УДК 537.868

Торчук М.В. *кафедра фізико-математичних та загально-технічних*
к.т.н.,в.о.доцента дисциплін
Інженерно-технічний факультет
Подільський державний аграрно-технічний університет
Кам'янець-Подільський, Україна
***E-mail** : michael.tmv@gmail.com*
Дубік В.М. *кафедра енергетики та електротехнічних*
к.т.н.,доцент систем в АПК
Мазур В.А. *Інженерно-технічний факультет*
к.т.н.,доцент Подільський державний аграрно-технічний університет
Михайлова Л.М. *Кам'янець-Подільський, Україна*
к.т.н.,доцент ***E-mail** : vmdubick@gmail.com*
***E-mail:** ruzam61@yandex.ru*
***E-mail** : mihajlovaimesg@gmail.com*

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ ВІД ЧАСТОТИ ЗАПОВНЕННЯ ІМПУЛЬСІВ ПРИ ЛІКУВАННІ МАСТИТА У ОВЕЦЬ

Важливе значення в лікуванні тварин є впровадження не медикаментозних засобів лікування. Як показали численні дослідження що для цього можуть бути використані інформаційні радіохвильові електромагнітні поля. Відповідний лікувальний ефект залежить від параметрів заповнення імпульсного електромагнітного поля. В даній статті проведено дослідження по визначенню параметрів інформаційних радіохвильових електромагнітних полів (ЕМП) для лікування маститу у овець. Розроблено математичну модель експерименту, де враховано відносні діелектричні проникності шару шкіри і решти молочної залози. Розповсюдження електромагнітного поля розглянуто на основі рівнянь Максвелла. Досліджено процес взаємодії електромагнітного випромінювання з патогенними мікроорганізмами та тканинами тварин. Побудовано графік залежності квадрата напруженості електричного поля в молочній залозі від частоти заповнення імпульсів при різних значеннях шпаруватості. Результатами досліджень встановлено оптимальні параметри ЕМП для знищення патогенних мікроорганізмів.

***Ключові слова**: мікрохвильове випромінювання, математична модель, циліндрична система координат, монохроматичні поля.*

Вступ. Застосування електромагнітних полів (ЕМП) дає можливість лікування багатьох захворювань за рахунок залучення додаткових ресурсів (нервова, ендокринна, імунна, судинна система та ін.), для відновлення систем саморегуляції, заблокованих негативною інформацією на клітинному рівні [1,3]. Для визначення інформаційних параметрів радіоімпульсного електромагнітного випромінювання (частота заповнення імпульсів, потужність і експозиція опромінення), які при лікуванні інфекційного маститу овець призводить до знищення патогенних мікроорганізмів у вимені і прискоренню регенерації пошкоджених тканин, необхідні теоретичні дослідження процесу взаємодії електромагнітного випромінювання з патогенними мікроорганізмами і тканинами тварин [5,9].

© Торчук М.В., Дубік В.М., Мазур В.А., Михайлова Л.М., 2016

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз досліджень параметрів інформаційних ЕМП по впливу на біологічні об'єкти проводились: в Харківському НТУСГ під керівництвом А. Черенкова, Н. Лисиченко, Ю. Мегеля, Н. Косулиної; в Новосибірському інституті під керівництвом А.П. Козначеева, в Московському центрі інформаційної медицини під керівництвом А.Е. Бессонова, в ИРЭ РАН під керівництвом Н.Д. Девяткова; в ТулГУ під керівництвом Е.Н. Нефедова показують, що найбільший терапевтичний ефект у ветеринарії та медицині слід очікувати від інформаційних імпульсних електромагнітних випромінювань міліметрового діапазону. Тому дослідження параметрів інформаційних імпульсних ЕМП та взаємодія їх з біологічними об'єктами є актуальним завданням [2, 7, 8].

