

УДК 632.315

Думанський О.В.¹

канд. техн. наук, асистент

E-mail: *duman.alexandr@gmail.com***Михайлова Л.М.¹**

канд. техн. наук, професор,

директор навчально-наукового інституту енергетики

E-mail: *mihajlovaimesg@gmail.com*¹Подільський державний аграрно-технічний університет
Кам'янець-Подільський, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ КОНІЧНОГО ГОФРОВАНОГО ВИПРОМІНЮВАЧА ДЛЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ЛІКУВАННЯ ЕНДОМЕТРИТУ ВРХ

Анотація

У статті пропонується експериментально дослідити гофрований конічний випромінювач з метою підтвердження теоретичних розрахунків $|\Gamma_p|$ коефіцієнта відбивання електромагнітного поля від розкриву досліджуваного гофрованого конічного випромінювача. Дослідження ґрунтуються на впливі електромагнітних полів на фізико-хімічні процеси в біологічних об'єктах.

Теоретичні дослідження показали, що для промислового використання необхідний випромінювач з діапазоном частот 30-31 ГГц і діаметром не більше 30 мм, який повинен забезпечити ширину діаграми направленості в межах 24-30 мм. Для дослідження використовувався виготовлений конічний гофрований опромінювач довжина якого від розкриття до фазового центру дорівнює 21 мм. Діаметр випромінюючого розкриву дорівнює 25 мм. Основні геометричні параметри гофри: $h = 2,5$ мм, $c = 1,25$ мм, $b = 1,25$ мм. Для живлення розглянутого випромінювача використовується перехід з прямокутного хвилеводу перетином $7,2 \times 3,4$ мм на круглий діаметром 7 мм. Вимірювання проводились на частоті 30 ГГц. Оскільки модуль коефіцієнта відбиття від випромінювача повинен бути близький до нуля, то для точних вимірювань необхідно використовувати метод рефлектометра.

Ключові слова: дослідження, випромінювання, гофра, коефіцієнт відбивання, обтічник, розкриття, хвилевід.

Вступ. Для практичного застосування електромагнітного випромінювання в міліметровому діапазоні довжин хвиль для внутрішньоутробного лікування ендометриту ВРХ необхідно оцінити коефіцієнт відбивання від розрахованого конічного гофрованого випромінювача. Це пов'язано з необхідністю розуміти, яка частина вихідної потужності генератора випромінюватиметься у вільний простір без обтічника в розкритті опромінювача і при його наявності. У загальному випадку коефіцієнт відбиття від розкриву є величиною комплексною. Його модуль і фаза залежать від розмірів розкриву.

Зі збільшенням розмірів розкриву модуль коефіцієнта відображення зменшується [1], а фаза наближається до нуля. І якщо поперечний переріз розкриву опромінювача становить кілька довжин хвиль, то відбиванням від нього можна знехтувати [1, 2], тобто можна вважати приблизно рівним нулю.

У цьому випадку практично вся потужність генератора випромінюється у вільний простір, а у хвилеводному тракті встановлюється режим біжучої хвилі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Експериментальними дослідженнями зі створення випромінювального терміналу електромагнітного випромінювання з метою лікування тварин від різних інфекційних захворювань, в тому числі і для лікування ендометриту ВРХ проводяться такими вченими як О. Черенков, Ю. Мегель, М. Лисиченко, Н. Косуліна, Л. Михайлова [2, 3, 4, 5, 6, 7].

Їхні дослідження ґрунтуються на впливі електромагнітних полів на фізико-хімічні процеси в біологічних об'єктах. Теоретичні дослідження показали, що для промислового використання необхідний випромінювач з діапазоном частот 30-31 ГГц і діаметром не більше 30 мм, який повинен забезпечити ширину діаграми направленності в межах 24-30 мм [4, 5]. Для практичних цілей виникає необхідність оцінити коефіцієнт відбивання від розрахованого гофрованого випромінювача.

Мета. Мета дослідження полягала у перевірці виконаних теоретичних розрахунків шляхом проведення експериментальних досліджень з вимірювання коефіцієнта відбивання від гофрованого конічного опромінювача.

Методологія досліджень. Для дослідження використовувався виготовлений конічний гофрований опромінювач довжина якого від розкриття до фазового центру дорівнює 21 мм. Діаметр випромінюючого розкриття дорівнює 25 мм. Основні геометричні параметри гофри: $h=2,5$ мм, $c=1,25$ мм, $b=1,25$ мм.

