

СВЧ-СИСТЕМА С ШНЕКОВОЙ ТРАНСПОРТИРОВКОЙ И ОЗОНОВОЙ ДЕЗИНФЕКЦИЕЙ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ВТОРИЧНОГО МЯСНОГО СЫРЬЯ

Е.В. Воронов, канд. экон. наук, доцент,

Г.В. Новикова, д-р техн. наук, профессор,

О.В. Михайлова, д-р техн. наук, профессор,

М.В. Просвирякова, д-р техн. наук, доцент

*ГБОУ ВО «Нижегородский инженерно-экономический университет»,
г. Княгинино, Российская Федерация*

Аннотация: Разработана новая конструкция СВЧ установки с коаксиальным резонатором для непрерывной термообработки и обеззараживания вторичного мясного сырья. Установка обеспечивает равномерный нагрев за счет гребенчатой замедляющей структуры шнека и активного обеззараживания озоном, генерируемым коронным разрядом. Приведены результаты теоретического обоснования параметров и описание работы установки.

Abstract: A novel microwave system incorporating a coaxial resonator has been developed for continuous thermal processing and decontamination of secondary meat raw materials. The system delivers uniform heating through a comb-like retarding screw conveyor and provides active microbial inactivation using ozone produced by a corona discharge. The paper presents the theoretical rationale for the system parameters and a detailed description of its operation.

Ключевые слова: СВЧ нагрев, коаксиальный резонатор, вторичное мясное сырье, обеззараживание, озон, замедляющая структура.

Keywords: microwave heating; coaxial resonator; secondary meat raw materials; decontamination; ozone; retarding (comb-like) screw structure.

Введение

Введение в проблему переработки вторичных мясных ресурсов определяет необходимость разработки энергоэффективных и компактных установок, обеспечивающих не только плавление жира, но и гарантированное обеззараживание продукта [1]. Существующие технологии, основанные на паровом или контактном нагреве, обладают существенными недостатками: большими временными затратами, возможностью локального перегрева и ухудшением потребительских свойств конечного продукта. Перспективным направлением является использование энергии электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ), позволяющей осуществлять объемный нагрев с высокой скоростью. Однако существующие СВЧ-установки, например, с диафрагмированными резонаторами, часто имеют сложную конструкцию, требующую точного согласования множества параметров.

Целью данной работы являлась разработка и теоретическое обоснование конструкции радиогермичной СВЧ установки непрерывного действия с коаксиальным резонатором, обеспечивающей равномерную термообработку и обеззараживание вторичного мясного сырья за счет комбинированного воздействия ЭМП СВЧ и озона.

Основная часть

За основу был взят коаксиальный резонатор, образованный наружным и внутренним соосными неферромагнитными цилиндрами. Для создания бегущей волны и увеличения плотности электромагнитной энергии внутренний цилиндр был выполнен в виде гребенчатой замедляющей структуры [2]. Конструкция винтового шнека, являющегося частью этой структуры, была рассчитана исходя из условий эффективного взаимодействия ЭМП СВЧ с обрабатываемым материалом. Шаг витков (S) был принят равным удвоенной глубине проникновения волны (Δ) в продукт: $S = 2\Delta$. Для типичного вторичного мясного сырья с высоким содержанием воды Δ составляет 1,7–11,2 см [3], что и определило диапазон изменения шага. Высота и ширина витка были заданы равными $\lambda/4 = 3,06$ см для частоты 2450 МГц. Отношение радиусов наружного (R) и внутреннего (r) цилиндров было принято равным 3,6, что является оптимальным для возбуждения волны типа H_{11} в коаксиальной линии [4]: $R/r = 3,6$. Геометрические размеры резонатора согласованы с длиной волны: диаметр наружного цилиндра $D = 5\lambda = 61,2$ см, а его длина $L = 7\lambda = 85,7$ см. Для генерации озона, обеспечивающего дополнительное обеззараживание и нейтрализацию запахов, в верхней части резонатора установлены электрогазоразрядные лампы и коронирующие иглы, запитанные от источников импульсно-модулированных ВЧ-колебаний. Для обеспечения электромагнитной безопасности и вывода продуктов переработки применены заградительные волноводы с шаровыми кранами. Разработанная установка (патент РФ №2846119) работает следующим образом. Измельченное сырье подается в загрузочную емкость и шнеком транспортируется в зону обработки – керамическую перфорированную обечайку, внутри которой вращается основной шнек, выполняющий функцию замедляющей структуры. Благодаря согласованию шага витков с глубиной проникновения волны и их размера с $\lambda/4$, обеспечивается эффективный подвод СВЧ-энергии и ее поглощение в объеме продукта. Напряженность электрического поля в зоне нагрева достигает 8–10 кВ/см, что достаточно для быстрого нагрева и пастеризации.

Керамическая обечайка, обладающая малыми диэлектрическими потерями ($k \approx 10^{-3}$), выполняет функцию диэлектрического резонатора, концентрируя энергию в зоне обработки и уменьшая потери на излучение [4]. Одновременно с нагревом, коронный разряд между электрогазоразрядными лампами и иглами генерирует озон, который диффундирует в сырье, обеспечивая дополнительное бактерицидное действие и окисление летучих соединений, ответственных за неприятный запах. Вытопленный жир стекает через перфорацию в обечайке и удаляется через запредельный волновод в нижней части установки. Обезжиренный твердый остаток (шквара) транспортируется шнеком к выгрузочному окну.

Заключение

Теоретически обоснована и разработана конструкция СВЧ установки с коаксиальным резонатором для переработки вторичного мясного сырья. Ее ключевыми преимуществами являются: высокая эффективность нагрева и обеззараживания за счет использования замедляющей структуры и комбинированного воздействия ЭМП СВЧ и озона; непрерывность процесса и возможность регулирования производительности; радиотермичность конструкции, обеспечивающая безопасность эксплуатации.

Список использованной литературы

1. Ивашов В.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности. Ч. 1. Оборудование для убоя и первичной обработки. – М.: Колос, 2001. – 552 с.
2. Баскаков С.И. Электродинамика и распространение волн. – М.: Высшая школа, 1992. – 208 с.
3. Электрофизические, оптические и акустические характеристики пищевых продуктов / Под ред. И.А. Рогова. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 288 с.
4. Стрекалов А.В., Стрекалов Ю.А. Электромагнитные поля и волны. – М.: РИОР; ИНФРА-М, 2014. – 375 с.

УДК 631.362.3

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПНЕВМОКАНАЛА ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

А.И. Ермаков, канд. тех. наук, доцент,

С.А. Зеленко, канд. техн. наук

Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация: В статье представлены результаты исследования влияния режимных параметров пневматического канала зерноочистительной машины МУЗ-16 на эффективность ее работы.