

7. ГОСТ 18105-86. Бетоны. Правила контроля прочности. Госстрой СССР [Текст]. – М.: Издательство стандартов, 1987. – 18 с.
8. ГОСТ 8829-84 (ДСТУ Б.В.2.6-7-95). Изделия строительные бетонные и железобетонные сборные. Методы испытания нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости. Госстрой СССР [Текст]. – М.: Издательство стандартов, 1982. – 20 с.
9. ИИ-04-7. Сборные элементы зданий каркасно-конструкционных. Лестницы. Железобетонные лестницы для зданий с высотой этажей 3,3, 4,2 метра [Текст]. – М.: Центральный институт типовых проектов, 1966. – № 1. – 20 с.
10. Каталог приборов неразрушающего контроля качества железобетона. НИИСК Госстроя СССР [Текст]. – К., 1986. – 24 с.

*Рекомендовано до публікації д-р техн. наук, професор Михайленко В. М.  
Дата надходження рукопису 09.01.2017*

**Терентьев Александр Александрович**, доктор технических наук, доцент, старший научный сотрудник, заведующий сектором, Сектор исследования диагностики технического stanu будівель і споруд, Державне підприємство «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва» Мінрегіону України, пр. Лобановського, 51, м. Київ, Україна, 03680  
E-mail: terentyev79@ukr.net

**Полторац Александр Борисович**, научный сотрудник, Сектор исследования диагностики технического stanu будівель і споруд, Державне підприємство «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва» Мінрегіону України, пр. Лобановського, 51, м. Київ, Україна, 03680  
E-mail: Rabotex@bigmir.net

УДК 632.315

DOI: 10.15587/2313-8416.2017.91819

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИЗЛУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЯИЧНИКОВ У КОРОВ

© В. С. Попрядухин

*Проведены теоретические исследования по определению геометрических параметров и диаграммы направленности излучающей системы миллиметрового диапазона длин волн для внутриутробного лечения болезней яичников животных крупного рогатого скота. Теоретические исследования по созданию излучающей системы для внутриутробного лечения болезней яичников коров показали, что такие системы могут быть созданы на основе полого диэлектрического волновода, согласованного с пирамидальным рупорным излучателем и диэлектрической линзой на выходе волновода*

**Ключевые слова:** воспаление яичников животных, электромагнитное лечение, излучающая система, пирамидальная рупорно-волноводная система

### 1. Введение

Эксплуатация маточного поголовья крупного рогатого скота в значительной мере определяется возникновением у животных различных патологических изменений в организме и половых органах, ведущих к нарушению их воспроизводительной функции, потере плодовитости и продуктивности. Проведенный анализ показывает, что за последнее время яловость коров находится в пределах 17–30 %, а в отдельных хозяйствах процент бесплодных животных достигает 40 % от числа маточного поголовья. Экономический ущерб от содержания лишь одной коровы с нарушенной воспроизводительной функцией составляет в среднем до 100 грн. в сутки. Самым распространенным заболеванием животных крупного рогатого скота (КРС) является воспаление яичников (гонада) [1].

Широко применяемые медикаментозные методы лечения яичников у коров не всегда дают положительный эффект, и кроме того, их длительное применение может отрицательно повлиять на качество молока и мяса, приводя к появлению лекарственно устойчивых форм микроорганизмов, аллергическим реакциям у человека и животных, экологическим и другим неблагоприятным последствиям [2].

Одним из перспективных направлений для лечения патологии яичников КРС является использование информационных электромагнитных излучений, с оптимальными биотропными параметрами [3]. Применение электромагнитного поля (ЭМП) даёт возможность лечения многих заболеваний за счёт вовлечения дополнительных ресурсов (нервная, эндокринная, иммунная, сосудистая система и др.), для восстановления систем саморегуляции, заблокированных негативной информацией на клеточном уровне [4].

Анализ анатомического строения половых органов крупного рогатого скота показывает, что лечение патологии яичников необходимо проводить внутриутробным методом, который для своей реализации требует исследований и разработки излучающей системы [5].

