

УДК 621.396.029.6

## УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ НАГРЕВА И СУШКИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ МИКРОВОЛНОВЫМ ПОЛЕМ

А.Л. АДАМОВИЧ, Н.А. ГЕРАСИМЕНОК

*Описана конструкция малогабаритной экспериментальной установки на основе камеры в виде пирамидального резонатора для исследования воздействия на материалы мощного микроволнового поля. Установка применяется для изучения процессов СВЧ-нагрева и проверки разработанных физико-математических моделей влагопереноса в пористых средах при интенсивном СВЧ-облучении.*

Использование СВЧ (сверхвысокочастотной) энергии для нагрева ряда материалов вызвано большим КПД преобразования электромагнитной энергии в тепловую, что нехарактерно для большинства традиционных технологий тепловой обработки. Большой научный и практический интерес представляют как сама физика электромагнитной диссипации в веществе, тепломассоперенос в процессах микроволнового нагрева и сушки, так и моделирование полей, оптимизация конструкции камер микроволновой обработки с целью получить максимально эффективный результат как для улучшения качества продукта, так и экономного использования энергии. Необходимость вышеперечисленных исследований привела к разработке и созданию экспериментальной установки для исследования процессов нагрева и сушки различных сред.

При конструировании таких установок необходимо учитывать требования, предъявляемые к ним: равномерность нагрева, однородность поля в зоне обработки при максимально возможной степени согласования источника СВЧ-энергии и камеры (нагрузки). Этими требованиями определяется конструкция самого резонатора. На сегодняшний день известно большое количество разнообразных установок и отдельных камер СВЧ-обработки в большей или меньшей степени, отвечающих указанным требованиям.

Описанная в данной работе экспериментальная установка включает камеру-резонатор пирамидальной конструкции, идея которой взята из антенной техники [1, с. 216], а применение ее в установке СВЧ-сушки предложено в [2]. Распределение поля в таком резонаторе имеет одномерную однородность поля в  $E$ -плоскости и синусоидальное распределение в  $H$ -плоскости, характерное для волны  $H_{10}$ . Для получения приемлемого распределения поля конструкция камеры должна быть оптимизирована.

Требование максимального согласования камеры и источника выполняются минимизацией коэффициента отражения  $S_{11}$ . Как и в предыдущем случае, данный параметр будет зависеть от конструкции самой камеры, поэтому и здесь требуется оптимизация размеров, используя методы математического моделирования.

В ходе эксперимента требуется измерение таких параметров, как температура в локальных зонах среды, масса, подводимая и отраженная мощности СВЧ-энергии. Сбор и анализ информации должен быть автоматизирован. Силовая и контрольно-измерительная части описываемой установки построены по схеме, изображенной на рис. 1, [3].



Рис. 1. Схема силовой и контрольно-измерительной частей установки

Основным элементом установки (рис. 2) является металлическая камера-резонатор 1 рупорной конструкции, рассчитанная определенным образом. Питание камеры магнетроном 2 («М112», рабочая частота 2,45 ГГц, мощность 800 Вт) осуществляется через Y-циркулятор 3. Мощная нагрузка 4 поглощает отраженную волну и вместе с циркулятором служит для согласования источника и камеры. Для измерения падающей и отраженной мощности предусмотрены волноводные секции с зондами определенных размеров и откалиброванными детекторными головками 5, с которых снимается электрический сигнал.

