

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний технічний університет сільського
господарства імені Петра Василенка

Мазур Віктор Анатолійович

УДК 537.868.51

**РАДІОІМПУЛЬСНА ЕЛЕКТРОМАГНІТНА
ТЕХНОЛОГІЯ І ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ
ЛІКУВАННЯ ТВАРИН**

05.11.17 – біологічні та медичні прилади і системи

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2015

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Подільському державному аграрно-технічному університеті Міністерства освіти і науки України, м. Кам'янець-Подільський.

Науковий керівник:

кандидат технічних наук, доцент Михайлова Людмила Миколаївна, Подільський державний аграрно-технічний університет, доцент кафедри «Енергетика і електротехнічні системи АПК».

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор Піротті Євген Леонідович, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри комп'ютерної математики та математичного моделювання;

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

Захист відбудеться « 27 » __ 11 _____ 2015 р. о 13⁰⁰ _____ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д64.832.01 у Харківському національному технічному університеті сільського господарства імені Петра Василенка за адресою: 61002, Україна, м. Харків, вул. Артема, 44.

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

Автореферат розісланий « 21 » __ 10 _____ 2015 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

О. Д. Черенков

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Вступ. Серед галузей тваринництва України особливе місце займає вівчарство. Вівчарство – єдина галузь тваринництва, яка поставляє народному господарству незамінну різномірну продукцію з цілющими властивостями: дієтичну ягнятину, молоко, делікатесні сири і бринзу, а також вовну, овчини, смушки і шкіру, вироби з яких не мають аналогів за гігієнічними властивостями.

Останніми роками вівчарство України переживає глибоку економічну кризу, що привело до скорочення поголів'я овець в 4...5 разів і позбавлення текстильної, трикотажної, фетрової, шубно-хутряної і інших галузей незамінної сировини. Виробництво вовни на душу населення знизилося до 150 г, при нормі 1 кг.

Тому однією з актуальних задач, яка стоїть перед аграрним комплексом України, є збереження і збільшення поголів'я овець з підвищенням їх продуктивності. У сучасних умовах рішення цієї задачі залежить від своєчасного і ефективного лікування молочної залози вівці. Основними хворобами молочної залози у вівці є мастити, для лікування яких використовують антибіотики. Немедикаментозне лікування маститу у вівці можливе із застосуванням інформаційного радіоімпульсного електромагнітного випромінювання (ЕМВ) міліметрового діапазону (мм), розробка якого вимагає проведення теоретичних і експериментальних досліджень.

Актуальність теми. Як показує аналіз, при маститі у вівці відбувається 100% поразка функціонуючих доль молочної залози. Хвороба молочної залози у вівці призводить до погіршення якості молозива і молока, захворюваності і падіння ягнят, до загибелі і вибраковування вівцематок.

Нині для лікування маститу у вівці в основному використовують медикаментозні способи лікування. Застосування антибіотиків і інших медикаментів для лікування маститу у більшості випадків є малоефективним і небезпечним, блокує симптоми захворювань. Антибіотики, що потрапляють в організм людини через продукти тваринництва (м'ясо, молоко), пригнічують імунітет, сприяють розмноженню сильніших і мутованих вірусів і бактерій, вражають печінку та інші органи.

Тому, розробка ефективних немедикаментозних способів лікування маститу у овець є актуальним завданням.

Нині для лікування маститу вівці намагаються використати метод квантової терапії. Проте, через велике загасання лазерного

випромінювання в шкірі молочної залози вівці, результати лікування виявляються малоефективними. Літературний аналіз показує, що лікування маститу у вівці можливе на основі застосування радіоімпульсного інформаційного ЕМВ мм або сантиметрового діапазону. Це пов'язано з тим, що глибина проникнення ЕМВ цього діапазону в області вимені вівці, на відміну від оптичного, значно вище, що у результаті призведе до ефективнішого лікування. У основі терапевтичної дії імпульсної електромагнітного поля (ЕМП) мм діапазону лежить загибель патогенних мікробів в молочній залозі вівці, підвищення енергетичної активності клітинних мембран. Проникаючи в молочну залозу, радіоімпульсні ЕМВ на певних (резонансних) частотах трансформуються в інформаційні сигнали, що здійснюють управління і регулювання відновними процесами в молочній залозі. Актуальність теми пов'язана з тим, що для створення методу інформаційно-хвильової терапії маститу овець необхідні дослідження з визначення параметрів радіоімпульсного електромагнітного поля та створення імпульсного генератора в діюдному виконанні з високою стабільністю частоти.

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

Тема дисертаційної роботи пов'язана із загальними Українськими програмами: постановою Президента Національної академії наук України від 25.02.09 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 Подільського державного університету були виконані наступні роботи: результати експериментальних досліджень з впливу ЕМ КВЧ діапазону на біологічні об'єкти» номер ДР0104U000372; «Розробка методів ультразвукової технології та електротехнічних систем обробки і технічних засобів контролю якості сільськогосподарської продукції» номер ДР0102U000686.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є створення енергозберігаючої, екологічно чистої і ефективної інформаційної радіоімпульсної електромагнітної технології і радіоімпульсної електронної системи для лікування маститу молочної залози вівцематок.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- провести аналіз фізіологічних особливостей маститу вівці і

методів його лікування;

- провести аналіз управляючої дії інформаційних радіоімпульсних випромінювань на фізико-хімічні процеси в організмі тварин при лікуванні маститів;

- розробити модель взаємодії радіоімпульсного випромінювання мм діапазону з внутрішніми тканинами молочної залози вівці, що хвора маститом;

- на основі теоретичних досліджень визначити біотропні параметри радіоімпульсного ЕМП для пригноблення інфекційних мікроорганізмів в протоках молочної залози вівцематок і регенерації пошкоджених тканин;

- провести теоретичне обґрунтування зі створення високостабільних за частотою джерел електромагнітної енергії на лавино-пролітних діодах (ЛПД) на основі зовнішньої синхронізації сигналом генератора стабілізованого по частоті високодобротним резонатором;

- для отримання необхідної потужності електромагнітної енергії розглянути створення малогабаритного суматора потужності діодів в генераторі на основі прямокутного хвилеводу з розширенням в H -площині;

- провести дослідження характеристик синхронізуючого і багатодіодного генератора з паралельним включенням діодів в загальній електродинамічній системі;

- провести експериментальну перевірку теоретичних результатів з метою оцінки їх достовірності зі створення електронної радіоімпульсної системи для лікування маститу вівцематок;

- провести виробничу перевірку теоретичних і експериментальних досліджень з лікування маститу вівцематок радіоімпульсним інформаційним випромінюванням.