### 2. Литературный обзор

В современных условиях для лечения болезней и расстройства функции яичников коров используются антибиотики, гормоны и другие химические препараты. Тем не менее, терапевтическая эффективность остаётся низкой, так как при назначении лечебных мероприятий не учитывается сложный мно-

гокомпонентный комплекс в регуляции половой функции яичников и динамика содержания гормональных рецепторов и чувствительности к гормонам соответствующих компетентных структур. Кроме того, высокоэффективные медикаменты для лечения болезней яичников у коров чрезвычайно дороги и экономически невыгодны для хозяйств [6].

За последнее время для терапии животных применялся ряд физических методов и средств: акупунктура лазерным излучением, УВЧ-терапия [6]. Однако эти методы теоретически не обоснованы и требуют более обстоятельных научных исследований. Литературный анализ показывает, что наиболее эффективным методом лечения болезней яичников у коров является внутриутробный ЭМИ миллиметрового диапазона [7].

Реализация этого метода невозможна без создания излучающей системы.

Основным элементом конструкции излучающей системы является излучатель, который должен сформировать необходимую диаграмму направленности и обеспечить достаточный уровень мощности на поверхности яичников у коровы для эффективного лечения. На сегодняшний день в миллиметровом диапазоне длин волн широко применяются различные типы антенн: рупорные, зеркальные, диэлектрические, фазированные антенные решетки, антенны поверхностных волн [8]. А учитывая, что основная частота, на которой проводится облучение, составляет 73,2 ГГц и условия, в которых такой излучатель будет применяться, то естественно следует остановить выбор на полом диэлектрическом волноводе, согласованного с пирамидальным рупорным излучателем и диэлектрической линзой на выходе волновода. Проведение исследований по созданию такой системы для внутриутробного лечения яичников животных, несомненно, является актуальной задачей.

### 3. Объект, цель и задачи исследования

*Объектом исследования* является процесс исследований по созданию излучающей системы для внутриутробного лечения болезней яичников животных.

*Целью работы* является теоретическое обоснование параметров и диаграммы направленности рупорно-волноводной системы для лечения болезней яичников у коров.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

1. Обосновать модель рупорно-волноводной системы.
2. Провести теоретические исследования по определению параметров излучающей системы для внутриутробного лечения болезней яичников крупного рогатого скота.

### 4. Определению основных параметров излучающей системы

Основным элементом конструкции антенны является излучатель, который должен сформировать необходимую диаграмму направленности и обеспечить достаточный уровень мощности на поверхности яичников коров на частоте 73.2 ГГц.

Схема конструкции рупорно-волноводного излучателя приведена на рис. 1.

Излучающая система с обтекателем 1 показана на рис. 1. Здесь же показаны все основные геометрические размеры рассматриваемой системы. Пирамидальный рупор 2 переходит в прямоугольный волновод 3 четырехмиллиметрового диапазона. Вся конструкция располагается в диэлектрической трубе 4 из винипласта. Для центровки в трубе волноводных элементов используются пенопластовые вставки 5. Такого типа облучатели обеспечивают осевую симметричную и узкую диаграмму направленности.

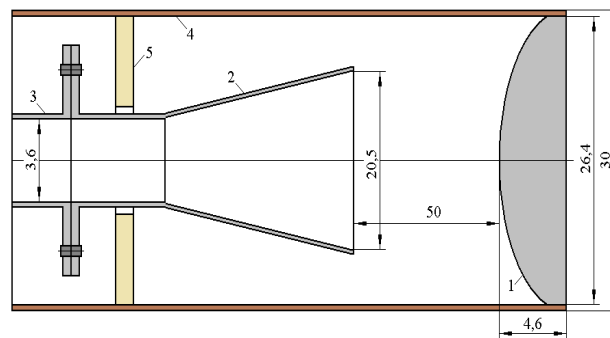


Рис. 1. Схема конструкции излучающей системы с полусферической диэлектрической линзой: 1 – диэлектрическая линза; 2 – пирамидальный рупор; 3 – прямоугольный волновод; 4 – диэлектрическая труба; 5 – пенопластовая вставка

При проведении всех расчетов будем считать, что в излучающем раскрыве распространяется только одна волноводная волна (в нашем случае  $TE_{10}$ ). Результаты будут тем точнее, чем больше размер раскрыва по сравнению с длиной волны  $\lambda$ .

