

Н.А. Глушенко. — Великий Новгород: НовГУ им. Ярослава Мудрого, 2003. — 152 с.

2. Бецкий, О.В. Миллиметровые волны и живые системы / О.В. Бецкий, В.В. Кислов, Н.Н. Лебедев. — М.: Радиотехника, 2003. — 176 с.

3. Будаговский, А.В. Дистанционное межклеточное взаимодействие / А.В. Будаговский. — М.: НПЛЦ «Техника», 2004. — 104 с.

4. Васильев, А.Н. Предпосевная обработка семян ячменя электроактивированным воздухом / А.Н. Васильев, А.Ф. Кононенко, А.С. Ерешко // Материалы 41-й НТК. — Челябинск: ЧГАУ, 2002. — Ч. 2. — С. 217–220.

5. Васильев, А.Н. Электротехнология и управление при интенсификации сушки зерна активным вентилированием / А.Н. Васильев. — Ростов-на-Дону: Терра Принт, 2008. — 240 с.

УДК 616.618.19:615.84

*И.И. Гришин, доктор техн. наук*

*А.С. Морозов, аспирант*

Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева

## ПАРАМЕТРЫ ОБЛУЧАЮЩИХ ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ МАСТИТА КОРОВ ВЫСОКОЧАСТОТНЫМ ПОЛЕМ

Модернизация оборудования сельского хозяйства является важной задачей, к решению которой необходимо привлечь интеллектуальные и производственные ресурсы. Молочное производство относится к отраслям, нуждающимся в инновационных решениях, связанных с усовершенствованием ветеринарно-технического электрооборудования. Одна из центральных проблем, которую необходимо решать, является заболевание коров воспалением молочной железы — маститом. Современные способы лечения можно разделить на медикаментозные и физиотерапевтические. У каждого из них есть свои достоинства и недостатки. Однако одним из наиболее перспективных и эффективных способов лечения является УВЧ-терапия. Разработки в этом направлении позволят улучшить процесс лечения и совместить процесс лечения с технологией по уходу за животными. Лечение высокочастотным полем на современных установках относится к экологически чистым технологиям, которые устраняют выбраковку продукции животноводства, и может стать альтернативой антибактериальным препаратам, применяемых при заболевании маститом.

Целью статьи является исследование параметров излучателей УВЧ поля, выбор оптимальных размеров и формы при применении их в сухой период. Мастит возникает как в период запуска, так и в период лактации животных, поэтому целесообразнее всего производить профилактику или лечение мастита в это время. Одним из наиболее важных элементов лечебной УВЧ-аппаратуры являются излучатели. Так, наиболее распространенной в последние годы была конструкция излучателей в виде усеченного конуса, которые закрепляются в доильных стаканах. Ряд недостатков, присущих таким электродам, нуждается в доработке. Другой тип излучателей, применяемых при лечении мастита, имеет форму пластин, крепящихся на боковую часть вымени, как показано на рис. 1.

Данный способ позволяет эффективно подводить УВЧ-энергию к вымени животного. Параллельное включение излучателей обеспечивает более равномерное распространение электромагнитного поля в тканях вымени, что является одним из главных критериев при подобном лечении.

Как известно, животные ткани имеют различную проводимость, некоторые по свойствам ближе к диэлектрикам, другие к проводникам, это затрудняет построение аналитической картины поля внутри вымени при лечении. При рассмотрении УВЧ-излучателей используют картину квазистатического поля, так как длина волны при облучении составляет более 7 м, а параметры облучаемого объема не превышают 0,5 м. Главной задачей является расчет параметров излучающих пластин. Они должны соответствовать таким требованиям:

1. Иметь площадь пластин, при которой во время работы лечебной установки не наступает ожог облучаемой ткани.