Об'єкт дослідження. Процес лікування хворих органів тварин радіоімпульсним інформаційним ЕМВ.

Предмет дослідження. Радіоімпульсні електронні системи і інформаційна радіоімпульсна електромагнітна біотехнологія для лікування маститу вівцематок.

Методи дослідження ґрунтуються на способах рішення диференціальних, інтегральних і алгебраїчних рівнянь різного типу; теоретичних положеннях електродинаміки, біофізики; основах електроніки і схемотехніки; математичних методах планування повнофакторного експерименту.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що в цій роботі:

- вперше, на основі розробленої моделі теоретично досліджено процес взаємодії радіоімпульсних інформаційних випромінювань з молочною залозою вівцематок і визначені біотропні параметри радіоімпульсних інформаційних випромінювань для її лікування;

- отримала подальший розвиток теорія аналізу синхронізуючого генератора, частота якого стабілізована високочастотним резонатором, що відрізняється від відомих тим, що в ній параметри хвильової системи пов'язані з розмірами елементів зв'язку високочастотного резонатора;

- отримала подальший розвиток теорія аналізу суматора потужності на основі прямокутного хвильоводу з розширенням в H -площині, що відрізняється від відомих тим, що в ній визначені параметри резонатора і тип коливань в ньому, отримана топологія розподілу коливань і визначені місця розташування діодних модулів в об'ємі резонатора;

- вперше математично інтерпретовано вплив параметрів радіоімпульсних інформаційних випромінювань на пригнічення інфекційних мікроорганізмів (*Bact. mastitidis ovis*) в молочній залозі вівцематок.

Практичне значення роботи полягає в тому, що отримані результати формують науково-технічну базу зі створення радіоімпульсної електромагнітної біотехнології немедикаментозного методу лікування запалення молочної залози вівці.

На основі теоретичних і експериментальних досліджень було створено високостабільне багатодіодне джерело радіоімпульсної електромагнітної енергії для пригнічення інфекційних мікроорганізмів в молочній залозі вівцематок, хворих маститом. Застосування радіоімпульсного ЕМВ для лікування інфекційного маститу молочної залози вівці дозволило виключити медикаменти, скоротити в 4...5 разів тривалість лікування, підвищити результативність лікування до 98%. Результати досліджень апробовані в 2014...2015 рр. у господарствах Хмельницької області. Економічна ефективність від впровадження радіо імпульсної електромагнітної біотехнології для лікування запалення молочної залози вівцематок склала 320 грн. на одну вівцю.

Особистий вклад здобувача в наукових роботах, написаних в співавторстві полягає в наступному:

- у роботі [3] автор розкрив фізіологічні особливості запалення молочної залози вівцематок і проаналізував методи його лікування;

- у роботі [4] авторові належать теоретичні дослідження за

визначенням параметрів синхронізуючого генератора.

- у роботі [5] авторові належить обґрунтування з позиції біофізики немедикаментозного методу лікування запалення молочної залози у вівці за допомогою радіоімпульсного інформаційного ЕМП.

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати дисертаційної роботи заслуховували і обговорювалися на: міжнародній науково-технічній конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технології, освіта, здоров'я» (Харків, НТУ «ХПІ» 2014 р.); науково-практичній студентській конференції «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України» (Харків, ХНТУСГ, 2015 р.); науково-практичній студентській конференції «Проблеми енергозабезпечення і енергозбереження в АПК України» (Харків, ХНТУСГ, 2014 р.); Міжнародній студентській конференції «Проблеми енергозабезпечення»] (Белгород, БелДСГА, 2014 р.).

Публікації.

Основні положення дисертаційної роботи опубліковані в 2 статтях у науково-технічних збірниках і 3 статтях у науково-технічних журналах і 3 тезах.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, додатків і списку використаних джерел. Вона містить 145 сторінок, 31 рисунок, 6 таблиць, 2 додатка на 7 сторінках, список використаних джерел нараховує 127 найменувань на 12 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовується актуальність теми дисертації, формулюються наукові задачі, що розв'язуються, розкривається сутність і стан цих задач, 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 та технічних пристроїв для лікування запалювання молочної залози вівцематок.

На даний момент виробництво м'яса з вівці на душу населення складає 30,5 кг в Новій Зеландії, Австралії – 20 кг, а в той же час як в Україні тільки 0,7.

Нині поголів'я овець України скоротилося майже в 5 разів при

значному зниженні його продуктивності. Відновлення поголів'я овець Україні стримується широко поширеними хворобами овець, серед яких важливе місце займають мастити. Екологічний збиток, що наноситься маститом досить чутливий, оскільки падіння овець доходить до 90% з тих, що захворіли, крім того, у тварин, що перехворіли, знижується вовняна, м'ясна, молочна продуктивність, і збільшується відсоток відходу ягнят. Мастити у овець проявляються в основному в трьох формах: серозний – 40...50 %, катаральний – 24...30% і субклінічний до 30%. Основними збудниками маститу овець є: патогенний стафілокок – *Staphylococcus aureus ovinus* u *Bact. mastitidis ovis*. Для лікування хвороб вівці у більшості випадків застосовуються тільки медикаментозні засоби: окситоцин, пеніцилін, неоцилін, та ін. Як показують медичні дослідження, застосування антибіотиків та інших медикаментів не завжди приводить до одужання тварин і, крім того, лікарські препарати з м'ясом тварин потрапляють в організм людини, що приводить до негативного впливу на її органи. Тому розробка немедикаментозних способів лікування маститу вівцематок є актуальним завданням. Рішення даної задачі можливо на основі застосування радіоімпульсного інформаційного ЕМП.

Аналіз досліджень по дії інформаційних ЕМП на біологічні об'єкти, що проводяться: в Московському центрі інформаційної медицини під керівництвом Бессонова А. Е.; в ІРЕ РАН під керівництвом Н. Д. Девяткова; у Харківському НТУСГ під керівництвом О. Черенкова, М. Лисиченко, 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 радіоімпульсних ЕМВ мм діапазону. Радіоімпульсні коливання здатні викликати конформаційні перебудови клітинних структур, впливати на проникність біологічних мембран і служити інформаційним сигналом для регуляторних систем усього мікрооб'єкту. Проведений аналіз показує, що ефективність інформаційно-хвилевої терапії тварин залежить від радіоімпульсного характеру ЕМВ мм діапазону; періоду дотримання радіоімпульсів – десятки мс, тривалість радіоімпульсів – одиниці мкс, експозиції – десятки секунд, яка забезпечується генератором з відносною нестабільністю частоти $10^{-6} \dots 10^{-7}$.