Мета. Метою досліджень є теоретичний аналіз по визначенню біотропних параметрів інформаційних імпульсних ЕМП та взаємодія їх з біологічними об'єктами КВЧ діапазону для лікування запалення молочної залози вівцематок. Слід створити математичну модель і отримати математичні вирази при її аналізі. На основі отриманих виразів визначити необхідний потенціал на мембрані патогенних мікроорганізмів, частоту, тривалість, амплітуду та період повторення імпульсів.

Методологія. Методи дослідження ґрунтуються на математичному моделюванні досліджуваного об'єкта, способах вирішення параметрів електромагнітного поля за допомогою диференційних, інтегральних і алгебраїчних рівнянь різного типу. Використано основні теоретичні положення законів електродинаміки та біофізики. Результати досліджень ґрунтуються на методах проведення повнофакторного експерименту.

Результати. В якості моделі молочної залози овець при впливі на неї електромагнітного випромінювання будемо розглядати діелектричний об'єкт у формі зрізаного кругового конуса, заповненого ізотропним діелектричним середовищем (рис. 1.1). Введемо циліндричну систему координат $(\rho,\ \phi,\ \zeta)$. таким чином, щоб вісь z співпадала з віссю зрізаного конуса. позначимо через h – висоту конуса, R_1 і R_2 – відповідно, радіус верхньої та нижньої основи конуса, h_1 – товщину шару шкіри, ε_1 і ε_2 – відповідно, відносні діелектричні проникності шару шкіри і решти молочної залози.

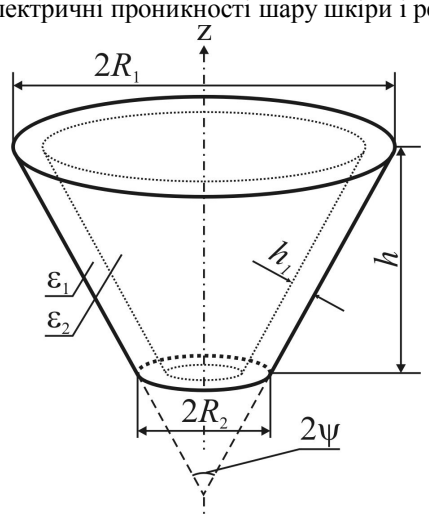

Рис. 1. Математична модель молочної залози овець

В якості впливу на молочну залозу електромагнітного поля будемо розглядати періодичну послідовність радіоімпульсів [6, 10], розповсюджуються вздовж осі z. Будемо припускати, що напруженості електричного і магнітного полів мають наступні компоненти в циліндричній системі координат:

$$E^{\beta} = \left(0, \quad E_f^{\beta}, \quad 0\right),$$
$$H^{\beta} = \left(H_{\rho}^{\beta}, \quad 0, \quad H_{\zeta}^{\beta}\right). \tag{1}$$

де:

$$\mathrm{E}_{\phi}^{\mathrm{b}} = \mathrm{U}\left(\mathrm{t} - \frac{\mathrm{z}}{\mathrm{c}}\right), \tag{2}$$

c — швидкість світла в середовищі, де поширюються радіоімпульси.

Форму радіоімпульса представимо у вигляді розкладання в ряд Фур'є за часовою змінною:

$$\mathrm{U}\left(\mathrm{t} - \frac{\mathrm{z}}{\mathrm{c}}\right) = \sum_{\mathrm{p}=-\infty}^{+\infty} \mathrm{U}_{\mathrm{p}}(\mathrm{z})\, \mathrm{e}^{\mathrm{i}2\pi\cdot\mathrm{p}\cdot\mathrm{f}_{\mathrm{n}}\mathrm{t}}. \tag{3}$$

Тут f_{Π} — частота повторюваності радіоімпульсів.

функция $U\left(t - \frac{z}{c}\right)$ описує форму радіоімпульса.

