яичников коров позволит исключить медикаменты, сократить в 2...3 раза продолжительность лечения, повысит результативность лечения до 98%. Результаты исследований внедрены в хозяйстве ЧП «Агропрогресс» Кегичёвского района Харьковской области. Экономическая эффективность электромагнитной терапии яичников коров составит около 1 тыс. грн. на корову.

*Ключевые слова:* информационное электромагнитное поле; миллиметровые волны; внутриутробное лечение яичников коров; патогенные кокки.

## SUMMARY

Popryaduhyn V. Electromagnetic method and electronic system for therapy of gynecological diseases of animals. – Manuscript.

Dissertation is for the degree of candidate of technical sciences, specialty 05.11.17 – biological and medical devices and systems. – Kharkiv National Technical University of Agriculture named of Petro Vasilenko. – Kharkiv, 2017.

The crisis in livestock production in Ukraine is characterized by a decline in production of milk and meat because of cow's infertility. The main postpartum diseases of cows are obstetric and gynecological diseases, among which the main place takes the pathology of the gonads (ovaries).

Cow ovarian disease results in a reduction of cows' fertility by 17...40%, an increase in time till the fruitful insemination by 40...60 days, reducing the output of offspring and milk production by 12...18%.

To determine biotropic EMF parameters (frequency, power density, exposure) studies have been conducted on the distribution of the electric field inside the ovary based on the model, which is represented by a spinning spheroid filled with an isotropic substance with a dielectric permittivity and magnetic permeability. Conducted multivariate experiment showed that optimal biotropic EMF parameters for the treatment of diseases of the ovaries of cows are: frequency of 73,2 GHz; power flux density  $0,3 \text{ mW/cm}^2$ ; exposure 60 s. As a result of studies, it was found that it is possible to treat utero of diseases of cows' ovaries by using a waveguide horn antenna, which at a frequency of 73.2 GHz has the width of the main lobe forms the pattern diagram in the aperture of the lens on the level of -15 dB – 23,8 mm and a side lobe attenuation within -17,9 dB.

Production tests have shown that the use of EMR for the treatment of cows ovaries allows to eliminate drugs, to cut in 2...3 times the duration of the treatment, increase the effectiveness of treatment up to 98%. The results of researches were implemented at «Agroprogress» Kehychivka Raion of Kharkiv region. Cost effectiveness of EM treatment of cows' ovaries was around 1 thousand UAH per cow.

*Keywords:* information electromagnetic field; millimeter wave; intrauterine treatment of cows ovaries; pathogenic cocci.





Підписано до друку \_\_\_\_\_2017 р.  
Комп'ютерний набір та верстка Полянова Н. В.  
Формат паперу 60x84 1/16. Папір офсетний.  
Ум. друк.0,765  
Замовлення № 44/032017. Наклад 100 прим.

Друкарня ФОП Олейникова Ю.В.

м. Харків, вул. Різдвяна (Енгельса) 29А,  
Тел.: +38(057) 7-529-729.

Свідоцтво про реєстрацію:  
Серія ХК, №163 від 20.12.2005 р.