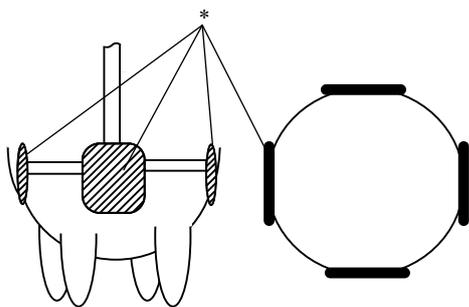


Рис. 1. Схема крепления конденсаторных пластин:

\* — излучающие электроды

2. Иметь форму удобно располагающихся на вымени и эффективно подводить высокочастотную энергию к вымени.

3. Размеры пластин должны соответствовать размерам вымени наибольшего количества животных при лечении мастита.

Ожоги, как показывает практика применения излучателей, получаются при мощности более 0,007 Вт/мм<sup>2</sup> при времени воздействия от 7 до 10 мин и 0,01 Вт/мм<sup>2</sup> при времени более 5 мин. Из этого следует, что первое требование зависит в большей степени от дозы самого излучения. Следовательно, наиболее эффективно использовать при лечении мастита в сухостойный период параллельные пластины, так как поле, излучаемое ими, наиболее равномерно. Исключения составляют края конденсаторных пластин, где поле не равномерно [1, 2].

Для расчета размеров излучателей следует ввести параметры пластин, в данном случае рассмотреть излучатели П+ и П- — это положительно и отрицательно заряженные излучатели. Площадь и форма будут зависеть от напряженности поля между пластинами, которая в свою очередь зависит от мощности генератора. Как известно, поверхностная плотность заряда  $d$  вычисляется следующим образом:

$$\delta = \frac{q}{S_{\text{пл}}}, \quad (1)$$

где  $q$  — абсолютная величина положительного суммарного заряда на пластинах П+ и П-(кл);  $S_{\text{пл}}$  — площадь пластин, м<sup>2</sup>.

Животных можно разделить на три группы: первотельные, у которых размер вымени наименьший; коровы от 3-х до 6-ти лактаций и третья группа — более 6 лактаций. Если сделать пластины на среднее или большое вымя, их невозможно будет применять при меньших обрабатываемых объемах.

Физиологически размеры вымя отличаются у каждой коровы и в основном представляют овальную форму, близкую к круглой, поэтому аппроксимируем и будем рассматривать ее как окружность с радиусом  $r$  (рис. 2), накладываем первое требование к размерам пластин:

$$d \leq 2r,$$

где  $r$  — приближенный радиус вымени,  $d$  — линейные размеры пластин.

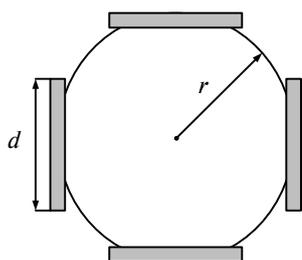


Рис. 2. Расположение пластин на вымени

В противном случае излучатели будут накладываться друг на друга.

При излучении часть энергии проходит через соседние пластины из-за искривления линий напряженности на краях конденсаторных пластин от центра [1]. От этого происходит нагрев соседних излучателей, что влияет на их эксплуатационные показатели и приводит к некачественной работе. Из этого накладываем второе требование:

$$d = \alpha 2r,$$

где  $\alpha$  — коэффициент, учитывающий нагрев соседних пластин.

Значение  $\alpha$  меньше единицы и зависит от используемого диэлектрика на поверхности пластин, а также свойств среды, через которую проходит электромагнитное излучение и мощности самого излучения.

Напряженность электромагнитного поля определяется так [2]:

$$\vec{E}(x_0, y_0, z_0) = -\text{grad}(\varphi) = (E_x, E_y, E_z),$$

где  $x_0, y_0, z_0$  и  $x, y, z$  — координаты произвольных точек и точек на плоскости излучателя;  $\vec{E}(x_0, y_0, z_0)$  — напряженность электростатического поля, В/м;  $\varphi$  — электростатический потенциал, В;  $E_x = -\frac{\partial \varphi}{\partial x_0}$ ;  $E_y = -\frac{\partial \varphi}{\partial y_0}$ ;  $E_z = -\frac{\partial \varphi}{\partial z_0}$ ; — частные производные электростатического потенциала.