Звідки визначаємо:

$$\mathrm{U}_{\mathrm{p}}(\mathrm{z}) = \frac{\mathrm{E}_0}{\tau_{\Pi}} \int_0^{\tau} \sin^2\left(2\pi \mathrm{f}\left(\mathrm{t} - \frac{\mathrm{z}}{\mathrm{c}}\right)\right) \mathrm{e}^{\mathrm{i}2\pi\cdot\mathrm{p}\cdot\mathrm{f}_{\mathrm{n}}\mathrm{t}} \mathrm{dt},$$
$$p = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots \; . \tag{4}$$

У результаті впливу електричного поля (1.1) на молочну залозу вівці виникає розсіяне електромагнітне поле [4,10] з напруженістю електричного і магнітного полів $\vec{\mathrm{H}}^{\mathrm{p}}, \vec{\mathrm{E}}^{\mathrm{p}}$. Це поле повинне задовольняти системі однорідних рівнянь Максвелла:

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

$$\mathrm{div}\, \varepsilon \vec{\mathrm{E}}^{\mathrm{p}} = 0, \qquad \mathrm{div}\, \vec{\mathrm{H}}^{\mathrm{p}} = 0, \tag{5}$$

де ε — діелектрична проникність молочної залози або діелектрична проникність зовнішнього середовища (повітря), яку, без обмеження спільності, будемо вважати рівною одиниці. Крім того, на межі розділу середовищ повинні виконуватися умови спряження - безперервність тангенціальних компонент напруженості електричного і магнітного полів та умови випромінювання на нескінченності [10].

Отже, вихідна нестаціонарна задача зведена до серії наступних завдань дифракції монохроматичних полів з частотам $\omega_{\mathrm{m}} = \pm 1, \pm 2, \ldots$.

Нехай D - область утворена перетином зрізаного конуса площиною проходить через вісь z. Потрібно знайти рішення V_{m} рівнянь:

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

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

де введені позначення:

$V_m = E^p_{\phi\cdot m}, \quad \Delta = \frac{\partial^2}{\partial \cdot r^2} + \frac{\partial^2}{\partial \cdot t^2}, \quad k_{1m} = k_m\sqrt{\varepsilon}, \quad \varepsilon -$ відносна діелектрична проникність молочної залози.

Тепер, щоб отримати інтегральні рівняння для V_m - рішення задач дифракції. Остаточно маємо:

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

Як встановлено вище, напруженість електричного поля E^p_ϕ, виникає при впливі послідовності радіоімпульсів на молочну залозу овець [4,8,9], можна представити у вигляді:

$$E^p_\phi \approx \sum_{m=-N}^{N} E^p_{\phi\cdot m} e^{i\frac{2\pi\cdot m}{T}t}, \tag{8}$$

де T — період повторення радіоімпульсів

Середнє значення $|E|^2$ за обсягом молочної залози рівне:

$$|E_{ср}|^2 = \frac{1}{V}\int_V |E|^2 dV. \tag{9}$$

Величина $|E_{ср}|^2$ таким чином залежить від параметрів радіоімпульсів і геометричних і електродинамічних параметрів молочної залози. На рис.1.2. представлені результати розрахунків.

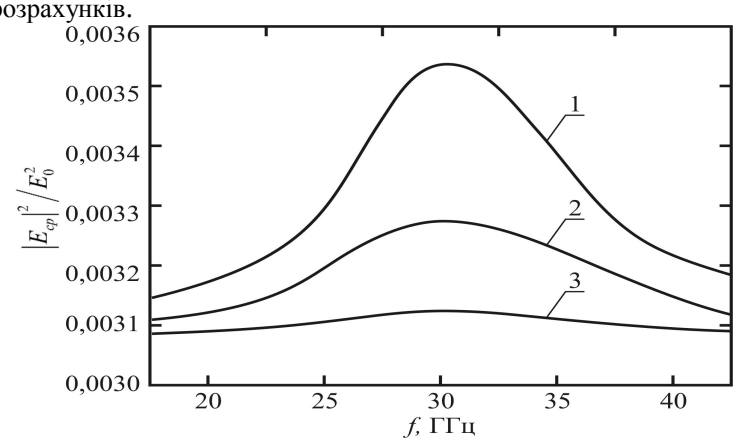

Рис. 2. Залежність квадрата напруженості електричного поля нормованої на квадрат максимальної амплітуди в молочній залозі від частоти заповнення імпульсів при різних значеннях шпаруватості: 1 — $Q = 100$; 2 — $Q = 150$; 3 — $Q = 50$