Найбільш перспективними для лікування маститу овець є генератори, створені на кремнієвих лавино-пролітних діодах (ЛПД).

У другому розділі проведено теоретичній аналіз з виявлення

біотропних параметрів радіоімпульсного інформаційного випромінювання для лікування маститу вівцематок. В якості моделі молочної залози вівці при дії на неї ЕМВ було розглянуто залозу у формі усіченого кругового конуса заповненого ізотропним діелектричним середовищем (рис. 1), де:

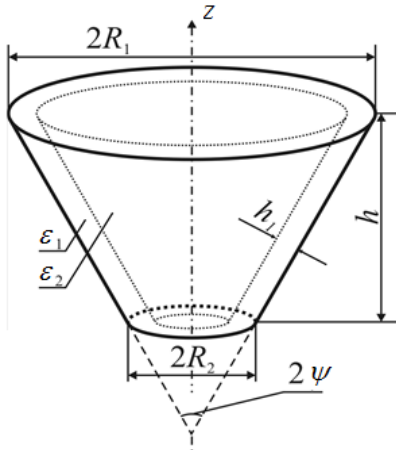


Рис. 1. Структурна модель молочної залози вівці

h_1 – товщина шару шкіри, ϵ_1 і ϵ_2 відповідно, відносна діелектрична проникність шару шкіри і іншої частини молочної залози. В якості ЕМП, що впливає на молочну залозу, була розглянута періодична послідовність радіоімпульсів що поширюються уздовж осі z . Було припущено, що напруженості електричного і магнітного полів мають наступні компоненти в циліндричній системі координат.

$$E^b = (0, E_\varphi^b, 0) \quad (1)$$

$$H^b = (H_r^b, 0, H_z^b)$$

$$E_\varphi^b = U \left(t - \frac{z}{c} \right), \quad (2)$$

де c – швидкість світла в середовищі, де поширюються радіоімпульси.

Функція $U \left(t - \frac{z}{c} \right)$ описує форму радіоімпульсу. Для визначеності, в якості такої функції було обрано вираження у вигляді розкладання в ряд Фур'є за тимчасовою змінною:

$$U \left(t - \frac{z}{c} \right) = \sum_{p=-\infty}^{+\infty} U_p(z) e^{i2\pi \cdot p \cdot f_n t}, \quad (3)$$

де f_n – частота повторюваності радіоімпульсів;

$$U_p(z) = \frac{E_0}{T_{II}} \int_0^{\tau} \sin^2 \left(2\pi f \left(t - \frac{z}{c} \right) \right) e^{i2\pi \cdot p \cdot f_n t} dt, \quad (4)$$

$$p = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

Розсіяне ЕМП з напругою електричного і магнітного полів \vec{H}^p, \vec{E}^p повинно задовольняти системі однорідних рівнянь Максвелла:

$$\operatorname{rot} \vec{H}^p = \frac{\varepsilon}{c} \frac{\partial \vec{E}^p}{\partial t}, \quad \operatorname{rot} \vec{E}^p = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{H}^p}{\partial t}, \quad (5)$$

$$\operatorname{div} \varepsilon \vec{E}^p = 0, \quad \operatorname{div} \vec{H}^p = 0,$$

де ε – діелектрична проникність молочної залози або діелектрична проникність зовнішнього середовища.

Для вирішення рівнянь (4) задач дифракції як усередині молочної залози, так і поза нею, був використаний метод інтегральних рівнянь.

В результаті перетворень початкова нестационарна задача була зведена до серії наступних задач дифракції монохроматичних полів з частотами $\omega_m = \pm 1, \pm 2, \dots$ для області D :

$$\Delta V_m + \frac{1}{r} \frac{\partial V_m}{\partial r} + \left(k_m^2 - \frac{1}{r^2} \right) V_m = 0, \quad (r, z) \notin D, \quad (6)$$

$$\Delta V_m + \frac{1}{r} \frac{\partial V_m}{\partial r} + \left(k_{lm}^2 - \frac{1}{r^2} \right) V_m = 0, \quad (r, z) \in D,$$

$$\text{де } V_m = E_{\varphi m}^p, \quad \Delta = \frac{\partial^2}{\partial \cdot r^2} + \frac{\partial^2}{\partial \cdot t^2}, \quad k_{lm} = k_m \sqrt{\varepsilon}, \quad k_m = \omega_m / c,$$

ε – відносна діелектрична проникність молочної залози, D – область утворена перетином усіченого конуса площиною що проходить через вісь z , S – межа області D .

Скориставшись формулою Гріна, було отримано інтегральне рівняння для V_m – рішення задач дифракції (5):

$$V_m(Q) = \frac{1}{4\pi} \int_D (k_{Im}^2 - k_m^2) G_m(Q, P) V_m dS_p - U_m(Q), \quad (7)$$

де $G_m(Q, P) = r \int_0^{2\pi} \frac{e^{ik_m R}}{R} \cos\varphi d\varphi$, $G_m(Q, P)$ – функція двох точок: точки $Q(r_Q, z_Q)$ і точки $P(r_P, z_P)$.

В результаті перетворень з рівняння (6) було отримано вираження для розподілу компоненти E_φ^p напруженості електричного поля в молочній залозі вівці:

$$E_\varphi^p \approx \sum_{m=-N}^N E_{\varphi-m}^p e^{i2\pi m f_n t}, \quad (8)$$

$$\text{де } E_{\varphi m}^p(r_Q, z_Q) = U_m(z_Q) - \int_0^h dz_P \int_0^{z_P} K(r_Q, z_Q, r_P, z_P) U_m(z_P) dr_P,$$

$$f_n = \frac{1}{T}, \text{ а } N < 1000.$$

$$K(r_Q, z_Q, r_P, z_P) = \frac{k_m^2(\varepsilon - 1)r_Q^2 r_P}{2 \left[(r_Q + r_P)^2 + (z_Q - z_P)^2 \right]^{3/2}}. \quad (9)$$

Отже, в результаті теоретичних досліджень, для розрахунку резонансної частоти ЕМВ в молочній залозі вівцематок було отримано вираження для середнього значення за об'ємом квадрата модуля напруженості електричного поля:

$$|E_{\text{сеп}}|^2 = \frac{1}{V} \int_V |E|^2 dV, \quad (10)$$

де $|E|^2 = \frac{1}{T} \int_0^T |E_\varphi^p|^2 dt$ – усереднений квадрат модуля напруженості електричного поля E_φ^p за часом за період T повторюваності радіоімпульсів.

