

ВПЛИВ ЕМП ТА ПРУЖНИХ КОЛИВАНЬ НА БІОЛОГІЧНІ ОБ'ЄКТИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

УДК 621.374

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЯБЛОК ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Бородай И. И.

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко

В данной статье рассмотрены технические характеристики системы, для обработки яблок в контейнере, электромагнитным полем миллиметрового диапазона. Применение данной системы для обработки яблок электромагнитным излучением позволит блокировать дыхание плодов в течение 6...7 месяцев их хранения.

Постановка проблемы. Из анализа литературных источников следует, что значительная доля потерь плодов (до 40%) в период хранения приходится на поражение их физиологическими расстройствами и болезнями. Из всего количества полученной продукции требованиям высшего и первого сортов удовлетворяют не более 60% плодов [1].

Основной причиной развития заболеваний и снижения качества плодов является избыточное накопление этилена внутри плодов и окружающей среде. Решение данной задачи, связанной с длительным сохранением качества плодов, является ингибирование синтеза этилена с помощью использования информационного электромагнитного излучения (ЭМИ) с параметрами: частота 35 ГГц; мощность излучения $P_0 = 1,2$ Вт; экспозиция $t = 20$ с [2]. Анализ литературных источников показывает, что в них недостаточно проведены исследования по созданию электронных систем по обработке яблок ЭМИ для их длительного хранения [3].

Анализ последних исследований. По данным литературных источников [3, 4] электромагнитная энергия давно нашла применение для сушки материалов, дезинфекции зерна, уничтожения вредителей-насекомых, обработки комбикорма, стерилизации тары, инструментов, спецодежды. Однако следует отметить, что результаты, полученные в этих работах, не могут быть использованы для блокировки дыхания яблок в процессе их длительного хранения. Проведенный анализ приборов мм диапазона также показал, что они не могут быть использованы для блокировки дыхания яблок, так как предназначены для различных видов сырья [6, 7].

Поэтому для блокировки дыхания яблок в контейнере электромагнитным излучением миллиметрового диапазона длин волн необходимо разработать новую микроволновую систему, а в качестве источника ЭМ энергии использовать генераторы дифракционного излучения [8].

Целью статьи являются исследования процессов в двухкольцевой системе ФАПЧ генератора с определением её основных параметров.

Основная часть. Для производственных исследований по обработке ЭМ излучением яблок была разработана передвижная установка, структурная схема которой приведена на рис. 1. На схеме (рис. 1) показаны генератор дифракционного излучения Г1 с

блоком питания БП. Сигнал с выхода генератора поступает на двойной волноводной тройник, где разделяется пополам. Для развязки с резонатором (контейнером с яблоками) применены ферритовые вентили 1 и 2. В тракты от генератора включены двойные направленные ответвители 7 и 8, благодаря которым мы контролируем уровни падающей мощности обоих трактов с помощью измерителей мощности ИМ.

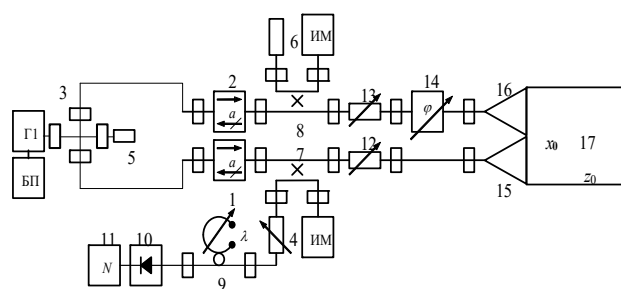


Рисунок 1 – Схема возбуждения колебания H_{20q} в призматическом резонаторе

Для контроля частоты задающего генератора Г1 предусмотрен дополнительный тракт, который включает в себя аттенуатор 4, волномер 9, детектор 10 и осциллограф 11. Для возбуждения резонатора 17 используются два рупора 15, 16. Каждый рупор изготавливается из листовой латуни толщиной 3 мм с помощью пайки. Размер раскрытия для обоих рупоров равен 397×600 мм (с учетом толщины материала). При этом длина конусной части равна ~ 1000 мм. Каждый рупор выводится на стандартное сечение волновода $7,2 \times 3,4$ мм, по которому подводится мощность к контейнеру (резонатору) от ГДИ. Внешний вид запитывающего рупора (левого) показан на рис. 2. Второй рупор (правый) является зеркальным отражением первого. При такой запитке резонатора фазы возбуждающих полей в раскрытиях обоих рупоров должны быть сдвинуты на 180° . Этого легко добиться с помощью фазовращателя 14.

