

УДК 632

Михайлова Л. М.¹*канд. техн. наук, професор, директор навчально-наукового інституту енергетики***E-mail:** *mihajlovaimesg@gmail.com***Гузенко В.В.²***асистент кафедри автоматизованих електромеханічних систем***E-mail:** *hnaghv@gmail.com*¹ *Подільський державний аграрно-технічний університет
Кам'янець-Подільський, Україна*² *Харківський національний технічний університет
сільського господарства імені Петра Василенка
Харків, Україна*

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЛЯ ЛІКУВАННЯ ДИСПЕПСІЇ ТВАРИН

Анотація

У статті наведено рівняння для дослідження залежності напруженості електричного поля в біологічно активних точках від параметрів радіоімпульсного випромінювання. Отримані результати дозволили провести аналіз якісних властивостей процесу взаємодії радіоімпульсного випромінювання з біологічно активними точками. Було запропоновано біологічно активні точки розглядати як діелектричний резонатор, поміщений в плоску діелектричне середовище. Тому, якщо частота заповнення радіоімпульсу близька до власної частоти такого резонатора, то можливо резонансне збільшення напруженості електричного поля в біологічно активних точках. При проведенні численних розрахунків було прийнято, що сумарний потенціал на мембрані біологічних клітин не повинен перевищувати величину в 100 мВ.

У процесі теоретичного аналізу розробленої моделі було встановлено, що для підвищення життєздатності новонароджених телят хворих диспепсією їх біологічно активні точки слід опромінювати інформаційним радіоімпульсним випромінюванням в діапазоні змін параметрів: тривалість імпульсів $0,5 \cdot 10^{-7} \dots 1,5 \cdot 10^{-7}$ с; період проходження імпульсів $0,5 \cdot 10 \dots 1,5 \cdot 10^{-5}$ с; величина щільності потоку потужності $15 \text{ мВт} / \text{см}^2$; частота заповнення імпульсів 50ГГц; час експозиції 15 ... 20 с; напруженість електричного поля $E_0 = 8,8 \text{ В} / \text{м}$, $E_{cp} = 5,7 \text{ В} / \text{м}$.

Ключові слова: біологічно активні точки, лікування диспепсії телят, параметри інформаційного електромагнітного поля.

Вступ. Економічний збиток, що наноситься сільському господарству хворобами телят, складається з зниження їх продуктивності, непродуктивних витрат на лікування, прирізки та падежу хворих. На захворювання шлунково-кишкового тракту доводиться до 45 -60% народжених телят [1].

В даний час для збереження молодняку використовують антимікробні препарати, гормони та інші хімічні препарати. Медикаментозні засоби є часто неефективними, а тривале їх застосування нерідко спричиняє за собою важкі ускладнення, викликані бурхливим розвитком грибків, стафілококів, гематологічних штамів кишкових паличок і протея [2]. Результати досліджень показують, що альтернативою медикаментозних засобів, для терапії хворих диспепсією новонароджених телят може бути використання інформаційних електромагнітних випромінювань для впливу на біологічно активні точки [3].

Однак, ефективне лікування диспепсії новонароджених телят може бути отримано тільки при оптимальному поєднанні біотропного параметрів радіоімпульсного електромагнітного випромінювання (частота проходження імпульсів, шпаруватість, потужність, частота заповнення імпульсів, експозиція). Визначення параметрів ЕМП є проблемою для лікування диспепсії тварин [4].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Використання електромагнітної енергії в медицині та ветеринарії відкриває нові можливості для лікування людей і тварин безмедикаментозними методами. Основними напрямками в проведених дослідженнях можна вважати застосування ЕМП для підвищення продуктивності і немедикаментозного лікування захворювань тварин [5].

У сучасних умовах для лікування диспепсії телят використовуються антибіотики, гормони і інші хімічні препарати, які є малоефективними. 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 диспепсії телят є актуальним завданням [2, 6].