Результати розрахунків величини $|E_{cep}|^2$ для різних значень параметрів радіоімпульсів приведені на рис. 2.

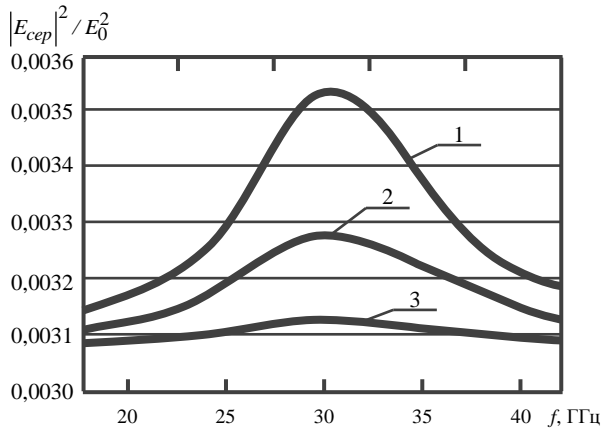


Рис. 2. Залежність квадрата напруженості електричного поля в молочній залозі від частоти заповнення імпульсів при різних значеннях шпаруватості : 1 – $Q = 100$; 2 – $Q = 150$; 3 – $Q = 50$.

Таким чином, для отримання максимального значення амплітуди електричного поля в області, що моделює молочну залозу вівці, необхідні наступні параметри ЕМП: частота 30,8 ГГц, тривалість імпульсів $1 \cdot 10^{-7} \text{ с} \leq \tau \leq 2,5 \cdot 10^{-7} \text{ с}$, період повторення імпульсів $1 \cdot 10^{-5} \text{ с} \leq T \leq 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ с}$.

Величину енергії ЕМП і час опромінювання ділянок молочної залози вівцематок для пригнічення патогенних мікроорганізмів у вимені визначали із використанням моделі руйнування мембран мікроорганізмів під дією наведеного критичного потенціалу.

У результаті розрахунків було встановлено, що для руйнування мембран патогенних мікроорганізмів в молочній залозі свиноматок величина критичного потенціалу повинна бути не менше 110 мВ. В результаті розрахунків було встановлено, що величина експозиції складає $t = 90 \text{ с}$, а величина амплітуди радіоімпульсу усередині вимені вівці складає $E_{cep} = 14 \text{ В}$, $E_0 = 238 \text{ В}$. Для отриманої напруженості ($E_0 = 238 \text{ В}$) потужність джерела радіоімпульсного випромінювання для опромінення поверхні вимені вівці буде дорівнювати 150 Вт в імпульсі, а середнє значення за період складе 1,5 Вт.

У третьому розділі було проведено аналіз енергетичних параметрів багатодіодного генератора з підсумовуванням потужностей окремих діодів в загальній електродинамічній системі, працюючих на застосуванні режиму зовнішньої синхронізації генератором стабілізованим за частотою високодобротним об'ємним резонатором.

Конструктивна схема синхронізуючого генератора приведена на рис. 3.

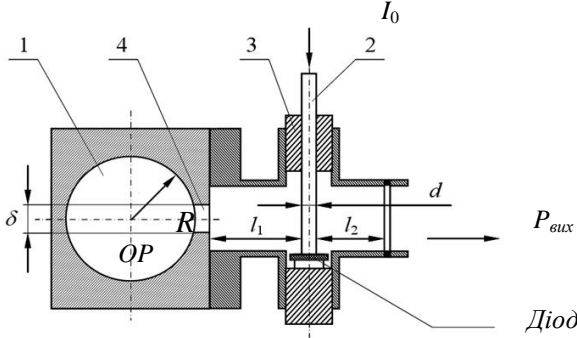


Рис. 3. Ескіз конструкції генератора із стабілізуючим об'ємним резонатором на хвилі TE_{011} за схемою «на відображення».

Генератор, що стабілізується, виконаний у вигляді хвилеводно-штирьової конструкції перерізом $7,2 \times 2 \text{ мм}^2$. У якості зовнішнього стабілізуючого резонатора використовується циліндричний резонатор 1, що працює на TE_{011} типі коливань і включеною за схемою «на відображення». Зв'язок резонатора з хвилеводною конструкцією здійснюється через отвір зв'язку 4.

В результаті теоретичних досліджень були отримані рівняння для визначення конструктивних параметрів хвилеводної системи синхронізуючого генератора і розмірів отвору зв'язку резонатора з хвилеводом:

$$\frac{(Z_0 - b_1 \text{tg} \beta_1) \cdot (a_1 Z_0 + X_c a_1 \text{tg} \beta_1) + a_1 \text{tg} \beta_1 (b_1 Z_0 + X_c b_1 \text{tg} \beta_1 + Z_0^2 \text{tg} \beta_1 - X_c Z_0)}{(a_1 Z_0 + X_c a_1 \text{tg} \beta_1)^2 + (b_1 Z_0 + X_c b_1 \text{tg} \beta_1 + Z_0^2 \text{tg} \beta_1 - X_c Z_0)^2} + \frac{(Z_{n2} X_c^2 + Z_{n2} Z_0^2 \text{tg}^2 \beta_1)}{(Z_{n2} Z_0 + X_c Z_{n2} \text{tg} \beta_2)^2 + (Z_0^2 \text{tg} \beta_2 - X_c Z_0)^2} = \frac{-R'_d}{(R'_d)^2 + (X_a - X'_d)^2}; \quad (11)$$

$$\begin{aligned}
& \frac{a_1 \operatorname{tg} \beta_1 (a_1 Z_0 + X_c a_1 \operatorname{tg} \beta_1)}{(a_1 Z_0 + X_c a_1 \operatorname{tg} \beta_1)^2 + (b_1 Z_0 + X_c b_1 \operatorname{tg} \beta_1 + Z_0^2 \operatorname{tg} \beta_1 - X_c Z_0)^2} + \\
& + \frac{(Z_{n2}^2 Z_0 \operatorname{tg} \beta_2 + Z_{n2}^2 X_c \operatorname{tg}^2 \beta_2 - Z_0^3 \operatorname{tg} \beta_2 + X_c Z_0^2)}{(Z_{n2} Z_0 + X_c Z_{n2} \operatorname{tg} \beta_2)^2 + (Z_0^2 \operatorname{tg} \beta_2 - X_c Z_0)^2} = \\
& = - \frac{X_a - X'_d}{(R'_d)^2 + (X_a - X'_d)^2}, \quad (12)
\end{aligned}$$

