

УДК 615.849.112

DOI: 10.17223/00213411/63/2/15

*В.Б. АНТИПОВ, Е.В. ГАВРИЛИН, И.О. ДОРОФЕЕВ, Г.Е. ДУНАЕВСКИЙ, А.Н. НЕЧАЕВ***РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И ТЕПЛОВОГО ПОЛЕЙ В ПРЯМОУГОЛЬНОЙ МИКРОВОЛНОВОЙ КАМЕРЕ С ЦИЛИНДРИЧЕСКИМ ФАНТОМОМ ***

Методами численного моделирования исследовано распределение электрического поля в возбуждаемой микроволновым излучением прямоугольной полости, в которой расположен фантом в виде двуслойного диэлектрического цилиндра, электрофизические параметры которого соответствуют мышечной и жировой тканям конечности человека. Показано, что напряженность электрического поля в жировом слое заметно больше, чем в мышечном, при этом неоднородность поля характерна для обоих слоев. Измерения показали, что благодаря тепlopереносу итоговая температурная неоднородность в объеме фантома оказывается заметно меньше неоднородности электрического поля. Таким образом, несмотря на значительный скин-эффект и наличие слабовыраженных стоячих волн, возможен достаточно равномерный прогрев компонентов фантома.

Ключевые слова: СВЧ-отогрев, фантом конечности, численное моделирование распределения электромагнитного поля, распределение теплового поля.

Введение

Несмотря на то, что явление поглощения СВЧ-колебаний в диэлектрической среде с потерями, сопровождающееся выделением тепла, изучено в достаточной степени [1, 2], СВЧ-нагрев объектов со сложной геометрией и неоднородной диэлектрической структурой продолжает оставаться предметом исследований. Сложности возникают как в описании электромагнитных полей в объеме нагреваемого объекта, так и в построении результирующего теплового поля. Задача существенно усложняется в случаях, когда под действием СВЧ-нагрева изменяются диэлектрические параметры нагреваемого объекта, что приводит к изменению распределения электромагнитного поля [3]. Иной нетривиальной становится ситуация при размерах нагреваемого объекта, сопоставимых или превышающих длину волны СВЧ-колебаний в нагреваемой среде: в этом случае поле в объеме объекта заведомо неоднородно и может принимать форму стоячих волн, вызывающих локальные недогревы и перегревы. Решение подобных физических задач актуально при исследовании электрофизических и термофизических свойств композиционных сред и материалов и особо важно в медицинских применениях СВЧ-нагрева, таких, как обогрев отможенных конечностей, СВЧ-гипертермия онкологических новообразований.

Как правило, на этапе постановки и решения указанных физических задач сложные объекты медицины – части человеческого тела – моделируют математическими и физическими фантомами с более простой конфигурацией и однородным наполнением, действительная и мнимая компоненты диэлектрической проницаемости которого соответствуют усредненным значениям этих компонент для биологических тканей.

В данной работе рассматриваются особенности формирования электромагнитного и создаваемого им теплового полей в цилиндрическом фантоме, помещенном в прямоугольную многоволновую микроволновую камеру [4, 5]. Замкнутый металлической поверхностью объем, в отсутствие в нем поглощающих элементов, представляет собой многоволновый резонатор, в котором каждый из видов колебаний обладает своей, крайне неоднородной структурой поля [6]. С внесением в него большого, по сравнению с длиной волны, диэлектрического объекта, обладающего поглощением, значительно изменяется пространственное распределение полей, кроме того, происходит снижение добротности резонансных мод. Существенно, что в этой конфигурации сочетание прямоугольных и цилиндрических координатных поверхностей при задании граничных условий очень осложняет аналитическое описание структуры поля.

Для построения распределения полей в расположенном в камере фантоме предлагается использовать методы численного моделирования, а именно метод конечных разностей во временной области, позволяющий варьировать параметры модели – частоту возбуждения и геометрию камеры, геометрические и электрофизические параметры цилиндрического фантома. Исследуются

* Работа выполнена при поддержке Программы повышения конкурентоспособности ТГУ среди ведущих мировых научно-образовательных центров.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://www.elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>