В декартовой системе координат распределение электрической компоненты волны, распространяющейся по волноводу, имеет вид:

$$E = e_x E_x + e_y E_y + e_z E_z. \quad (1)$$

По аналогии с выражением (1) запишем электрическую компоненту волны в сферической системе координат:

$$E = e_r E_r + e_\phi E_\phi + e_\theta E_\theta. \quad (2)$$

Для прямоугольного волновода, в котором распространяется волна типа  $E_{10}$ , выражения для составляющих электрического поля записываются в следующем виде [9]:

$$\begin{cases} E_x = -E_\phi \sin \phi + E_\theta \cos \phi \cos \theta, \\ E_y = E_\phi \cos \phi + E_\theta \sin \phi \cos \theta, \\ E_z = -E_\theta \sin \theta. \end{cases} \quad (3)$$

После подстановки значений составляющих электрического поля из (3) в соотношение (1) получим:

$$E = e_x (E_\theta \cos \phi \cos \theta - E_\phi \sin \phi) + e_y (E_\theta \cos \phi + E_\phi \sin \phi \cos \theta) - e_z E_\theta \sin \theta. \quad (4)$$

В сферической системе координат составляющие электрического поля  $E_\theta$  и  $E_\phi$  в раскрыве прямоугольного волновода сечением  $axb$  определяются выражениями:

$$E_\theta = BZ_0 \frac{a^2 b}{\lambda^2} \sin \phi \left( 1 + \frac{\lambda}{\lambda_g} \cos \theta \right) \frac{\cos \alpha}{\alpha^2 - \frac{\pi^2}{4}} \frac{\sin \beta}{\beta}, \quad (5)$$

$$E_\phi = BZ_0 \frac{a^2 b}{\lambda^2} \cos \phi \left( \cos \theta + \frac{\lambda}{\lambda_g} \right) \frac{\cos \alpha}{\alpha^2 - \frac{\pi^2}{4}} \frac{\sin \beta}{\beta}, \quad (6)$$

где  $B$  – амплитудный коэффициент,  $Z_0 = 120\pi$  – волновое сопротивление свободного пространства,

$$\alpha = (\pi a / \lambda) \sin \theta \cos \phi, \quad \beta = (\pi b / \lambda) \sin \theta \sin \phi,$$

$$\lambda_g = \lambda / \sqrt{1 - (\lambda / 2a)^2} \text{ – волноводная длина волны.}$$

В результате преобразований были получены выражения для определения ДН в плоскостях **H** и **E** основной волны ТЕ<sub>01</sub> открытого конца прямоугольного волновода:

$$\mathbf{E}_{x0z} = \mathbf{e}_y BZ_0 \frac{a^2 b}{\lambda^2} \times \frac{\cos [(\pi a / \lambda) \sin \theta]}{[(\pi a / \lambda) \sin \theta]^2 - (\pi / 2)^2} \left( \cos \theta + \frac{\lambda}{\lambda_g} \right), \quad (7)$$

$$\mathbf{E}_{y0z} = \mathbf{e}_y BZ_0 \frac{a^2 b}{\lambda^2} \left( -\frac{4}{\pi^2} \right) \times \frac{\sin \left( \frac{\pi b}{\lambda} \sin \theta \right)}{\left( \frac{\pi b}{\lambda} \sin \theta \right)} \left[ \cos \theta \left( 1 + \frac{\lambda}{\lambda_g} \cos \theta \right) \right]. \quad (8)$$

Результаты расчета по формулам (7) и (8) показали, что по уровню – 15 дБ ширина главного лепестка ДН в обеих рассматриваемых плоскостях составляет 24,8 мм для размеров прямоугольного раскрыва  $a' \times b' = 20,5 \times 14,31$  мм. Таким образом, в этом случае, более 80 % излучаемой мощности будут сосредоточены в трубе диаметром 30 мм. С учётом размеров прямоугольного раскрыва и размерами волновода  $3,6 \times 1,8$  мм была определена длина пирамидального рупора 35 мм.