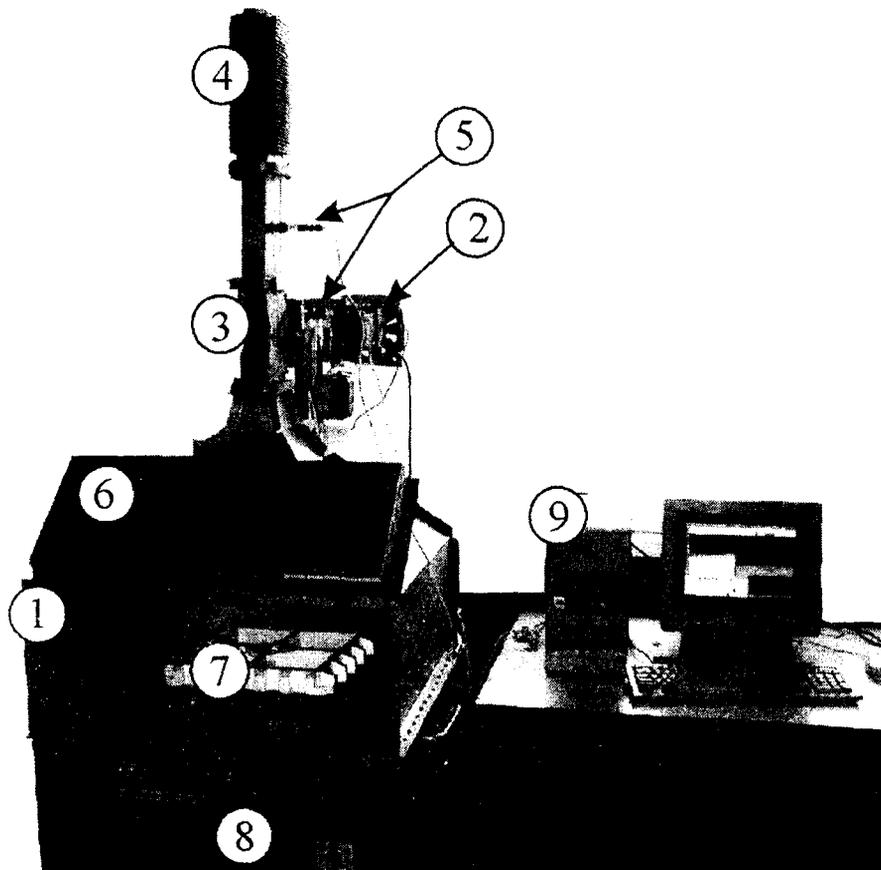


Рис. 2. Экспериментальная установка СВЧ-нагрева-сушки

Камера имеет дверь 6 с гребенчатым электроконтактным уплотнением для предотвращения утечки СВЧ-энергии наружу.

В силу того, что широко распространенные контактные методы измерения температуры (термометры, термопары, термисторы и т.п.) непригодны для измерений в процессе мощного СВЧ-воздействия из-за самонагрева или разрушения микроволновым полем, то для контроля температуры используем тонкостенные стеклянные ампулы с воздухом, погружаемые в образец, соединенные фторопластовыми трубками со стеклянными капиллярами с подкрашенной жидкостью. Запись перемещения столбиков жидкости по отградуированным капиллярам во время процесса осуществляется видеокамерой.

При изучении процессов сушки предусмотрено измерение массы образца тензометрическим преобразователем, механически связанным с поддоном 7 через тефлоновый шток, проходящий через отверстие в основании. Запредельные отверстия в основании служат для принудительной вентиляции и ввода датчиков температуры. Питание магнетрона осуществляется высоковольтным блоком питания 8.

Электрические сигналы, снимаемые с детекторных головок и тензомоста, поступают на 8-ми канальный аналого-цифровой преобразователь, установленный на стандартном порту ISA персонального компьютера 9, который осуществляет сбор и обработку информации во время эксперимента.

Научные и практические задачи использования установки – изучение процессов диссипации СВЧ-энергии различными средами, установление особенностей распределения поля в материалах при облучении их в резонаторах пирамидального типа. Установка применяется для изучения высокоскоростной микроволновой сушки и нагрева материалов, оценки применимости СВЧ-энергии для обработки диэлек-

трических сред, верификации разработанных математических моделей тепловлагопереноса при сушке капиллярно-пористых сред.

На основе анализа результатов экспериментов и компьютерного моделирования возможно получить качественную и количественную оценку эффективности применения СВЧ-энергии для обработки ряда материалов, разработать и оптимизировать технологический процесс высокоскоростной обработки материалов, нагреваемых СВЧ-полем, и предложить конструктивные решения камер СВЧ-нагрева и сушки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Конструирование экранов и СВЧ-устройств / Под ред. А.М. Чернушенко. – М.: Радио и связь, 1990. – 352 с.
2. Кураев А.А., Малевич И.Ю., Попкова Т.Л. Основы оптимального проектирования технологических установок СВЧ-нагрева // Радиотехника и электроника. – 1991. – Вып. 25. – С. 129 – 135.
3. Грозберг Ю.Г., Адамович А.Л., Капралов М.Е. Применение микроволновых технологий и структура микроволновых комплексов // Создание и применение высокоэффективных наукоемких ресурсосберегающих технологий, машин и комплексов: Материалы науч.-техн. конф., Могилев, 25 – 26 октября 2001 г. – Могилев, 2001. – С. 29 – 30.