Нижче представлені результати розрахунків величини $|E_{ср}|^2$ для різних значень параметрів радіоімпульсів. Параметри радіоімпульсів були обрані: період повторюваності $T=10^{-4}$ с., тривалість імпульсу $\tau=10^{-6}$ с. аналізувалася залежність $|E_{ср}|^2/E_0^2$ як функція частоти. Заповнення радіоімпульсу f, яка змінюється в діапазоні $f=20\div40$ ГГц. Аналіз результатів дозволяє зробити висновок, що величина амплітуди $E_{ср}$ радіоімпульса в молочній залозі овець, нормована на квадрат максимальної амплітуди радіоімпульсу, резонансним чином залежить від частоти заповнення радіоімпульсу в діапазоні $f=20\div40$ ГГц. При цьому резонансна частота $f_{рез}=30{,}8$ ГГц, а максимальне значення величини $|E_{ср}|^2/E_0^2=3{,}5\cdot10^{-3}$.

Висновки. Відповідно проведених досліджень для визначення діапазону змін параметрів радіо імпульсного ЕМП для лікування інфекційного маститу овець, використано математичну модель у вигляді зрізаного конуса. В розрахунках враховувалася різна діелектрична проникність шарів. Дослідження показали що лікування інфекційного маститу овець слід проводити з використанням радіо імпульсного випромінювання с частотою заповнення $f=30\div32$ ГГц, тривалістю імпульсів $1\cdot10^{-6}\text{с}\le\tau_и\le2{,}5\cdot10^{-6}\text{с};$ періодом повторення імпульсів $1\cdot10^{-4}\text{с}\le T\le2{,}5\cdot10^{-4}\text{с};$ При цьому резонансна частота $f_{рез}=30{,}8$ ГГц, а величина амплітуди $E_{ср}$ радіоімпульса в молочній залозі овець, нормована на квадрат максимальної амплітуди радіоімпульсу $|E_{ср}|^2/E_0^2=3{,}5\cdot10^{-3}$.

Список використаних джерел

1. Бессонов, А.Е. Информационная медицина [Текст] / А.Е. Бессонов, Е.А. Колмыкова. – М.: 2003. – 658 с.

2. Гарасимчук, И.Д. Методы и возможности применения электронных систем для повышения иммунитета новорожденных животных [Текст] / П.В.Потапский, И.Д. Гарасимчук, Ю.И. Панцир, И.И. Гордийчук // MOTROL Motorization and power industry in agriculture. – Lublin, 2015. Vol. 17, №5. – С. 35-38.

3. Бессонов, А.Е. Способ миллиметрово-волновой терапии [Текст] / А.Е. Бессонов, М.В. Балакирев // Вестник новых медицинских технологий. – 1998. – Т. 5, №2. – С. 105-108.

4. Потапский П.В., Гарасимчук И.Д., Козак А.В., Михайлова Л.Н. Теоретическое обоснование создания импульсного генератора для повышения иммунитета животных [Текст] / П.В.Потапский, И.Д.Гарасимчук, А.В. Козак, Л.Н.Михайлова // MOTROL Motorization and power industry in agriculture. – Lublin, 2015. – Vol. 17. – №5. – С. 62-66.

5. Пестряев, В.А. Управляемое воздействие импульсного электромагнитного поля на центральную нервную систему [Текст] / В.А. Пестряев // Биофизика. – 1994. – 39(30). – С. 515 – 518.

6. Phillips, J.L. In vitro exposure to electromagnetic fields / I.L. Phillips, W.D. Winters // Int. J. Radial. Biol. – 1986. – P. 49 – 463.