де $\lambda_{\text{кв}} = 2a$; $a = 7,2$ мм; $b = 2$ мм; $d = 0,2$ мм; $\lambda = 9,74$ мм;
 $Z_0 = 142$ Ом; $\lambda_g = 13,2$ мм; $X_a = 66,11$ Ом; $X_d = X_c = 0,586$ Ом;
 $R'_d = 0,8$ Ом; $X'_d = -7$ Ом; $C_p = 0,0534$ пФ; $L_p = 0,5$ нГн; $Q_p = 3800$;

$G = 0,2710^{-2}$ См; $R = 21$ мм; $h = 5$ мм; $\delta = 2$ мм; $\beta_1 = \frac{2\pi d_1}{\lambda_g}$;

$a_1 = 3 \cdot 10^{-4}$ Ом; $b_1 = 14,9$ Ом; $\beta_2 = \frac{2\pi d_2}{\lambda_g}$; $Z_{n2} = -10,34$ Ом.

В результаті рішень системи рівнянь (11...12) були отримані величини довжин хвильоводних відрізків (рис. 3) $l_1 = 0,8$ см та $l_2 = 1,9$ см, при цьому відносна нестабільність частоти генератора склала величину $1,29 \cdot 10^{-6}$, а величина потужності 620 мВт.

У результаті аналітичного аналізу було встановлено, що для виконання вимоги по вихідній потужності (150 Вт) у багатодіодному генераторі слід застосовувати схему підсумовування потужностей в режимі синхронізації зовнішнім сигналом.

Проведений аналіз дозволив встановити, що багатодіодний імпульсний генератор повинний складатися з 6 діодів (3А672А), включених в загальну електродинамічну систему, резонатора на основі прямокутного хвильоводу із стрибкоподібним розширенням в H -площині (рис. 4).

Електродинамічна постановка спектральної задачі про власні частоти і коливання хвильоводного резонатора полягає у визначенні частоти $\omega = 2\pi f$, при якій існують нетривіальні рішення однорідних рівнянь Максвелла:

$$\operatorname{rot} \vec{E} = i \frac{\omega}{c} \vec{H}, \quad \operatorname{rot} \vec{H} = i \frac{\omega}{c} \vec{E}, \quad (13)$$

задовольняють граничним умовам на поверхні резонатора – рівність нулю тангенціальної складової напруженості електричного поля.

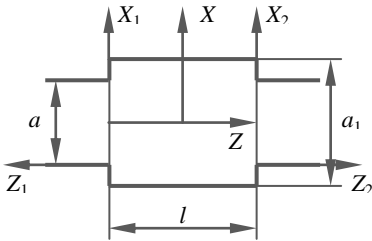


Рис. 4. Схема суматора з розширенням прямокутного хвилеводу в H -площині

При визначенні геометричних розмірів суматора потужностей діодів необхідно враховувати розміри діодних модулів, що розташовані в об'ємі резонатора. Крім того, повинні задовольнятися вимоги числа підсумовуваних діодів в загальному резонаторі, забезпечуватися максимальний ККД і одночасно вирішуватися задачі роботи кожного діода в режимі максимальної потужності.

Напруженості електричних і магнітних полів таких коливань мають наступні компоненти не залежні від координати y :

$$\vec{E} = (0, E_y, 0), \quad \vec{H} = (H_x, 0, H_z). \quad (14)$$

В цьому випадку з (11) з урахуванням (12) маємо:

$$\Delta E_y + K^2 E_y = 0, \quad H_x = -\frac{1}{iK} \frac{\partial E_y}{\partial z}, \quad H_z = \frac{1}{iK} \frac{\partial E_y}{\partial x}, \quad (15)$$

де $K = \frac{\omega}{c}$, (c – швидкість світла у вакуумі).

В результаті теоретичних досліджень були отримані рівняння для розрахунку основних параметрів хвилеводного суматора потужності імпульсного генератора:

$$\begin{cases} 1 - 4 \sum_{p=1}^{\infty} \bar{A}_{p1} \bar{B}_{1p} \operatorname{Re} \left[\frac{i \sqrt{\kappa^2 - p^2/4\theta^2}}{\sqrt{\kappa^2 - 0,25}} \operatorname{ctg} \left(\sqrt{\kappa^2 - \frac{p^2}{4\theta^2}} \pi L \right) \right] = 0, \\ 1 - 4 \sum_{p=1}^{\infty} \bar{A}_{p1} \bar{B}_{1p} I_m \left[\frac{i \sqrt{\kappa^2 - p^2/4\theta^2}}{\sqrt{\kappa^2 - 0,25}} \operatorname{ctg} \left(\sqrt{\kappa^2 - \frac{p^2}{4\theta^2}} \pi L \right) \right] = 0, \end{cases} \quad (16)$$

$$\text{де } \kappa^2 = \kappa'^2 \left(1 - \frac{i}{2Q}\right)^2; \quad L = \frac{l}{a}; \quad \theta = \frac{a_1}{a}; \quad Q = \kappa' / 2\kappa'';$$

$$\bar{A}_{p1} = \frac{i^{p+1}}{2\pi} \left[\left((-1)^1 + (-1)^p \right) \frac{\sin\left(\frac{\pi \cdot 1}{2\theta} - \frac{\pi \cdot p}{2}\right)}{1 - p\theta} - \left(1 - (-1)^{1+p} \right) \frac{\sin\left(\frac{\pi \cdot 1}{2\theta} + \frac{\pi \cdot p}{2}\right)}{1 + p\theta} \right];$$

$$\bar{B}_{1p} = \frac{i^{1+p}}{2\pi} \left[\left((-1)^1 + (-1)^p \right) \frac{\sin\left(\frac{\pi \cdot p\theta}{2} - \frac{\pi \cdot 1}{2}\right)}{p - \frac{1}{\theta}} - \left(1 - (-1)^{1+p} \right) \frac{\sin\left(\frac{\pi \cdot p\theta}{2} + \frac{\pi \cdot 1}{2}\right)}{p + \frac{1}{\theta}} \right].$$

На рис. 5 в координатах θ, L представлені лінії рівних добротностей H_{203} – коливання, кожній точці яких відповідають певні значення реальної частини нормованої власної частоти κ' . На рис. 6 представлено розподіл інтенсивності коливань. В результаті чисельного аналізу отриманих результатів були визначені параметри електродинамічної системи шестидіодного генератора в мм діапазоні довжин хвиль: $l = 23,68$ мм; $a = 7,4$ мм; $a_1 = 12,36$ мм; $b = 1,7$ мм; $l_1 = \frac{\lambda_0}{4} = 2,43$ мм; $l_2 = \frac{\lambda_0}{2} = 4,86$ мм; $\lambda_0 = 9,73$ мм; $Q = 10^3$; $f = 31$ ГГц.