Літературний аналіз показує, що лікування хвороб тварин можливо на основі застосування інформаційного електромагнітного випромінювання міліметрового діапазону з певними біотропного параме-трам [7]. Електромагнітне випромінювання при впливі на патологічні процеси в організмі тварин призводить до загибелі патогенних мікробів, зниження рецепторної чутливості, зменшення тривалості фази відновлення та інтеретіціального набряку, активізації регенеративних процесів, прискоренню і корекції гормональної та ферментативної систем, поліпшенню мікроциркуляції крові і лімфи [8].

Підтверджено позитивна роль опромінення хвилями міліметрового діапазону при лікуванні злоякісних пухлин, регенерації м'яких і кісткових тканин [9]. Також, в результаті проведеного аналізу встановлено, що ЕМП з відповідними біотропного параметрами (частота, щільність потоку потужності, експозиція, модуляція) можуть стимулювати обмінні процеси в хворих органах тварин і лікування їх шлунково кишкових хвороб [10].

Встановити аспекти впливу електромагнітних полів, пов'язаних ні з потужністю впливу і поглиненою енергією, а з інформацією закодованої в біотропного параметрах ЕМП, можливо на основі теоретичних досліджень, які на цей момент відсутні [11].

Мета. Визначення біотропних параметрів радіоімпульсного електромагнітного випромінювання для лікування диспепсії тварин.

Методологія досліджень. Провести аналіз якісних властивостей процесу взаємодії радіоімпульсного випромінювання з біологічно активними точками.

Визначити діапазон змін радіоімпульсного електромагнітного випромінювання для лікування диспепсії телят (середнє значення напруженості електромагнітного випромінювання, частоту заповнення імпульсів, тривалість імпульсів, період проходження імпульсів, аплітуди імпульсів, експозицію).

Для визначення параметрів радіоімпульсного випромінювання було отримано вираз для середнього значення напруженості електромагнітного випромінювання (1)

$$\bar{E}_{cp} = \frac{E_0 \Omega \sin\left(\frac{2\pi\omega}{\Omega}\right)}{2\pi\omega} \left[1 + \frac{m}{1 - \frac{\Omega^2}{\omega^2}} + \frac{k^2 R^2}{12} \left(\frac{k^2 R^2 \varepsilon_2}{2\delta} \left(1 + \frac{m}{2} \left(1 + \frac{\Omega^2}{\omega^2} \right) \right) - \frac{2\kappa R \sqrt{\varepsilon_2}}{\pi} (1+m) + \frac{2\delta}{\pi} \left(1 + \frac{m}{8} \right) \right) \right] \quad (1)$$

Формула (1) є основою для дослідження залежності напруженості електричного поля в біологічно активних точках від параметрів радіоімпульсного випромінювання.

Перш ніж викладати результати чисельних експериментів, відзначимо деякі якісні

характеристики процесу взаємодії радіоімпульсного випромінювання з біологічно активними точками. Як впливає з (1), при значеннях параметра $\omega/\Omega = n/2$, $n=1,2,\dots$ величина наближається до нуля. Крім того, в двох граничних випадках, а саме, при $\Omega \rightarrow 0$ і $\omega/\Omega \rightarrow \infty$ величина \bar{E}_{cp} прямує до нуля. Крім того, біологічно активні точки можна розглядати як діелектричний резонатор, поміщений в плоску діелектричну середу. Тому, якщо частота заповнення радіоімпульсу близька до власної частоти такого резонатора, то можливо резонансне збільшення напруженості електричного поля в біологічно активних точках. Проведені чисельні розрахунки за формулою (1) підтвердили це припущення. В рамках розглянутої електродинамічної моделі біологічно активних точках були обрані наступні геометричні та матеріальні параметри: $R = 0.1 \div 0.3$ мм, $h = 0.1 \div 0.5$ мм, $h_1 = 10^{-6}$ мм, $h_2 = 10^{-3}$ мм, $\varepsilon_1 = 10$, $\varepsilon_2 = 20$, $\varepsilon_3 = 15$, $\varepsilon_4 = 3$. Такі геометричні та матеріальні параметри є деякими середніми значеннями [6].

Радіоімпульсне випромінювання має такі параметри: частота заповнення $\frac{\omega}{2\pi} = 40 \div 60$ ГГц, частота модуляції $10 \leq \omega/\Omega \leq 11,2$ коефіцієнт глибини модуляції $0 < m < 0.2$.

