

## СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ, ВОЗДЕЙСТВУЮЩЕГО НА ВРЕДИТЕЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Щербак О. Е., Кравченко П. А., Мельский Д. А.

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко*

*Проведен теоретический анализ структуры электромагнитных полей, воздействующих на вредителей сельскохозяйственных культур, и даны рекомендации по расположению излучателя относительно объекта исследования.*

**Постановка проблемы.** Степень эффективности воздействия электромагнитного поля на насекомых-вредителей сельскохозяйственных культур во много зависит от частоты излучения, его интенсивности и расстояния от излучателя до объекта исследования.

**Анализ последних исследований и достижений.** В процессе проведенных работ указанном направлении были выполнены исследования по выбору экспозиции и оптимальных параметров СВЧ-поля (сверхвысокочастотного) – частота, мощность, модуляция. Исследовали два уровня воздействия: высокоинтенсивный – при котором происходит быстрый нагрев тела насекомого до критической температуры с последующей его гибелью при значительном нарушении жизненных функций и воздействие низкоинтенсивным электромагнитным полем, вызывающим угнетение развития насекомых.

**Цель статьи.** Целью настоящей статьи является проведение теоретических исследований по изучению влияния СВЧ поля на вредителей сельскохозяйственных культур, таких как колорадский жук, расположенных в дальней зоне от излучателя.

**Основная часть.** Как известно, для любого источника волн всегда можно указать поверхность, до всех точек которой волна распространяется одинаковое время. Для гармонически изменяющихся во времени волн это будет означать, что на всей указанной поверхности электромагнитное поле будет иметь одну и ту же фазу колебания и эта поверхность будет являться поверхностью равных фаз. Поверхность равных фаз ЭМП (электромагнитное поле) принято называть фронтом волны.

В общем случае поверхность равных фаз может быть произвольно сложной пространственной фигурой. Частными наиболее простыми случаями фронта волны является сфера, цилиндр, перпендикулярные направлению распространения.

При этом соотношение между соответствующими составляющими ЭМП определяется соотношениями между расстоянием  $r$  до исследуемого объекта и длиной волны  $\lambda$ .

Дальняя зона или зона излучения охватывает точки пространства, в котором в режиме передачи выполняются следующие условия: амплитуды векторов поля убывают пропорционально,  $1/r$  т.е. можно пренебречь компонентами, пропорциональными  $1/r^2$  и  $1/r^3$ ;

- при определении фаз этих волн в точке приёма лучи, соединяющие все элементы антенны с точкой

наблюдения, можно полагать параллельными; ошибка при этом не должна быть больше допустимой;

- при определении амплитуд сферических волн, излучаемых элементами антенны, можно полагать расстояния  $r$  от точки приёма до всех элементов антенны одинаковыми, т.е.  $1/r = 1/R$

На СВЧ в тех случаях, когда размеры антенны  $l$  больше или даже значительно больше длины волны ( $l/\lambda \gg l$ ), наиболее жестким становится второе условие: при больших отношениях  $l/\lambda$  оно выполняется на расстояниях в несколько сотен длин волн, когда заведомо справедливыми оказываются первое и третье условия.

Возвращаясь к примеру с элементарным вибратором, формулы (1) и (2) применительно к дальней зоне:

$$E_{m0} = \frac{1}{\omega \epsilon \alpha} \frac{I_m l}{4\pi} k^3 \sin \Theta \frac{j}{kr} e^{-jkr}; \quad (1)$$

$$H_{m\phi} = \frac{I_m l}{4\pi} k^2 \sin \Theta \frac{j}{kr} e^{-jkr}. \quad (2)$$

Принимая во внимание, что

$$\frac{K}{\omega \epsilon \alpha} = \frac{\omega \sqrt{\mu_0 \epsilon \alpha}}{\omega \epsilon \alpha} = \sqrt{\frac{\mu \alpha}{\epsilon \alpha}}, \quad (3)$$

выражения (1) и (2) легко привести к виду (4) и (5):

$$E_{m0} = j \sqrt{\frac{\mu \alpha}{\epsilon \alpha}} \frac{I_m l}{2r\lambda} \sin \Theta e^{-jkr}; \quad (4)$$

$$H_{m\phi} = j \frac{I_m l}{2r\lambda} \sin \Theta e^{-jkr}. \quad (5)$$

Отношение величин напряженности электрического и магнитного полей в дальней зоне для данной среды является величиной постоянной, целиком зависящей от её физических свойств.

Это отношение, как известно, называют волновым сопротивлением среды и обозначают  $W$ .

Пользуясь выражениями (4) и (5), находим:

$$W = \frac{E}{H} = \sqrt{\frac{\mu \alpha}{\epsilon \alpha}}. \quad (6)$$

Плотность потока мощности в любой точке пространства вокруг излучающей области – антенны – характеризуется вектором Пойнтинга –  $\Pi$ :

Рассмотренные выше свойства ЭМП в дальней зоне не зависят от характера распределения токов источников, заключенных в излучающем объеме. Эти свойства присущи самому полю дальней зоны вне зависимости от того, каким образом возбуждено это поле.