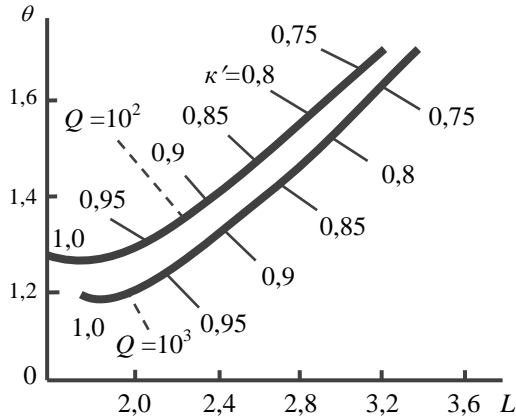


Рис. 5. Залежність $\theta(L)$ для H_{203} -коливання

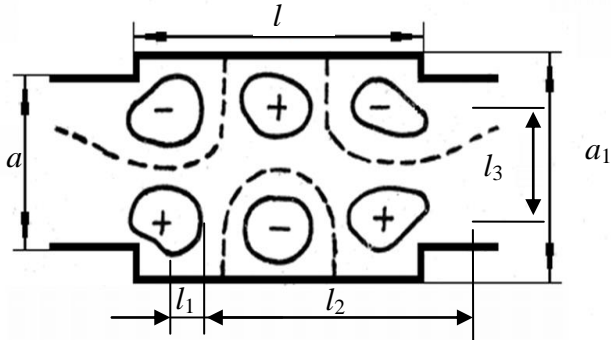


Рис. 6. Конструктивні параметри і розподіл інтенсивності коливань в електродинамічній системі шестидіюдного генератора

У четвертому розділі наведені експериментальні дослідження опрацьованих пристроїв та результати дії радіоімпульсного ЕМВ мм діапазону на процес пригноблення патогенних мікроорганізмів в молочній залозі вівцематок і її ефективного відновлення. Загальний вигляд генератора приведений на рис. 7.



Рис. 7. Загальний вигляд установки для лікування маститу вівцематок

У результаті теоретичних і експериментальних досліджень розроблено джерело радіоімпульсних коливань з параметрами: частота заповнення імпульсів $31,1 \pm 0,1$ ГГц; імпульсна вихідна потужність генератора 150...155,0 Вт; діапазон перебудови частоти генератора 2%; короточасна нестабільність частоти генератора $1,2 \cdot 10^{-6}$ за 10^{-2} с; шпаруватість імпульсів 100; період дотримання радіоімпульсів $1 \cdot 10^{-6}$ с.

Для уточнення параметрів ЕМП отриманих теоретичним шляхом було проведено багатфакторний експеримент. Математична модель, яка описує пригноблення мікроорганізмів стафілококів від параметрів ЕМП, наведена у вигляді рівняння регресії:

$$Y = 285 + 190X_1 + 285X_2 + 304X_3 + 150X_1X_2 + 200X_1X_3 + 100X_2X_3 + 800X_1^2 + 100X_2^2 + 112X_3^2, \quad (17)$$

де Y – вихідний параметр (кількість *Bact. mastitidis ovis*); X_1 – частота заповнення радіоімпульсів; X_2 – амплітуда радіоімпульсу; X_3 – час опромінення *Bact. mastitidis ovis*.

У лабораторних умовах було встановлено, що для лікування захворювань молочної залози вівцематок необхідні такі біотронні параметри радіоімпульсного ЕМВ: частота заповнення радіоімпульсів 31 ГГц; вихідна потужність генератора в імпульсі 140 Вт; час опромінення однієї долі виміні 80 с; шпаруватість імпульсів 100; період дотримання радіоімпульсів $1 \cdot 10^{-6}$ с; короткочасна нестабільність частоти генератора $1,2 \cdot 10^{-6}$ за 10^{-2} с.

У 2014...2015 рр. у тваринницьких господарствах Кам'янець-Подільського району було проведено лікування вівцематок, хворих інфекційним маститом, радіоімпульсним ЕМВ. Для лікування були використані піддослідна і контрольна групи. У контрольній групі проводили медикаментозне лікування із застосуванням «Мастисан-А-форте» і «Амоксацилін-15».

У 2014 р. для лікування було використано 160 голів овець, 80 з яких відповідно були оброблені радіоімпульсним ЕМВ упродовж чотирьох днів, по одному сеансу в день. Рупорний випромінювач ЕМВ безконтактно переміщався з усієї поверхні виміні вівцематок. У 2015 р. для лікування було використано ще 200 голів.

З отриманих результатів можна зробити висновок, що застосування радіоімпульсного ЕМВ для лікування інфекційного маститу молочної залози вівці дозволяє виключити медикаменти, скоротити в 4...5 разів тривалість лікування, підвищити результативність лікування до 98%, що забезпечує економічну ефективність у розмірі 320 грн. на одну вівцю.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі на основі теоретичних і

експериментальних досліджень створена інформаційна електромагнітна технологія і електронна система радіоімпульсного ЕМВ для лікування інфекційного маститу молочної залози вівцематок.

1. На підставі узагальнення фактичного матеріалу вітчизняних і зарубіжних наукових публікацій випливає, що для лікування маститу вівцематок слід використовувати інформаційно-хвильовий метод, на основі радіоімпульсного ЕМВ, який дозволяє створити безмедикаментозну технологію лікування тварин.

2. Для визначення інформаційних параметрів радіоімпульсного ЕМВ (частота заповнення імпульсів, потужність і експозиція), які при лікуванні інфекційного маститу вівці приводять до знищення патогенних мікроорганізмів у виміні і прискорення регенерації пошкоджених тканин, потрібні теоретичні дослідження процесу взаємодії ЕМВ з патогенними мікроорганізмами і тканинами виміні.