Благодаря такому способу запитки нам удалось разделить функции согласования по полю и по связи. За счет выбора поперечных размеров рупорных излучателей, которые в сумме равны поперечному сечению призматического резонатора (контейнера с яблоками), нам удалось согласовать в плоскости анализа z

$= 0$ структуры полей волн H_{10} и колебания резонатора H_{20a} [9]. Для согласованного режима возбуждения призматического резонатора (контейнера) рупорными излучателями в их раскрыве были помещены дифракционные решетки (рис. 3).

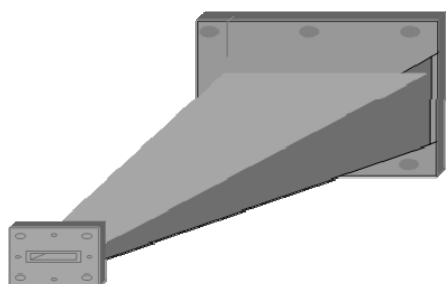


Рисунок 2 – Внешний вид рупора

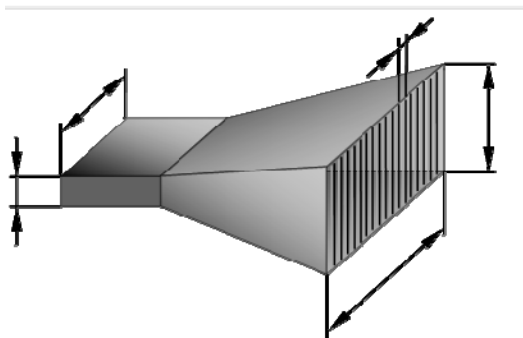


Рисунок 3 – Рупорный излучатель с одномерной \vec{E} -поляризованной дифракционной решеткой

Для определения оптимальных параметров \vec{E} -поляризованной дифракционной решетки (период решетки, диаметр проводника) был проведен многофакторный эксперимент, в котором в качестве отклика был взят коэффициент отражения от резонатора, возбуждаемого рупорными излучателями 15, 16 (см. рис. 1).

Методика проведенных исследований состоит в следующем: с помощью поляризованного аттенюатора 4 фиксируем сигнал на экране осциллографа 11, который равен N_1 дБ. После этого производится калибровка измерительной установки. Дифракционная решетка заменяется отражающей плоскостью, в данном случае медным листом, и опять с помощью аттенюатора 4 фиксируется сигнал на экране осциллографа 11, который в этом случае равен N_2 дБ. Тогда модуль коэффициента отражения от резонатора $|R| = 10^{-\Delta N/20}$, где $\Delta N = N_2 - N_1$.

Значения факторов и их интервалы варьирования приведены в табл. 1.

После проведения измерений и расчетов было получено уравнение регрессии, связанное с параметрами \vec{E} -поляризованной решетки.

$$Y = 0,62 + 0,9X_1 + 0,8X_2 + 0,2X_1X_2 + 0,7X_1^2 + 0,35X_2^2, \quad (1)$$

где Y – коэффициент отражения резонатора с яблочками; X_1 – период дифракционной решетки; X_2 – диаметр проводника.

Проверка значимости коэффициентов регрессии проводилась при уровне значимости $\alpha = 0,01$ по критерию Стьюдента [10]. Все коэффициенты в уравнениях (1) оказались значимыми.

Таблица 1 – Значения факторов в эксперименте

Интервал и уровень факторов	Период дифракционной решетки, мм	Диаметр проводника, мм
Нулевой уровень – $x_i = 0$	3,0	0,3
Интервал варьирования – λ_i	1	0,1
Верхний уровень – $x_i = +1$	4,0	0,4
Нижний уровень – $x_i = -1$	2,0	0,2

На основании проверки данного уравнения на адекватность по критерию Фишера [10] сделан вывод, что уравнения описывает реальный процесс, и, следовательно, позволяют оценить характер влияния каждого из 2 факторов на функцию отклика. Кроме того, стало возможным практическое использование полученной модели для прогнозирования значения выходного сигнала области варьирования параметров X_i .

Для нахождения оптимальных параметров процесса решена система уравнений, полученных приравнявем к нулю значений градиентов компонентов, вычисленных по выражению:

$$\frac{\partial Y}{\partial x_i} = b_i + 2b_{ii}x_i + \sum_{j=1}^n b_{ij}x_j = 0 \quad (2)$$

где x_i, x_j – кодированное значение фактора, по которому берется производная;

b_i, b_{ii}, b_{ij} – коэффициенты уравнения регрессии.

Для выражения (2) получена следующая система уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial Y}{\partial x_1} &= 0,9 + 0,2x_2 + 1,4x_1 = 0 \\ \frac{\partial Y}{\partial x_2} &= 0,8 + 0,2x_1 + 0,7x_2 = 0 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Решение системы уравнений (3) дает следующие значения факторов в оптимальной точке: $x_1 = 0,5$; $x_2 = 1$; что соответствует таким значениям натуральных параметров: период \vec{E} -поляризованной дифракционной решетки 2,5 мм, диаметр проводника 2 мм.