Для живлення розглянутого опромінювача використовується перехід з прямокутного хвилеводу перетином $7,2 \times 3,4$ мм на круглий діаметром 7 мм. Вимірювання проводились на частоті 30 ГГц. Оскільки модуль коефіцієнта відбиття від опромінювача повинен бути близький до нуля, то для точних вимірювань необхідно використовувати метод рефлектометра [2].

Блок-схема вимірювальної установки подана на рисунку 1. Сигнал, відбитий від розкриття 8 через фазоповертач 7, розгалуження 6, плечі II і III E - трійника 11, надходить в прийомний тракт, який складається з детекторної секції 13, резонансного підсилювача 14 і осцилографа 15. Для контролю частоти генератора на ЛПД 1 у прийомний тракт включено хвилемір 12. Коефіцієнт відбивання від розгалужувачів 5 і 6 підібрані таким чином, що їх направленість складає 30 дБ.

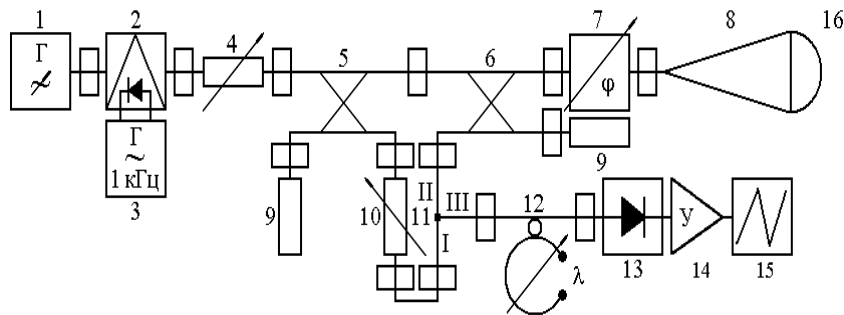


Рис. 1. Блок-схема вимірювальної установки:

- 1 – генератор на ЛПД; 2 – р-і-п – модулятор; 3 – звуковий генератор з частотою 1 кГц; 4 – атенюатор встановлювальний; 5, 6 – направлені вітки; 7 – фазоповертач; 8 – гофрований конічний опромінювач; 9 – навантаження; 10 – атенюатор поляризаційний; 11 – хвилевидний трійник; 12 – хвилемір; 13 – детекторна секція; 14 – підсилювач резонансний; 15 – осцилограф; 16 – обтікач.

Для цього у вимірювальний тракт включений р-і-п модулятор 2 і низькочастотний генератор сигналів 3 ГЗ-106. Для розв'язки задаючого генератора з навантаженням в

схему включений установочний аттенюатор 4.

Перетворення сигналу від антени, яка представляє собою гофрований опромінювач 8, і різних відбивачів, розташованих в полі його випромінювання, усунені шляхом встановлення поглинаючих екранів.

Методика дослідження полягає в наступному. Спочатку на частоті 29,5 ГГц в розкритті опромінювача 8 розташовується мідна пластина, яка являє собою короткозамикач. За допомогою поляризаційного вимірювального атенюатора 10 і фазовертача 7 досягаємо компенсації сигналів в плечі III Е-трійника (перший сигнал відбитий від короткозамикача в розкритті опромінювача надходить в плече II Е-трійника через спрямований відгалужувач 6, другий сигнал від генератора 1, потрапляє в плече I Е-трійника через спрямований відгалужувач 5).. При цьому фіксуємо покази атенюатора 10, які будуть рівні N_1 . Після цього проводиться вимір модуля коефіцієнта відбиття від випромінюючого розкриття. Для цього знову проводиться балансування Е-трійника за допомогою фазовертача 7 і атенюатора 10, показники якого, при цьому, мають величину N_2 . В результаті модуль коефіцієнта відбивання по полю $|\dot{\Gamma}_p|$ від розкриття досліджуваного гофрованого конічного опромінювача легко обчислюється за формулою [6]:

$$|\dot{\Gamma}_p| = 10^{\Delta N/20},$$

$$\text{де } \Delta N = N_1 - N_2.$$

Після цього задаючий генератор перебудовується за частотою з кроком 100 МГц до 30,5 ГГц і знову, при кожному значенні частоти, проводяться калібрування і вимірювання $|\dot{\Gamma}_p|$. В друге коло допоміжних ліній спрямованих відгалужувачів 5 і 6 включені узгоджені навантаження 9.

Для подальших досліджень в розкритті конічного гофрованого випромінювача 8 поміщається обтічник з полістиролу 16, і, по описаній вище методиці, в діапазоні перебудови задає від 29,5 ГГц до 30,5 ГГц з кроком 100 МГц вимірюється модуль коефіцієнта відбиття від випромінювального терміналу.