3. Для дослідження процесу взаємодії радіоімпульсних електромагнітних хвиль з молочною залозою вівцематок слід використовувати модель молочної залози вівці у формі усіченого кругового конуса заповненого ізотропним діелектричним середовищем.

4. Для руйнування мембрани патогенних мікроорганізмів у виміні вівцематок потрібний потенціал на мембрані не менше 110 мВ, наведений зовнішнім радіоімпульсним електромагнітним джерелом потужністю 150 Вт.

5. В результаті теоретичного аналізу встановлено, що лікування інфекційного маститу вівцематок слід проводити з використанням радіоімпульсного випромінювання з частотою заповнення 30 – 32 ГГц, експозицією 80–100 с, тривалістю імпульсів $1 \cdot 10^{-6} \text{ c} \leq \tau \leq 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ c}$; періодом повторення імпульсів $1 \cdot 10^{-4} \text{ c} \leq T \leq 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ c}$; амплітудою радіоімпульсу усередині виміні вівці $E_{cp} = 14 \text{ В}$.

6. Для створення радіоімпульсного джерела електромагнітної енергії з параметрами: потужність в імпульсі 150 Вт; тривалість радіоімпульсу 10^{-6} c ; шпаруватість 100; частота заповнення радіоімпульсів 30 – 32 ГГц, необхідно застосовувати суматор потужності з 6 діодами типу 3А762А.

7. Отримання 80% ККД підсумовування потужності 6 діодів і імпульсній потужності в межах 150 Вт можливо в єдиній електродинамічній системі на основі хвилеводного резонатора з симетричним розширенням в площині- H та параметрами:

$a_1 = 12,36$ мм; $b = 1,7$ мм; $l_1 = \frac{\lambda_0}{4} = 2,43$ мм; $l_2 = \frac{\lambda_0}{2} = 4,86$ мм;
 $\lambda_0 = 9,73$ мм; добротністю 10^3 .

8. Отримання відносної нестабільності частоти генератора в межах $10^{-6} \dots 10^{-7}$ можливо з синхронізацією частоти суматора потужності сигналом зовнішнього високостабільного генератора, у якого для стабільності частоти використовується циліндричний резонатор на хвилі типу TE_{011} з параметрами: $R = 21$ мм; $h = 5$ мм; $Q = 5650$; $G = 0,272 \cdot 10^{-5}$ См; діаметр елемента зв'язку резонатора з хвилеводною системою 2 мм.

9. Встановлено, що для лікування запалення молочної залози вівцематок слід застосовувати радіоімпульсне ЕМВ з параметрами: частота заповнення радіоімпульсів 31 ГГц; вихідна потужність генератора в імпульсі 140 Вт; час опромінення однієї долі виміні 80 с; шпаруватість радіоімпульсів 100; період дотримання радіоімпульсів $1 \cdot 10^{-6}$ с; короткочасна нестабільність частоти генератора $1,2 \cdot 10^{-6}$ за 10^2 с.

10. Застосування інформаційно-хвилеводного радіоімпульсного ЕМВ для лікування інфекційного маститу молочної залози вівці дозволяє виключити медикаменти, скоротити в 4...5 разів тривалість лікування, підвищити результативність лікування до 98%, що забезпечує економічну ефективність у розмірі 320 грн. на одну вівцю.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Мазур В. А. Определение параметров электродинамической системы со скачкообразным расширением волновода в H -плоскости / В. А. Мазур // Вісник національного технічного університету «ХПІ». Механіко-технологічні системи та комплекси. – 2015. – № 22. – С. 72 – 75. (ISSN2411-2798).

2. Мазур В. А. Теоретический анализ процесса взаимодействия радиоимпульсного излучения с животными, больными маститом / В. А. Мазур // Технологический аудит и резервы производства. – 2015. – №4 /2(17). – С. 59 – 63. (ISSN2226-3780).

3. Мазур В. А. Использование электромагнитных технологий в медицине и ветеринарии / В. А. Мазур, Л. Н. Михайлова // Энергозбереження, енергетика, енергоаудит. Загальнодержавний науково-виробничий журнал. – 2015. – № 9(140). – С. 56 – 62. (ISSN2313-8890).

4. Мазур В. А. Анализ параметров диодных генераторов, стабилизированных по частоте внешним резонатором / В. А. Мазур, Л. Н. Михайлова // Энергозбереження, енергетика, енергоаудит. Загальнодержавний науково-виробничий журнал. – 2015. – № 10 (141). – С. 60 – 63. (ISSN2313-8890).

5. Мазур В. А. Биофизические основы информационно-волновой терапии животных / В. А. Мазур, Л. Н. Михайлова, В. Н. Дубик // Збірник наукових праць. Подільський державний аграрно-технічний університет. – 2015. – № 23. – С. 66 – 71.

Опубліковані праці апробаційного характеру

1. Мазур В. А. Электромагнитная технология лечения мастита овцематок: тези за матеріалами науково-практичної студентської конференції [«Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України»] (Харків, 2 квітня 2015 р.) / Мазур В. А. // М-во освіти і науки України, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка. – Х.: ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2015. – Вип. 7. – С. 13.

2. Мазур В. А. Применение информационного электромагнитного поля для лечения мастита овец: тезисы за матеріалами науково-практической студенческой конференции [«Проблемы энергообеспечения»] (Белгород, 26 – 27 мая 2014 г.), Белгородская государственная сельскохозяйственная академия им. Б. Я. Горина (Россия). – Белгород, БелГСХА, 2014. – Т. 2. – С. 19.

3. Мазур В. А. Обгрунтування вимог до радіоімпульсного генератора для лікування тварин: тези за матеріалами науково-практичної студентської конференції [«Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України»] (Харків, 26 березня 2014 р.) / Мазур В. А. // М-во освіти і науки України, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка. – Х.: ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2014. – Вип. 6. – С. 17.

АНОТАЦІЇ

Радіоімпульсна електромагнітна технологія і електронні системи лікування 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, 2015.

Дисертація присвячена розв'язанню теоретичних і експериментальних досліджень зі створення інформаційної електромагнітної технології і електронної системи радіоімпульсного електромагнітного випромінювання (ЕМВ) для лікування інфекційного маститу молочної залози вівцематок. У роботі на основі математичної моделі досліджено процес взаємодії радіоімпульсного ЕМВ з молочною залозою вівцематок і визначені біотропні параметри ЕМВ для пригніблення інфекційних мікроорганізмів (стафілококи, стрептококи, псевдомони) в протоках молочної залози вівцематок. Для лікування молочної залози вівцематок було розроблено джерело електромагнітної енергії з параметрами: частота заповнення радіоімпульсів $31,1 \pm 0,1$ ГГц; імпульсна вихідна потужність генератора 150...155,0 Вт; короткочасна відносна нестабільність частоти генератора $1,2 \cdot 10^{-6}$ за 10^{-2} с; шпаруватість радіоімпульсів 100; період дотримання радіоімпульсів $1 \cdot 10^{-4}$ с.