В связи с внутриутробным лечением коров, раскрыв излучателя электромагнитной энергии за-

крыт собирающей линзой, параметры которой были получены в результате решения уравнения [10]:

$$t = \sqrt{\left( \frac{l}{n+1} \right)^2 + \frac{(D/2)^2}{n^2 - 1}} - \frac{l}{n+1}, \quad (9)$$

где  $n = \sqrt{\varepsilon'} = \sqrt{2,08} = 1,442$  – коэффициент преломления материала линзы,  $D = 30$  мм – диаметр линзы,  $l$  – фокусное расстояние.

В результате расчётов было установлено: диаметр линзы 26,4 мм; толщина линзы 4,6 мм; фокусное расстояние 50 мм, а сам излучатель помещён в винилопластиковую трубу диаметром 30 мм с параметрами: плотность 160 кг/м<sup>3</sup>; диэлектрическая проницаемость  $\varepsilon' = 1.16$  и  $\text{tg } \delta = 2 \cdot 10^{-4}$ .

## 5. Результаты исследования

Результаты расчета по полученным выражениям для определения ДН в плоскостях **H** и **E** показали, что по уровню – 15 дБ ширина главного лепестка ДН в обеих рассматриваемых плоскостях составляет 24,8 мм для размеров прямоугольного раскрыва  $a' \times b' = 20,5 \times 14,31$  мм. Таким образом, в этом случае, более 80 % излучаемой мощности будут сосредоточены в трубе диаметром 30 мм. С учётом размеров прямоугольного раскрыва и размерами волновода  $3,6 \times 1,8$  мм была определена длина пирамидального рупора 35 мм.

В связи с внутриутробным лечением коров, раскрыв излучателя электромагнитной энергии закрыт собирающей линзой с параметрами:

диаметр линзы 26,4 мм; толщина линзы 4,6 мм; фокусное расстояние 50 мм, а сам излучатель помещён в винилопластиковую трубу диаметром 30 мм с параметрами: плотность 160 кг/м<sup>3</sup>; диэлектрическая проницаемость  $\varepsilon' = 1.16$  и  $\text{tg } \delta = 2 \cdot 10^{-4}$ .

## 6. Выводы

1. Внутриутробное лечение болезней яичников коров возможно с применением рупорно-волноводной системы, которая на частоте 73,2 ГГц формирует ширину главного лепестка ДН в раскрыве линзы по уровню – 15 дБ 23,8 мм и ослаблением боковых лепестков в пределах – 17,9 дБ.

2. Для создания аксиально-симметричного главного лепестка ДН как в зоне Фраунгофера (дальняя зона), так и в зоне Френеля (промежуточная зона) возможно пирамидальным рупором с размерами:  $20,5 \times 14,31$  мм и длиной 35 мм, с выходом на основное сечение прямоугольного волновода  $3,6 \times 1,8$  мм.

3. В связи с внутриутробным лечением животных, раскрыв диэлектрического волновода излучателя электромагнитной энергии должен быть закрыт диэлектрической линзой с параметрами: диаметр 26,4 мм; толщина 4,6 мм; фокусное расстояние 50 мм.

## Литература

1. Карпенко, Т. О. Вітальна оцінка ендоструктури гонад у тварин [Текст]: зб. наук. пр. / Т. О. Карпенко, В. П. Кошевой, С. Я. Федоренко, С. В. Науменко // Проблеми зооінженерії та ветеринарної медицини. Ветеринарні науки. – 2011. – Т. 2, № 23 (2). – С. 447–453.