7. Lyle, D.B. Calcium uptake by lenkemic and normal T – Iymphocytes exposed to low freguen magnetic sields [Text] / D.B. lyle, R.D. Ayotte, A.R. Sheppard // Bioelectromagnetics. – 1991. – №12. – P. 145-156.

8. Торчук, М.В. Определение параметров импульсного трансформатора для облучения молочной железы животных крупного рогатого скота [Текст] / М.В. Торчук, Л.Н.Михайлова, В.Н. Дубик, С.Б.Слободян // MOTROL Motorization and power industry in agriculture. – Lublin, Vol. 17, №

5. – С. 82-87.

9. Черенков, А.Д. Влияние низкоэнергетических ЭМП на клетки тканей вымени коров больных маститом [Текст] / А.Д. Черенков, Л.Ф. Кучин // Вісник ХДТУСГ. – 2001. – Вип. 6. – С. 32–33.

10. Никольский, В.В. Электродинамика и распространение радиоволн [Текст] / В.В. Никольский. – М.: Наука, 1978. – 544 с.

References

1. Bessonov A.E., & Kolmykova E.A. (2003). *Informacionnaja medicina* [Informational medicine]. Moscow: Nauka [in Russian].

2. Garasimchuk I. D., Potapskij P.V., Pancir J.I., & Gordijchuk I.I. (2015). Metody i vozmozhnosti primenenija jelektronnyh sistem dlja povyshenija immuniteta novorozhdennyh zhivotnyh [Methods and applications of electronic systems to improve the immunity of newborn animals]. *MOTROL. Motorization and power industry in agriculture, Vol. 17, №5,* 35-38 [in Russian].

3. Bessonov A.E., & Balakirev M.V. (1998). Sposob millimetrovo-volnovoj terapii [The method of millimeter wave therapy]. *Vestnik novyh medicinskih tehnologij, 5 (2),* 105-108. [in Russian].

4. Potapskij, P.V., Garasimchuk, I.D., Kozak, A.V., & Mihajlova, L.N. (2015). Teoreticheskoe obosnovanie sozdanija impul'snogo generatora dlja povyshenija immuniteta zhivotnyh [A theoretical study on the development of the pulse generator to enhance animal immunity]. *MOTROL. Motorization and power industry in agriculture, Vol. 17, №5,* 62-66. [in Russian].

5. Pestrjaev, V.A. (1994). *Upravljaemoe vozdejstvie impul'snogo jelektromagnitnogo polja na central'nuju nervnuju sistemu* [Controlled exposure to pulsed electromagnetic fields on the central nervous system]. *Biofizika, 39(30),* 515–518. [in Russian].

6. Phillips, I.L., & Winters, W.D. (1986). In vitro exposure to electromagnetic fields. *Int. Journal Radial. Biol*. 49 – 463.

7. Lyle, D.B., Ayotte, R.D., & Sheppard, A.R. (1991). Calcium uptake by lenkemic and normal. Iymphocytes exposed to low freguen magnetic sields. *Bioelectromagnetics, 12,* 145-156.

8 Torchuk, M.V., Mihajlova, L.N, Dubik, V.N, & Slobodjan, S.B. (2015). Opredelenie parametrov impul'snogo transformatora dlja obluchenija molochnoj zhelezy zhivotnyh krupnogo rogatogo skota [Defining the parameters of a pulse transformer for breast irradiation animal cattle]. *MOTROL. Motorization and power industry in agriculture, 17(5),* 82-87. [in Russian].

9. Cherenkov, A.D., & Kuchin, L.F. (2001). Vlijanie nizkojenergeticheskih EMP na kletki tkanej vymeni korov bol'nyh mastitom [The impact of high-energy EMF on the udder tissue cells of cows sick of a mastitis]. *Visnik HDTUSG [*Herald HSTU of Agriculture], *6,* 32 – 33. [in Russian].

10. Nikol'skij, V.V. (1978). *Jelektrodinamika i rasprostranenie radiovoln* [Electrodynamics and spread radio waves]. Moscow : Nauka [in Russian].