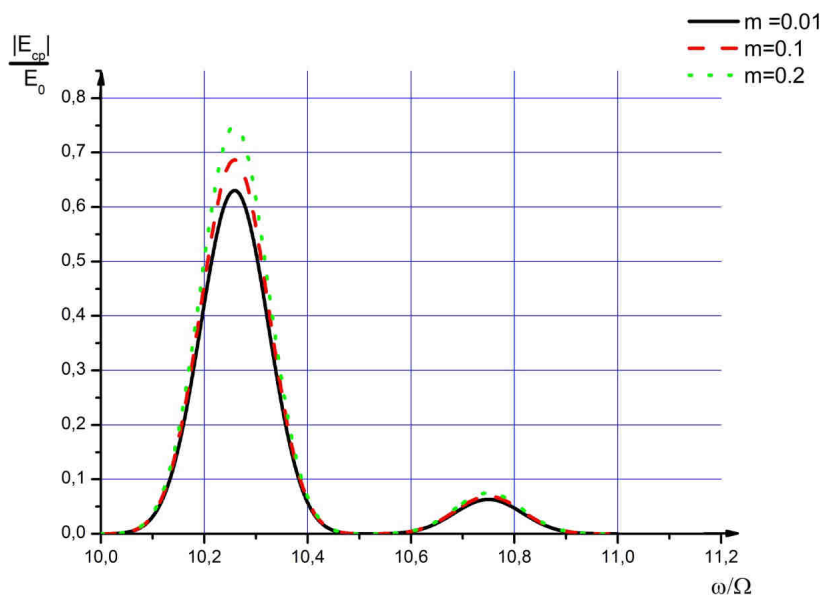


Рис. 1. Залежність нормованої напруженості електричного поля в БАТ від параметра ω/Ω при різних значеннях глибини модуляції.

На рис. 1 представлені результати розрахунків по формулі (1) залежно напруженості електричного поля, нормованої по амплітуді E_0 від параметра ω/Ω для різних значень коефіцієнта глибини модуляції. Це значення ω/Ω практично не залежить від коефіцієнта глибини модуляції $0 \leq m \leq 0.2$.

Напруженість електричного поля джерела електромагнітного випромінювання

може бути визначена з рівняння (2)

$$E_0 = K \frac{A \tau}{16 \pi f_3 T}, \quad (2)$$

де A , τ , T і f_3 - відповідно максимальна амплітуда щільності струму, тривалість імпульсів період повторення імпульсів і частота заповнення імпульсів.

Тривалість імпульсу τ визначимо з виразу:

$$\tau = \frac{M}{f_3}, \quad (3)$$

де M - позитивне число.

Величина M для існуючих імпульсних генераторів лежить в межах $2500 \leq M \leq 7500$ [12].

Підставляючи M в вираз (3), отримаємо, що тривалість імпульсу може змінюватися в межах $0,5 \cdot 10^{-7} \text{с} \leq \tau \leq 1,5 \cdot 10^{-7} \text{с}$.

Далі, оскільки шпаруватість імпульсу може бути $q = T / 100$ [12] то, легко отримати, що період повторення імпульсів повинен змінюватися в межах:

$$0,5 \cdot 10^{-5} \leq T \leq 1,5 \cdot 10^{-5} \text{с}. \quad (4)$$

Чисельні розрахунки показують, що напруженість електричного поля, $E_0 = 8,8 \text{ В / м}$, $E_{cp} = 5,7 \text{ В / м}$, а щільність потоку потужності 15 мкВт / см^2 . Для розрахунків були використані дані, взяті з літературних джерел [10, 11]:

$$K = 3 \cdot 10^{13} \frac{\text{Ом} \times \text{м}}{\text{С}}; q = 100; f_3 = 50 \text{ ГГц}; A = 74 \frac{\text{А}}{\text{м}^2}; T = 10^{-5} \text{с}; m = 0,1; S = 4,25 \text{ см}^2 -$$

площа діаграми спрямованості.