Результати $|\dot{\Gamma}_p|$ від гофрованого конічного випромінювача зазначених вище розмірів без обтічника, в його розкритті і при його наявності в залежності від частоти, що задає генератора на ЛПД, наведені на рисунку 2.

З рисунка 2 видно, що практично у всьому діапазоні зміни частоти генератора (29,5 ÷ 30,5) ГГц модуль коефіцієнта відбивання по полю від випромінювального розкриття змінюється в діапазоні 0,117 ÷ 0,103 (крива 1). При цьому, на частоті 30 ГГц $|\dot{\Gamma}_p|$ дорівнює 0,105. Це говорить про хороше узгодження антени з вільним простором.

Наявність обтічника в розкритті досліджуваного випромінювача призводить до збільшення коефіцієнта відбиття від такого терміналу. А оскільки в якості матеріалу випромінювача вибраний полістирол, що володіє малими втратами, то це привело до незначного збільшення $|\dot{\Gamma}_p|$. В діапазоні електронної перебудови задаючого генератора на ЛПД (29,5 ÷ 30,5) ГГц модуль коефіцієнта відбивання змінюється від 0,197 до 0,177. На частоті 30 ГГц $|\dot{\Gamma}_p| = 0,185$, тобто модуль коефіцієнта відбивання при наявності в розкритті випромінювача обтічника, виготовленого з матеріалу з малими втратами, виріс незначно. Якщо тепер розглянути коефіцієнт відображення по потужності від гофрованого випромінювача з обтічником, то він не перевищує 0,04, тобто $|\dot{\Gamma}_p|^2 < 0,04$.

Таким чином, практично вся потужність, що підводиться до конічного

гофрованого випромінювача з обтічником, випромінюватиметься у зовнішній простір.

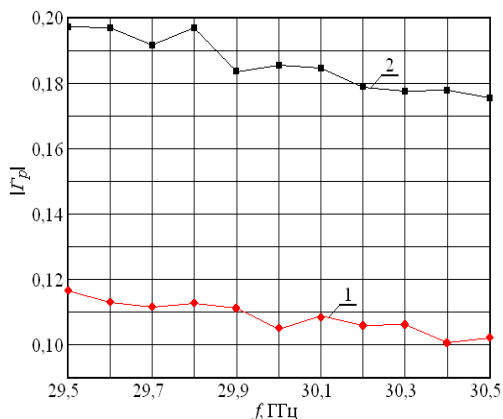


Рис. 2. Експериментально виміряний $|\Gamma_p|$ від розкриття розрахованого гофрованого конічного випромінювача без обтічника і з ним

Висновки і перспективи.

За результатами досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Наявність обтічника в розкритті досліджуваного випромінювача призводить до збільшення коефіцієнта відбиття від такого терміналу.
2. Практично вся потужність, що підводиться до конічного гофрованого випромінювача з обтічником, випромінюється у зовнішній простір.

Список використаних джерел

1. Савин Б.М., Вермель А.Е., Никонова К.В. Биологическое действие электромагнитных излучений. *Физиология человека и животных*. 1978. Т. 22. С. 138.
2. Думанский, А. В. Требования к антенной системе для лечения эндометрита животных. *Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України: тези за матеріалами науково-практичної студентської конференції (Харків, 26 березня 2014 р.) / М-во аграр. політики та продовольства України, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка*. Харків : ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2014. Вип. 6. С. 15.
3. Воскресенский Д. И. Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток. Москва : Изд-во Радиотехника, 2003. 632 с.
4. Потапский П. В., Гарасимчук И. Д., Козак А. В., Михайлова Л. Н. Теоретическое обоснование создания импульсного генератора для повышения иммунитета животных. *MOTROL Motorization and power industry in agriculture*. 2015. Vol. 17. № 5. 62–66.
5. Думанский А. В. Михайлова Л. Н. Аналитический анализ антенной системы для лечения эндометрита животных. *Вісник національного технічного університету «ХП»*. Нові рішення в сучасних технологіях. 2013. № 54. С. 138–141.
6. Черенков А.Д., Кучин Л.Ф. Влияние низкоэнергетических ЭМП на клетки тканей вымени коров больных маститом. *Вісник ХДТУСГ*. 2001. Вип. 6. С. 32–33.
7. Михайлова Л. Н. Применение электромагнитного поля крайневисокой частоты для лечения животных. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2012. № 1/9(55). С. 36–39.