Застосування імпульсного ЕМВ для лікування інфекційного маститу молочної залози вівці дозволило виключити медикаменти та скоротити в 4...5 разів тривалість лікування, підвищити результативність лікування до 98%.

Результати досліджень впроваджені в тваринницьких господарствах Кам'янець-Подільського району. Економічна ефективність від впровадження методу з радіоімпульсним випромінюванням для лікування запалень молочної залози вівцематок склала 320 грн. на одну вівцю.

Ключові слова: радіоімпульсне випромінювання; запалення молочної залози вівцематок; інфекційні мікроорганізми.

Радиоимпульсная электромагнитная технология и электронные системы лечения животных. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.17 – биологические и медицинские приборы и системы. – Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко. – Харьков, 2015.

Диссертация посвящена решению теоретических и экспериментальных задач по обоснованию, разработке и по созданию информационной электромагнитной технологии и электронной системы радиоимпульсного электромагнитного излучения (ЭМИ) для лечения инфекционного мастита молочной железы овцематок. Экономический ущерб, наносимый маститом, довольно чувствителен,

поскольку падеж овец доходит до 90% и, кроме того, у переболевших животных снижается шерстная, мясная молочная продуктивность и увеличивается процент отхода ягнят. Маститы у овец проявляются в основном в трех формах: серозный – 40...50%, катаральный – 24...30% и субклинический до 30%.

В современных условиях для лечения вымени овцематок используют антибиотики и другие химические препараты. Медикаменты, попадая в организм человека через продукты овец, угнетают иммунитет, поражают печень и другие органы, что приводит к различным заболеваниям и раннему старению. Поэтому немедикаментозное лечение мастита у овцематок является актуальной задачей. Литературный анализ показывает, что лечение мастита у овец возможно на основе применения информационного радиоимпульсного ЭМИ.

Воздействие ЭМИ на больное вымя овцы приводит к гибели патогенных микробов, повышает энергетическую активность клеточных мембран, повышает скорость процессов окислительного фосфорилирования и энергетику метаболических процессов, улучшает микроциркуляцию крови и лимфы, активизирует регенеративные процессы в тканях, что приводит к выздоровлению животного и сохранению ягнят.

В работе на основе математической модели исследован процесс взаимодействия радиоимпульсного ЭМИ с молочной железой овцематок и определены биотропные параметры ЭМИ для угнетения инфекционных микроорганизмов (*Staphylococcus aureus ovinus* и *Bact. mastitidis ovis*) в протоках молочной железы овцематок.

В результате теоретического анализа установлено, что лечение инфекционного мастита овцематок следует проводить с использованием радиоимпульсного излучения с частотой заполнения $30 - 32$ ГГц, экспозицией $80 - 100$ с, длительностью радиоимпульсов $1 \cdot 10^{-6} \text{ с} \leq \tau \leq 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ с}$; периодом повторения радиоимпульсов $1 \cdot 10^{-4} \text{ с} \leq T \leq 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ с}$; амплитудой радиоимпульса внутри вымени овцы $E_{cp} = 14$ В.

Для лечения молочной железы овцематок был разработан источник электромагнитной энергии с параметрами: частота заполнения радиоимпульсов $31,1 \pm 0,1$ ГГц; импульсная выходная мощность генератора $150 \dots 155,0$ Вт; диапазон перестройки частоты генератора 2%; кратковременная нестабильность частоты генератора $1,2 \cdot 10^{-6}$ за 10^{-2} с; скважность радиоимпульсов 100; период следования

радиоимпульсов $1 \cdot 10^{-6}$ с.

Применение радиоимпульсного ЭМИ для лечения инфекционного мастита молочной железы овец позволило исключить медикаменты, сократить в 4..5 раз продолжительность лечения, повысить результативность лечения до 98%.

Результаты исследований внедрены в хозяйствах Каменец-Подольского района. Экономическая эффективность от внедрения метода радиоимпульсного излучения для лечения воспалений молочной железы овцематок составила 320 грн. на одну овцу.

Ключевые слова: радиоимпульсное излучение; воспаление молочной железы овцематок; инфекционные микроорганизмы.

Radiopulse electromagnetic technology and electronic systems for sheep animals. – Manuscript.

This 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 of Petro Vasilenko. – Kharkiv, 2015.

This dissertation is focused on conduction of theoretical and experimental studies with the goal of creation of an electromagnetic information technology and electronic system of electromagnetic pulse radiation for the treatment of infectious breast mastitis of ewes. In this paper based on a mathematical model process of interaction between radiopulse EMF and ewes breast was studied. Biotropic parameters for suppression of infectious microorganisms (staphylococci, streptococci, pseudomony) in the ewes breasts were defined. A source of electromagnetic energy was developed for the treatment of ewes breast with following parameters: pulse filling frequency $31,1 \pm 0,1$ GHz; generator pulse output power 150...155,0 W; relative short-term frequency volatility of generator $1,2 \cdot 10^{-6}$ for 10^{-2} s; pulses porosity 100; radiopulses compliance period $1 \cdot 10^{-4}$ s.

Usage of pulsed electromagnetic radiation for the treatment of sheep infectious breast mastitis allowed to exclude medicines and cut in 4 ... 5 times the duration of the treatment, increase treatment efficiency to 98%.

The research results were implemented in farms Kamenetz-Podolsk region. Economic effect of implementing the radiopulse radiaton method for the treatment of ewes breast was 320 UAH per one sheep.

Keywords: radiopulse radiation; ewes breast inflammation; infectious microorganisms.

Відповідальний за випуск Левкін А. В.

Підп. до друку 9.10. 2015 р.

Комп'ютерний набір та верстка Полянова Н. В.

Формат паперу 60x90 1/16. Папір офсетний.

Умов. арк. 1,2. Тираж 100 пр.

Замовлення № 361

Різограф TR 1510 №80654645

Навчально-методичний відділ

Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка

Адреса редакції та поліграфпідприємства: 61002, м. Харків, вул. Артема, 44, кімн. 101.