Величину експозиції, для впливу електромагнітного випромінювання на біологічно активні точки новонароджених телят хворих диспепсією, знайдемо з виразу (5) [13].

$$\varphi_n^2 = \varphi_0^2 + P \cdot t \frac{C_0 V_0 q^2 C_s}{(4\pi \epsilon_m \epsilon_0 d)^2} \cdot e^{-\frac{F \varphi_0 g}{RT}} + P \frac{q C_s}{4\pi \epsilon_m \epsilon_0 \omega} E_{cp} \sin(\alpha t + \psi), \quad (5)$$

де φ_0 - потенціал на мембрані в початковий момент часу;

P - проникність мембрани;

t - час впливу ЕМП на БАТ;

C_0 , C_s - концентрація іонів всередині і поза клітиною;

V_0 - об'єм клітини в початковий момент часу;

q - заряд іона;

ϵ_0 - електрична постійна;

ϵ_m - діелектрична постійна мембрани;

d - товщина мембрани;

F - число Фарадея;

R - газова постійна;

E_{cp} - амплітуда напруженості електричного поля.

Дане співвідношення дає можливість при відомих параметрах визначити час дії (величину експозиції) електромагнітного випромінювання на біологічну тканину, що включає біологічно активні точки і огрядні клітини і що примикають до них клітинні структури, зокрема лімфатичні судини. При проведенні численних розрахунків (5) було прийнято, що сумарний потенціал на мембрані біологічних клітин не повинен

перевищувати величину в 100 мВ ($\phi_u \leq \phi_{кр} = 100 \text{ мВ}$).

Для розрахунків були використані дані, взяті з літературних джерел [14, 15].

$$\epsilon_m = 2,1; d = 10^{-8} \text{ м}; f = 50,0 \text{ ГГц}; C_s = 3,0 \frac{\text{мкмоль}}{\text{м}^3}; q = 4 \cdot 10^{-17} \text{ Кл};$$

$$P = 0,3 \cdot 10^{-3} \frac{\text{М}^3}{\text{с}}; V_0 = 0,4 \cdot 10^{-13} \text{ м}^3; F = 96484,56 \frac{\text{Кл}}{\text{моль}}; C_0 = 0,2 \frac{\text{мкмоль}}{\text{м}^3};$$

$$R = 8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}; T = 300^0 \text{ К}; N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}.$$

В результаті розрахунків було встановлено, що для сумарного потенціалу величиною 90 мВ експозиція впливу радіоімпульсного імпульсного випромінювання на біологічно активні точки новонароджених телят становить 15 - 20 с; напруженість електричного поля $E_0 = 8,8 \text{ В / м}$, $E_{cp} = 5,7 \text{ В / м}$.

Висновки і перспективи. Для визначення біотропного параметрів радіоімпульсного електромагнітного випромінювання, що викликають лікування диспепсії немовлят-них телят, слід використовувати розроблені математичні вирази при її аналізі.

У процесі теоретичного аналізу розробленої моделі було встановлено, що для підвищення життєздатності новонароджених телят хворих диспепсією їх біологічно активні точки слід опромінювати імпульсним ЕМІ в діапазоні змін параметрів: тривалість імпульсів $0,5 \cdot 10^{-7} \dots 1,5 \cdot 10^{-7} \text{ с}$; період проходження імпульсів $0,5 \cdot 10^{-5} \dots 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ с}$; величина щільності потоку потужності 15 мВт/см^2 ; частота заповнення імпульсів 50 ГГц; час експозиції 15 ... 20 с; напруженість електричного поля $E_0 = 8,8 \text{ В / м}$, $E_{cp} = 5,7 \text{ В / м}$.