Выше были рассмотрены наиболее общие свойства ЭМП в дальней зоне и условия, при которых конкретная область пространства может быть отнесена к дальней зоне излучающей антенны. Однако в отдельных конкретных ситуациях, возникающих в процессе проведения эксперимента, требуются более точные рекомендации.

Для этого найдём и оценим ошибку при определении в точке наблюдения фаз сферических волн, излучаемых элементами антенны, если полагать, что лучи, соединяющие эти элементы с точкой наблюдения параллельны.

Пусть антенна состоит из элементарных излучателей, занимающих объем  $V$ , на основании теоремы косинусов находим:

$$r^2 = R^2 + r_s^2 - 2Rr_s - 2Rr_s \cos \nu. \quad (7)$$

Излучение, попадающее на тело, частично поглощается в нем. Поглощаемая часть излучения проходит через кожу, подкожный жировой слой и более глубоко расположенные мышечные и другие ткани с большим содержанием воды. Существенные различия электрических свойств кожи, подкожного жирового слоя и мышечной ткани обуславливают довольно сложную картину отражения на границах между разными тканями. Точный расчет распределения тепловой энергии, выделяемой при облучении СВЧ во всем организме, практически невозможен. Однако ниже мы попытаемся рассмотреть вопрос выделения тепловой энергии и возможные воздействия на отдельные органы вредителя.

Чтобы оценить среднее повышение температуры тела, вызываемой облучением, нужно определить полное количество поглощенной энергии. Для этого важно знать величину «сечения относительного поглощения». Эта величина определяется как отношение полной поглощенной мощности к мощности, падающей на тело до его введения в поле. Зная величину сечения относительного поглощения, можно найти количество поглощенной энергии и по измерению падающего потока энергии – определить потенциальную вредность такого облучения для исследуемого объекта. В настоящее время имеется много данных о величине сечения относительного поглощения. Эти данные получены в результате теоретических и экспериментальных исследований, проводившихся на сферических и цилиндрических моделях тела. Если размеры насекомого меньше  $0,1$  длины волны (в воздухе), то сечение относительного поглощения увеличивается с повышением частоты. При таких размерах изменение исследуемого параметра происходит в соответствии с известным законом четвертой степени, сформированным Релеем. При размерах насекомого более одной длины волны сечение почти не зависит от размеров и частоты и сравнимо по величине с выраженной в процентах поглощенной энергией. Если же отношение размера насекомого к

длине волны находится в пределах  $0,1 - 1$ , то сечение изменяется сильно из-за того, что в облучаемом теле могут возбуждаться всевозможные резонансы.

Сечение относительного поглощения обычно имеет величину  $0,5 - 1$ . Если предположить, что вся поверхность насекомого покрыта достаточно толстым слоем хитина и жира, то сечение будет достигать  $1,7$ .

**Вывод.** Приведенный выше анализ позволяет сделать следующие выводы. В любой точке пространства дальней зоны напряженность ЭМП характеризуется двумя перпендикулярными векторами, лежащими в плоскости, перпендикулярно радиус-вектору  $r_0$ . Колебания обоих векторов во времени происходят в фазе, а их максимальные значения убывают пропорционально  $1/r_0$ . Таким образом, мощность ЭМП в дальней зоне носит чисто активный характер и электромагнитное поле более равномерно распределяется во всем объеме исследуемого насекомого.

#### Список использованных источников

1. Использование СВЧ энергии в сельскохозяйственном производстве: Сборник научных трудов - Черноград: ВНИПТИМЭСХ, 1989. – 172 с.
2. Архангельский Ю. С., Девяткин И. И., Сверхвысокочастотные нагревательные установки для интенсификации технологических процессов. Изд-во Саратовского ун-та, 1983. – 140 с.
3. Щербakov О. Е., Исследование влияния электромагнитных полей на вредителей сельскохозяйственных культур. Вестник ХНТУСХ им. П. Василенко, 2007. – 261 с.
4. Цветкова Э. И., Методы электрических измерений Энергоатомиздат, 1990. – 288 с.

#### Анотація

### ВЛАСТИВОСТІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ, ЩО ДІЄ НА ШКІДНИКІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Щербakov О. Е., Кравченко П. О., Мельський Д. О.

*Проведений теоретичний аналіз структури електромагнітних полів діючих на комах шкідників сільськогосподарських культур та дані рекомендації по місцезнаходженню випромінювача відносно об'єкта дослідження.*

#### Abstract

### SEARCH OF INFLUENCING OF THE ELECTROMAGNETIC FIELDS ON THE WRECKERS OF AGRICULTURAL CULTURES

O. Scherbakov, P. Kravchenko, D. Melskiy

*A theoretical analysis of the structure of electromagnetic fields affecting the crop pests, and give recommendations on the location of the emitter relative to the object of research.*