2. Кузьмич, Р. Г. Диагностика, лечение и профилактика патологии яичников и яйцеводов у коров [Текст]: учеб.-метод. пос. / Р. Г. Кузьмич, Л. Н. Рубанец, А. А. Гарбузов и др. – Витебск: ВГАВМ, 2010. – 53 с.
3. Сасимова, И. А. Обоснование биофизического действия информационных электромагнитных излучений на микробиологические объекты животноводства [Текст] / И. А. Сасимова, Л. Ф. Кучин // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2008. – Т. 4, № 2 (34). – С. 27–29.
4. Михайлова, Л. Н. Применение электромагнитного поля крайневисокой частоты для лечения животных [Текст] / Л. Н. Михайлова // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – Т. 1, № 9 (55). – С. 36–38. – Режим доступа: <http://journals.uran.ua/ejet/article/view/3439/3239>
5. Думанский, А. В. Использование микроволнового излучения в технологических процессах лечения животных и людей [Текст] / А. В. Думанский, М. В. Торчук, Л. Н. Михайлова // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – 2013. – № 141. – С. 89–91.
6. Попрядухин, В. С. Информационно-волновая терапия в ветеринарии и медицине в лечебных целях [Текст] / В. С. Попрядухин, Ю. М. Федюшко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – 2016. – № 175. – С. 158–160.
7. Думанский, А. В. Анализ управляющего воздействия информационных электромагнитных излучений на физико-химические процессы в биологических объектах [Текст] / А. В. Думанский, Л. Н. Михайлова // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – 2013. – № 142. – С. 83–86.
8. Воскресенский, Д. И. Устройства СВЧ и антенны [Текст] / Д. И. Воскресенский, В. Л. Гостюхин, В. М. Максимов, Л. И. Пономарёв. – М.: Радиотехника, 2006. – 376 с.
9. Думанский, А. В. Аналитический анализ антенной системы для лечения эндометрита животных [Текст] / А. В. Думанский, Л. Н. Михайлова // Вестник Национального технического университета "ХПИ". Новые решения в современных технологиях. – 2013. – № 70. – С. 69–74. – Режим доступа: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vcpinrct\\_2013\\_70\\_14](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vcpinrct_2013_70_14)
10. Думанский, А. В. Аналитический анализ гофрированного конического рупора для лечения эндометрита животных [Текст] / А. В. Думанский // Энергозбереження, енергетика, енергоаудит. – 2014. – Т. 8, № 126. – С. 66–71.

*Рекомендовано до публікації д-р техн. наук Черенков О. Д.  
Дата надходження рукопису 18.11.2016*

**Попрядухин Вадим Сергеевич**, ассистент, кафедра теоретической и общей электротехники, Таврический государственный агротехнологический университет, пр. Б. Хмельницкого, 18, г. Мелитополь, Украина, 72310  
E-mail: [tte\\_nniect@ukr.net](mailto:tte_nniect@ukr.net)

УДК:621.472(043)

DOI: 10.15587/2313-8416.2017.92405

## **ВЫБОР И РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНОЙ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ГЕЛИОКОЛЛЕКТОРА С ВАКУУМИРОВАННЫМИ ТРУБЧАТЫМИ ТЕПЛОПРИЁМНИКАМИ**

© С. Ю. Хотин, А. Е. Васильченко

*На основе выполненных расчётов определена оптимальная гидравлическая схема гелиоколлектора с вакуумированными трубчатыми теплоприёмниками на базе концентратора солнечной радиации типа Д-фоклин, которая должна обеспечивать равномерное распределение теплоносителя по всей трубной решетке с наименьшим гидравлическим сопротивлением. Осуществлённые исследования позволяют обеспечить надёжную работу концентрирующего гелиоколлектора с максимальной теплотехнической эффективностью в температурном диапазоне 100-200 °С*

**Ключевые слова:** гидравлическая схема, гелиоколлектор, абсорбер, теплоноситель, трубчатые теплоприёмники, сопротивление, расход, поток, расчёт

### **1. Введение**

Расширяющиеся с каждым годом во всём мире промышленное использование солнечных энергосистем в различных сферах экономики обосновывает актуальность и целесообразность дальнейших исследований по проблемам разработки и созданию эффективных гелиотехнических установок, предназначенных для горячего водоснабжения и генерации пара низких параметров.

В настоящее время наиболее широкое применение для этих целей находят концентрирующие гелиоколлекторы. В температурном диапазоне 100–150 °С

они имеют более высокий тепловой КПД, чем обычные плоские коллекторы и эффективно работают при температурах около 200 °С, недостижимых для последних. Наиболее распространены гелиоколлекторы, оснащенные концентраторами типа фоклин. Они компактны, имеют невысокую себестоимость, не требуют систем суточного слежения за Солнцем, что делает их удобными в эксплуатации. Дальнейшее совершенствование гелиоколлекторов этого типа и оснащение их вакуумированными трубчатыми теплоприёмниками (ВТТ) позволит обеспечить потребности в энергии ряда технологических процессов и