Список використаних джерел

1. Александров И. Д., Нестеренко И. В., Лоншаков Г. А. Технология получения выращивания здоровых телят. Благовещенск : РИО Амурполиграфиз. 1984. 29 с.
2. Урбан В. П. Найманов Л. Болезни молодняка в промышленном животноводстве. Москва : Колос, 1984. 152 с.
3. Cocnen, M. Ullerich Nutritiv bedingte probleme in kalberbestanden. *Ubeisicht. Tieremahr.* 1996. 24, №1. P. 2433.
4. Cherenkov A., Kosulina N., Popriadukhin V., Popova I., Chorna M. Analysis of the electromagnetic field of multilayered biological objects for their irradiation in a waveguide system. *Східно-Європейський журнал передових технологій.* 2017. № 6/5(90). P. 58–65.
5. Воронцов Л. А., Гамидов М. Г. О профилактике и лечении желудочно-кишечных болезней телят. *Сб. науч. тр. БСХИ.* Благовещенск, 1992. Вып. 9. С. 14–21.
6. Мачерет Е. Л., Самосюк И. З., Лесенюк В. П. Рефлексотерапия. Киев : «Здоровья», 1989. 232 с.
7. Aleksandr D. Cherenkov, Natalija G. Kosulina and Aleksandr V. Saprica Theoretical Analysis of Electromagnetic Field Electric Tension Distribution in the Seeds of Cereals. *Research journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Scinces.* November. December. 2015, RJPBCS 6(6). P. 1686–1694.
8. Гарбузов А. и др. Витебская государственная академия ветеринарной медицины. Витебск : ВГАВМ, 2010. 60 с.
9. Бессонов А. Е. Колмыкова А.Е. Информационная медицина. Москва : 2003. 658 с.
10. Бинги В. Н. Магнитология: эксперименты и модели. Москва : «МИЛТА», 2002. 592 с.
11. Исмаилов Э. Ш. Биофизическое действие СВЧ-излучения. Москва : Энергоатомиздат. 1987. 144 с.
12. Пиротти Е. Л., Черенков А. Д. Изменение мембранного потенциала клеток биологических объектов, находящихся во внешних электромагнитных полях. *Вестник Харьковского государственного политехнического университета.* 2000. Вып. 92. С. 96 - 99.

13. Б. А. Коцержинский, В.П. Тараненко, В. А. Трапезон. Импульсные генераторы миллиметрового диапазона волн на лавинно-пролетных диодах. *Известия вузов*, 1982. Т. XX, № 10. С. 56-64.

14. Plonsey R. Bioelectricity a Quantitative Approach. New York : Penum Press, 1988. 366 p.

15. Рубин А. Б. Биофизика: в 2-х кн.: Учебник для биол. спец. вузов. Кн. 2. Биофизика клеточных процессов. Москва : Высш. шк., 1987. 303 с.

Дата надходження статті до редакції: 11.07.2019

Рецензування 19.09.2019 Прийняття в друк: 27.12.2019

Mikhailova L.M.¹

Ph.D., Professor, Director of the Educational and Scientific Institute of Energy

Email: mihajlovaimsg@gmail.com

Guzenko V.V.²

Assistant

Email: hnaghv@gmail.com

¹State Agrarian and Engineering University in Podilya

Kamianets-Podilskyi, Ukraine

²Kharkiv National Technical University of Agriculture named after Petr Vasilenko

Kharkiv, Ukraine

DETERMINATION OF ELECTROMAGNETIC RADIATION PARAMETERS FOR THE TREATMENT OF ANIMAL DYSPEPSY

Abstract

The article provides an equation to study the dependence of the electric field at biologically active points on the parameters of radio-pulse radiation. The obtained results allowed analysis of the qualitative properties of the process of interaction of radio-pulse radiation with biologically active points. It was proposed that biologically active points are considered as a dielectric resonator placed in a plane-layered dielectric medium. Therefore, if the filling frequency of the radio pulse is close to the natural frequency of this resonator, a resonant increase in the electric field strength at biologically active points is possible. When conducting numerical calculations, it was assumed that the total potential on the membrane of biological cells should not exceed a value of 100 mV.

In the process of theoretical analysis of the developed model, it was found that to increase the viability of newborn calves with dyspepsia, their biologically active points should be irradiated with information radio-pulse radiation in the range of parameters: pulse duration $0.5 \cdot 10^{-7} \dots 1.5 \cdot 10^{-7}$ s; the pulse repetition period of $0.5 \cdot 10^{-5} \dots 1.5 \cdot 10^{-5}$ s; the value of the power flux density is $15 \mu\text{Wt}/\text{cm}^2$; pulse filling frequency 50 GHz; exposure time 15...20 s; electric field strength $E_0 = 8,8 \text{ V/m}$, $E_{\text{aver}} = 5,7 \text{ V/m}$.