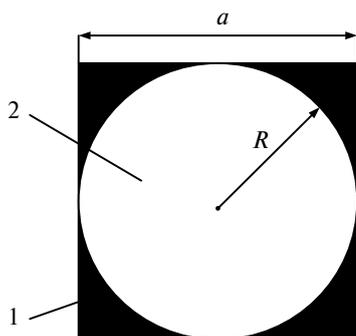
В свою очередь  $\varphi$  зависит от площади пластин, а также поверхностной плотности заряда, упрощенно можно рассмотреть так:

$$\varphi = \frac{q}{\kappa S_{\text{пл}}} g(x_i, y_i, z_i), \quad (2)$$

где  $\kappa$  — постоянная, зависящая от диэлектрических параметров;  $S$  — площадь пластин П+ и П-;  $g(x_i, y_i, z_i)$  — функция, зависящая от координат расположения пластин и произвольных точек, в которых будут искать потенциал.

Из формул (1) и (2) можно заключить, что с уменьшением площади пластин потенциал и напряженность поля увеличиваются. Максимальный охват облучаемого объема достигается увеличением площади пластин, которая в свою очередь зависит от физиологических параметров животных. Следовательно, находим максимальную площадь для пластин исходя из параметра  $d$ . При исследовании размеров вымени оказалось, что отношение длины вымени к глубине приблизительно равно 1 [3], в данном случае погрешность составляет несколько процентов и не имеет значительного влияния. Наибольшие размеры по высоте и по длине будут равны.

Рассмотрим площади излучателей и для этого выразим их через  $d$ . Для пластин I (рис. 3)  $d = a$ ,



**Рис. 3. Сравнение излучателей разной формы:**  
 1 — излучатель квадратной формы; 2 — излучатель круглой формы;  $a$  — длина электрода 1;  
 $R$  — радиус электрода 2

для круглых электродов  $d = 2R$ . Сравним площади излучателей:

$$S_1 = d^2; S_2 = \pi \frac{d^2}{4}.$$

Из отношения  $S_1$  к  $S_2$  видим, что площадь квадратной пластины больше круглой в  $4/\pi$  раз, следовательно, можно заключить, что форма с большей площадью является более выгодной по отношению к круглой, так как при максимальной плотности излучаемой энергии, при которой не наступает ожог, поверхность излучателя больше у квадратной пластины. Далее при исследовании конкретной формы заболевания можно установить опти-

мальную мощность, при которой животное выздоравливает.

Применением электродов данной конструкции достигается сразу двойной эффект: с увеличением площади электромагнитное поле охватывает наибольший объем живой ткани, а также позволяет увеличить полезную мощность на 27 % по сравнению с круглыми излучателями.

Рассмотренная методика позволяет найти параметры излучателей квадратной формы, рассчитанные на три группы животных.

Практическое применение электродов данной конструкции позволит наиболее эффективно использовать свойства УВЧ-терапии при заболевании коров маститом, снизит затраты на использование медикаментов и ветеринарного персонала, а также позволит проводить профилактику заболеваний без выбраковки молока и осуществлять лечение в процессе технологического ухода за животными.

#### Список литературы

1. Калашников, С.Г. Электричество: учеб. пособие. — 5-е изд., испр. и доп. / С.Г. Калашников. — М.: Наука, 1985. — 576 с.
2. Нейман, Л.Р. Теоретические основы электротехники: в 2-х т.: учебник для вузов. — Т. 2. — 3-е изд., перераб. и доп. / Л.Р. Нейман, К.С. Демирчан. — Л.: Энергоиздат, 1981. — 416 с.
3. Крупный рогатый скот. Содержание, кормление, болезни, диагностика и лечение: учеб. пособие. — СПб.: Лань, 2007. — 624 с.