

# ВОЗДЕЙСТВИЕ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ПОТОКОВ СВЧ ЭНЕРГИИ НА МАТЕРИАЛЫ В РЕЗОНАТОРНОЙ КАМЕРЕ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ФОРМЫ

И.В. Назаров, М.В. Нефедов, Т.А. Потапова, А.С. Черкасов  
*Московский государственный институт электроники и математики*  
*E-mail: lmis@miem.edu.ru*

The results of experimental research of the distribution of temperature field in dielectric material placed in microwave chamber are presented. Computer simulation of the distribution of electromagnetic field in chamber with material samples with the Ansoft HFSS computer program are also presented.

Процесс разработки СВЧ устройств и технологических процессов термообработки материалов нередко основан на многочисленных предварительных экспериментальных исследованиях, требующих дополнительных затрат времени и средств. Поэтому возможность проведения электродинамического моделирования с использованием современных программных средств делает процесс проектирования сложных СВЧ конструкций более эффективным.

В работе были проведены экспериментальные исследования в бытовой микроволновой печи “Электроника” размерами 230×350×380 мм, с углублением дна 10 мм, мощностью 600 Вт и рабочей частотой магнетрона 2450 МГц.

Рабочая камера СВЧ печи представляет собой полый резонатор прямоугольной формы с размерами сторон, превышающими длину волны генератора. Возбуждаемые в камере электромагнитные волны не поглощаются сразу в нагреваемом материале, а многократно отражаются ее стенками. В результате в камере образуются стоячие волны электромагнитного поля с узлами и пучностями электрической и магнитной компонент. Локальный нагрев материала пропорционален квадрату эффективного значения напряженности электрического поля в данной точке. Поэтому камера оптимальной конструкции должна иметь такие размеры и способ возбуждения, чтобы суперпозиция всех стоячих волн обеспечивала максимальную равномерность нагрева материала. На практике неравномерность нагрева обусловлена различиями диэлектрических свойств и формы обрабатываемого материала [1].

Исследуемый материал представлял собой кубики из сосны с ребром 40 мм. Средняя масса кубика составляла 28,6 г. В каждом кубике в центре одной из граней было просверлено отверстие глубиной 20 мм и диаметром 3 мм для измерения температуры с помощью мультиметра MASTECH MY64 с ценой деления 1°C.

Для получения распределения температуры в горизонтальном и вертикальном направлениях камеры было проведено две серии экспериментов. Длительность нагрева материала составляла 1 мин. Общий вид

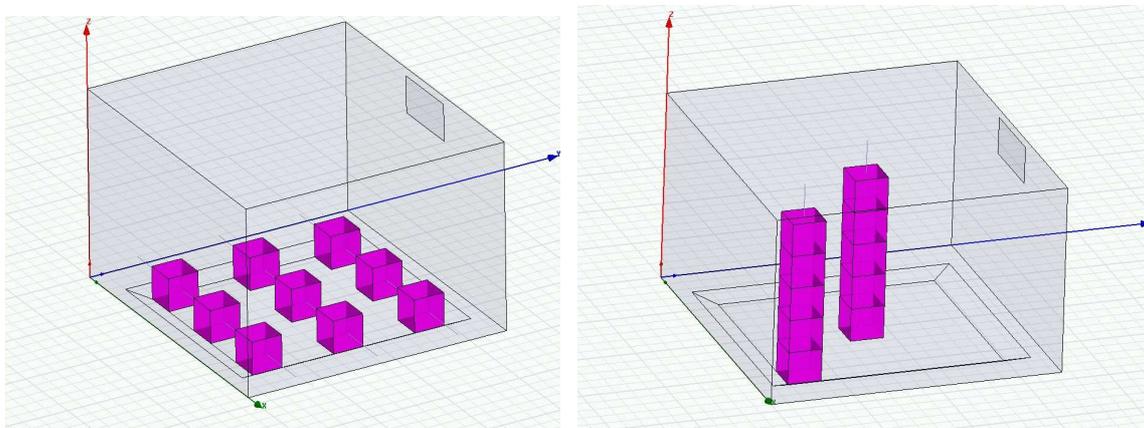
экспериментальной установки и расположение исследуемого материала представлен на рис. 1.



*Рис. 1. Экспериментальная СВЧ камера с исследуемым материалом.*

В системе трехмерного электромагнитного моделирования для проектирования СВЧ устройств Ansoft HFSS была разработана геометрическая модель камеры резонаторного типа, соответствующая экспериментальной установке с обрабатываемым материалом (рис. 2).

На рис. 3 представлены распределения напряженности электрического поля в пустой камере и с образцами диэлектрического материала.