Keywords: biologically active points, treatment of calf dyspepsia, informational electromagnetic field parameters.

References

1. Aleksandrov I. D., Nesterenko I. V., Lonshakov G. A. (1984). *Tehnologiya polucheniya vyirashchivaniya zdorovyih telyat* [Technology for the production of healthy calves]. Blagoveschensk: RIO Amuruprpoligrafiz. [in Russian].

2. Urban, V. P., & Naymanov, L. (1984). *Bolezni molodnyaka v promyshlennom zhitovodstve* [Diseases of young animals in industrial animal husbandry]. Moscow: Kolos. [in Russian].

3. M. Cocnen, A. (1996). Ullerich *Nutritiv bedingte probleme in kalberbestanden. Ubeisicht. Tieremahr*, 24(1), 2433.

4. Cherenkov, A., Kosulina, N., Popriadukhin, V., Popova, I., & Chorna, M. (2017). *Analysis of the electromagnetic field of multilayered biological objects for their irradiation in a waveguide system. Shidno-Evropeyskiy zhurnal peredovih tehnologiy*, 6/5(90), 58–65.

5. Vorontsov, L. A., & Gamidov, M. G. (1992). О профилактике и лечении желудочно-

kishechnyih bolezney telyat [On the prevention and treatment of gastrointestinal diseases of calves]. *Sbornik nauch. tr. BSHI. Blagoveschensk*, 9, 14–21. [in Russian]

6. Macheret, E. L., Samosyuk, I. Z., & Lesenyuk, V. P. (1989). *Refleksoterapiya [Reflexotherapy]*. Kyiv : «Zdorovya». [in Russian]

7. Cherenkov, O.D., Kosulina, N.G., & Saprica, O.V. (2015). Theoretical Analysis of Electromagnetic Field Electric Tension Distribution in the Seeds of Cereals. *Research journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Scinces. November. December. RJPBCS* 6(6), 1686–1694.

8. Garbuzov, A. et al. (2010). *Vitebskaya gosudarstvennaya akademiya veterinarnoy meditsiny [Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine]*. Vitebsk : VGAVM. [in Russian]

9. Bessonov, A. E., & Kolmyikova, A.E. (2003). *Informatsionnaya meditsina [Information Medicine]*. Moskow. [in Russian]

10. Bingi, V. N. (2002). *Magnitologiya: eksperimentyi i modeli [Magnetology: experiments and models]*. Moskow: «MILTA». [in Russian]

11. Ismailov, E. Sh. (1987). *Biofizicheskoe deystvie SVCh-izlucheniya [Millimeter-wave impulse generators on avalanche-span diodes]*. Moskow: Energoatomizdat. [in Russian]

12. Pirotti, E. L., & Cherenkov, A. D. (2000). Izmenenie membrannogo potentsiala kletok biologicheskikh ob'ektov, nahodyaschihsya vo vneshnih elektromagnitnyih polyah [Change in the membrane potential of cells of biological objects located in external electromagnetic fields]. *Vestnik Harkovskogo gosudarstvennogo politehnicheskogo universiteta*, 92, 96-99. [in Russian]

13. Kotsershinskiy, B. A., Taranenko, V.P., & Trapezon, V. A. (1982). Impulsnyie generatoryi millimetrovogo diapazona voln na lavinno-proletnyih diodah [Millimeter-wave impulse generators on avalanche-span diodes]. *Izvestiya vuzov*, 10, 56-64. [in Russian]

14. Plonsey, R. (1988). *Bioelectricity a Quantitative Approach*. New York : Penum Press.

15. Rubin, A. B. (1987). *Biofizika: v 2-h kn.: Uchebnik dlya biol. Spets. vuzov. Kn. 2. Biofizika kletochnyih protsessov [Biophysics: in 2 books: Textbook for biological specialties of universities. Book 2. Biophysics of cellular processes]*. Moskow: Vyssha shkola. [in Russian]

Received 07/11/2019

Revision 09/19/2019 Accepted 12/27/2019