Дата надходження статті до редакції : 26.01.2020
І рецензування 07.02.2020 Прийняття в друк: 30.04.2020

Dumansky O.V.¹*Ph.D., Assistant Professor**E-mail: duman.alexandr@gmail.com***Mikhailova L.M.¹***Ph.D., Professor, Head of the Educational and Scientific Institute of Energy**E-mail: mihajlovaimsg@gmail.com**¹State Agrarian and Engineering University in Podilya
Kamianets-Podilskyi, Ukraine*

A GROUND IS AS EMITTER FOR TREATMENT OF ENDOMETRITU OF ZOONS

Abstract

The article proposes to experimentally investigate the corrugated conical emitter in order to confirm the theoretical calculations of the reflection coefficient of the electromagnetic field from the opening of the investigated corrugated conical emitter. Research is based on the influence of electromagnetic fields on the physicochemical processes in biological objects.

Theoretical studies have shown that for industrial use requires a radiator with a frequency range of 30-31 GHz and a diameter of not more than 30 mm, which should provide a width of the radiation pattern within 24-30 mm. For practical purposes, it is necessary to estimate the reflection coefficient of the calculated corrugated emitter. For the study we use a conical corrugated irradiator, the length of which from the opening to the phase center is 21 mm. The diameter of the radiating aperture is 25 mm. The basic geometrical parameters of the corrugation: $h = 2.5$ mm, $c = 1.25$ mm, $b = 1.25$ mm. To feed the transmitter under consideration, a transition from a rectangular waveguide with a cross section of 7.2×3.4 mm to a circular diameter of 7 mm is used. Measurements were made at 30 GHz. Since the modulus of the reflection coefficient of the emitter must be close to zero, the method of reflectometer must be used for accurate measurements.

Keywords: research; radiation; corrugation; reflection coefficient; fairing; opened; waveguide.

References

1. Savin, V.M., Vermel, A.E. & Nikonova, K.V. (1978). Biologicheskoe deystvie elektromagnitnykh izlucheniya [The biological effect of electromagnetic radiation]. *Fiziologiya cheloveka i zhyvotnykh*, 22, 138. [in Russian].
2. Dumanskyi, A. V. (2014, March). Trebovaniya k atennoi systeme dlia lecheniya endometryta zhyvotnykh [Athenic system requirements for the treatment of animal endometritis]. *Problemy enerhozabezpechennia ta enerhozberezhennia v APK Ukrainy»: tezy za materialamy naukovo-praktychnoi studentskoi konferentsii [Problems of energy supply and energy conservation in the agricultural sector of Ukraine : Proceedings of the Scientific and practical students' conference (p. 15)]*. [in Ukrainian].
3. Voskresenskiy, D. I. (2003). *Ustroystva SVCh i anteny. Proektirovanie fazirovannykh antemnykh reshetok [Microwave devices and antennas. Designing phased array antennas]*. Moskva: Izd-vo Radiotekhnika [in Russian].
4. Potapskiy, P. V., Garasimchuk, I. D., Kozak, A. V. & Mihaylova, L. N. (2015). Teoreticheskoe obosnovanie sozdaniya impulsnogo generatora dlia povysheniya immuniteta zhyvotnykh. [A theoretical study on the development of the pulse generator to enhance animal immunity]. *MOTROL. Motorization and Power Industry in Agriculture*, 5, 62–66. [in Russian].
5. Dumanskiy, A. V. & Mihaylova, L. N. (2013). Analiticheskiy analiz antennoy sistemy dlia lecheniya endometryta zhyvotnykh [Analytical analysis of the antenna system for the treatment of endometritis animals]. *Visnik natsionalnogo tekhnichnogo universitetu «HPI». Novi rishennya v suchasniy tekhnologiyah*, 54, 138–141. [in Russian].
6. Cherenkov, A.D. & Kuchin, L.F. (2001). Vliyanie nizkoenergeticheskikh EMP na kletki tkaney vyimeni korov bolnykh mastitom [The effect of low-energy electromagnetic fields on tissue cells of the udder of cows with mastitis]. *Visnik HDTUSG*, 6, 32–33. [in Russian].
7. Mihaylova, L. N. (2012). Primenenie elektromagnitnogo polya kraynevysokoy chastoty dlia lecheniya zhyvotnykh [The use of an electromagnetic field of extremely high frequency for the treatment of animals]. *Vostochno-Evropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnologiy*, 1/9(55), 36-39. [in Russian].

Received: 01/29/2020

1st Revision: 02/07/2020

Accepted: 04/30/2020