*Рис. 2. Геометрическая модель СВЧ камеры с обрабатываемым материалом*

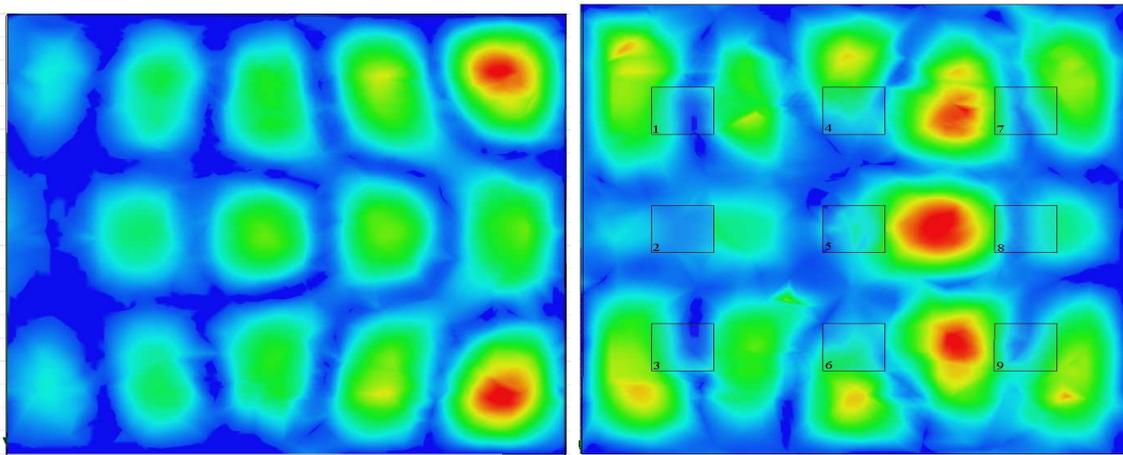


Рис. 3. Распределение электромагнитного поля в пустой камере и в камере с образцами в плоскости на высоте 20 мм от дна камеры.

Рассмотрена плоскость распределения поля, расположенная на высоте 20 мм от дна камеры и проходящая через центры кубиков. Помещение диэлектрического материала в камеру вносит искажения в картину поля, особенно в центре камеры: наблюдается изменение амплитуды и структуры электрического поля.

На рис. 4 представлены результаты сравнения экспериментальных и расчетных данных.

Разброс температуры в эксперименте при расположении кубиков в горизонтальной плоскости (рис. 4а) составил  $17,5^{\circ}\text{C}$ , а при расположении в вертикальной плоскости (рис. 4б) –  $22,5^{\circ}\text{C}$ , что говорит о достаточно равномерном нагреве диэлектрического материала в камере.

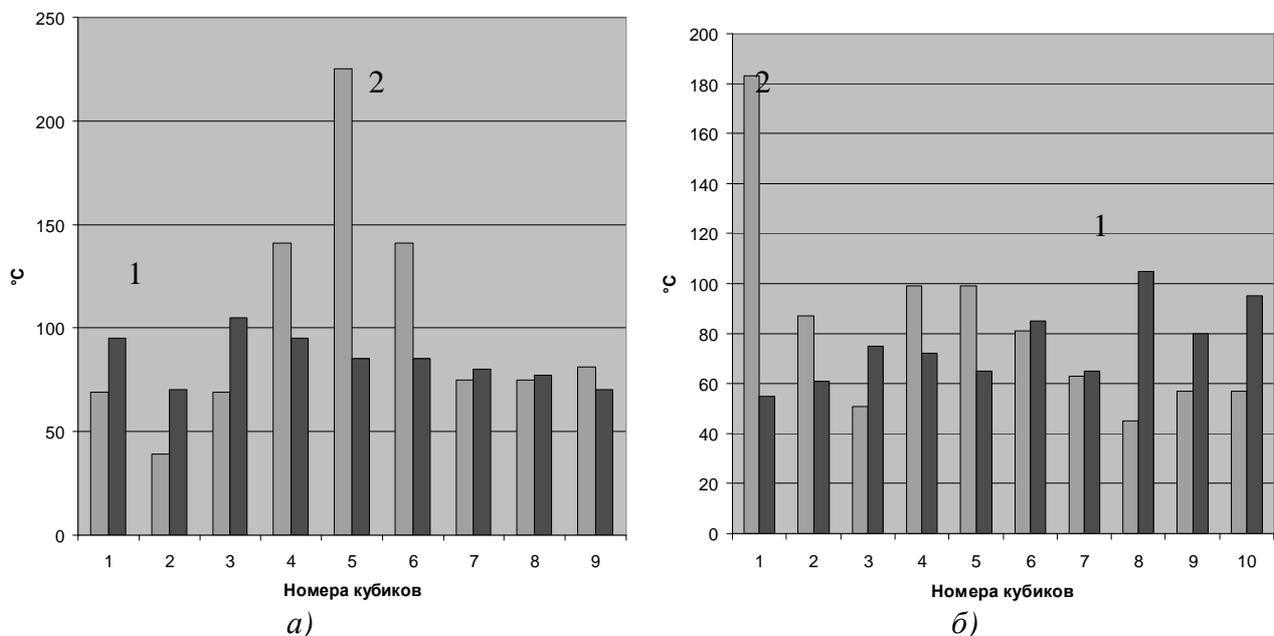


Рис. 4. Экспериментальное (1) и расчетное (2) распределение температуры в диэлектрическом материале

Результаты моделирования позволяют судить о распределении температуры в горизонтальной и вертикальной плоскостях камеры. В

горизонтальной плоскости (рис. 4а), расположенной на высоте 20 мм от дна камеры, максимальные значения температуры получены для кубиков, расположенных в центре (кубики 4, 5, 6). В вертикальной плоскости (рис. 4б) максимальное значение температуры получено в кубике, расположенном на вершине центрального столбика, на высоте 180 мм. По экспериментальным данным максимальный нагрев наблюдался в кубике, расположенном в центре бокового столбика, т.е. на высоте 100 мм.

Таким образом, результаты моделирования позволяют оценить размеры геометрической модели исследуемой СВЧ камеры и положение ввода энергии для равномерного нагрева диэлектрического материала.

1. Г.Г. Гонтарев, Б.Н. Глазырин, Г.В. Лысов, М.Н. Молохов, Э.В. Перовский, А.П. Пиденко, В.Н. Удалов Микроволновое технологическое оборудование и приборы. Обзоры по электронной технике. // Электроника СВЧ. Москва. 1992. Вып. 10 (1681).