Поскольку решетка довольно тонкая, то для того, чтобы ее не повредить при помещении кипы шерсти в объем резонатора, на плоской поверхности линзы де-

лаются канавки шириной и глубиной 0,2 мм с помощью дисковой фрезы (см. рис. 4).

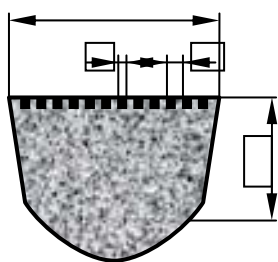


Рисунок 4 – Диэлектрическая линза

В электронной системе (рис. 1) используется генератор дифракционного излучения (рис. 5). Эти приборы являются перспективными источниками получения в миллиметровом диапазоне длин волн в непрерывном режиме выходной мощности порядка 100 Вт и выше [7].



Рисунок 5 – Внешний вид пакетированного ГДИ

Выводы. 1. Для возбуждения призматического контейнера с яблоками источником ЭМ колебаний с длиной волны 8,3 мм необходимо применять 2 рупорных излучателя с размерами 400×600 мм, в раскрыве которых помещены одномерные \vec{E} -поляризованные дифракционные решетки с периодом 2,4 мм и диаметром проводников 0,2 мм.

2. Мощность, необходимую для блокирования дыхания яблок, можно получить с использованием дифракционного генератора с выходной мощностью 1,2 Вт и перестройкой частоты в диапазоне частоты 35...37 ГГц.

Список использованных источников

1. Сизенко Е. И. Проблемы хранения продукции АПК / Е. И. Сизенко // Пищевая промышленность, 2004. – № 6. – С. 9 – 11.
2. Бородай И. И. Влияние внешнего электромагнитного поля на обменные процессы в плодах фруктов / И. И. Бородай // Вісник Нац. техн. ун-ту «ХП»: зб. наук. пр. Сер.: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків: НТУ "ХП", 2017р. – № 16 (1238). – С. 131 – 136.
3. Бородай И. И. Биохимические и биофизические основы хранения плодов / И. И. Бородай // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка "Проблеми

енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України", 2016. – Вип. 176. – С. 84 – 87.

4. Тучный В. П. Микроволновые технологии в современной структуре технологического прогресса / В. П. Тучный // Сб. Микроволновые технологии в народном хозяйстве. Внедрение. Проблемы. Перспективы. – Одесса: ОКФА, 2000. – С. 6 – 12.

5. Косулина Н. Г. Методы построения источников СВЧ колебаний для воздействия на биологические объекты / Н. Г. Косулина, А. Д. Черенков, М. Мансур // Вестник Харьковского государственного технического университета. – Харьков: ХГТУСХ, 2001. – № 6. – С. 190-195.

6. R. Parker. Vacuum Electronics / R. Parker, R. Abrams, B. Danly, B. Levush // IEEE Transactions on MTT, 2002. – V. 50, № 3. – P. 702-716.

7. Сайт www.cpii.com фирмы Communication & Power Industries, США, 2008.

8. Скрынник Б. К. ГДИ миллиметрового диапазона длин волн / Б. К. Скрынник, В. К. Корнеев, В. С. Мирошниченко // Радиофізика та електроніка, 2002. – Вип. 2. – С. 105 – 108.

9. Черенков А. Д. Обоснование конструктивных параметров и экспериментальные исследования пирамидального рупорного излучателя / А. Д. Черенков, А. Н. Мороз // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства "Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України". – Харків: ХНТУСГ, 2008. – Вип. 73, Т. 1. – С. 83 – 85.

10. Винарский М. С. Планирование эксперимента в технологических исследованиях / М. С. Винарский, М. В. Лурье. – К.: Техника, 1975. – 168 с.

Анотація

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ДЛЯ ОБРОБКИ ЯБЛУК ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ

Бородай І. І.

У даній статті розглянуті технічні характеристики системи, для обробки яблук в контейнері, електромагнітним полем міліметрового діапазону. Застосування даної системи для обробки яблук електромагнітним випромінюванням дозволило б блокувати дихання плодів протягом 6-7 місяців їх зберігання.

Abstract

A STUDY OF THE TECHNICAL PARAMETERS OF THE SYSTEM FOR PROCESSING APPLES ELECTROMAGNETIC RADIATION

I. Boroday

This article describes the characteristics of the system for processing apples in the container, the electromagnetic field of the millimeter range. The application of this system to handle apples by electromagnetic radiation allows to block the respiration of the fruit during 6-7 months of storage.