Дата надходження статті до редакції: 14.02.2016.
1 рецензування: 25.02.2016, прийняття в друк: 15.03.2016 .
Received: 14.02.2016. 1st Revision: 25.02.2016. Accepted: 15.03.2016

Mihail Torchuk
PhD(Techn.)
Department of Physical - mathematical and general technical disciplines
Engineering Faculty
State Agrarian and Engineering University in Podilya
Kamenets-Podilsky, Ukraine
***E-mail** : michael.tmv@gmail.com*

Viktor Dubik
PhD (Techn.)
Associate Professor
Department of Energy and electrical systems in the AIC
Engineering Faculty
State Agrarian and Engineering University in Podilya
Kamenets-Podilsky, Ukraine
***E-mail** : vmdubick@gmail.com*

Viktor Mazur
PhD (Techn.) Associate Professor
***E-mail:** ruzam61@yandex.ru*

Ludmila Mihailova
PhD (Techn.) Associate Prof.
***E-mail** : mihajlovaimesg@gmail.com*

STUDY PARAMETERS DEPENDENCE OF ELECTROMAGNETIC FIELD WITH PULSE FREQUENCY FILLING TREATMENT OF MASTITIS IN SHEEP

The introduction of non-drug treatments is very important in animals' feeding. As numerous studies have shown that radiowave electromagnetic fields technique can be used. Appropriate therapeutic effect depends on the filling pulsed electromagnetic field parameters. The distribution of the electromagnetic field is studied on the basis of Maxwell's equations. The study determines the parameters of the radio wave information electromagnetic fields for treating sheep mastitis. The mathematical model of the experimen that takes into account the relative dielectric permittivity layer of the skin and the rest of the breast. The process of interaction of electromagnetic radiation with pathogens and tissues is shown. The scheme of the dependence of the square of the electric field stress in the breast from the filling pulse requency cycle at different values is constructed. The results of the study indicate the optimal parameters of the electromagnetic field to destroy pathogens.

Keywords: *microwave radiation, mathematical model, cylindrical coordinate system, monochromatic field.*

Михаил Торчук
к.т.н.,доцент
кафедра физико-математических и общетехнических дисциплин Инженерно-технический факультет Подольський государственный аграрно-технический университет
Каменец-Подольский, Украина
***E-mail** : michael.tmv@gmail.com*

Виктор Дубик
к.т.н.,доцент
Виктор Мазур
к.т.н.,доцент
Людмила Михайлова
к.т.н.,доцент
кафедра энергетики и электротехнических систем в АПК
Инженерно-технический факультет
Подольський государственный аграрно-технический университет
Каменец-Подольский, Украина
***E-mail** : vmdubick@gmail.com*
***E-mail:** ruzam61@yandex.ru*
***E-mail** : mihajlovaimesg@gmail.com*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ОТ ЧАСТОТЫ ЗАПОЛНЕНИЕ ИМПУЛЬСОВ ПРИ ЛЕЧЕНИИ МАСТИТА У ОВЕЦ

Важное значение в лечении животных является внедрение немедикаментозных средств лечения. Как показали многочисленные исследования что для этого могут быть использованы информационные радиоволновые электромагнитные поля. Соответствующий лечебный эффект зависит от параметров заполнения импульсного электромагнитного поля. В данной статье проведено исследование по определению параметров информационных радиоволновых электромагнитных полей (ЭМП) для лечения мастита у овец. Разработана математическая модель эксперимента, где учтены относительные диэлектрические проницаемости слоя кожи и остальной молочной железы. Распространение электромагнитного поля рассмотрено на основе уравнений Максвелла. Исследован процесс взаимодействия электромагнитного излучения с патогенными микроорганизмами и тканями животных. Построен график зависимости квадрата напряженности электрического поля в молочной железе от частоты заполнения импульсов при различных значениях скважности. Результатами исследований установлены оптимальные параметры ЭМП для уничтожения патогенных микроорганизмов.

Ключевые слова: *микроволновое излучение, математическая модель, цилиндрическая система координат, монохроматические поля.*