Список использованной литературы

1. Григорьев, Д. А. Технология машинного доения коров на основе конвергентных принципов управления автоматизированными процессами: монография / Д. А. Григорьев, К. В. Король. – Гродно : ГГАУ, 2017. – 216 с.
2. Овсянников, А.И. Основы опытного дела в животноводстве / А.И. Овсянников. - М.: "Колос", 1976. – 304 с.
3. Гарькавый, Ф.Л. Селекция коров и машинное доение: монография / Ф.Л. Гарькавый. – М : "Колос", 1974. – 146 с.
4. Король, К. В. Молочная продуктивность и молокоотдача коров при использовании дифференцированных динамических параметров доения / К. В. Король, Д.А. Григорьев // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сборник научных трудов / ГГАУ. – Гродно, 2018. – Т. 41 : Зоотехния. –С. 107–113.

УДК 621.365.5:631.3:537.8

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ

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

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет», г. Княгинино, Российская Федерация

Аннотация. В статье описан проесс электромагнитной интенсификации в переработке сельскохозяйственного сырья.

Abstract. The article describes the process of electromagnetic intensification in the processing of agricultural raw materials.

Ключевые слова: электромагнитная интенсификация**,** процесс, переработка.

Keywords: electromagnetic intensification, process, processing.

Актуальность

Современные технологии переработки сельскохозяйственного сырья требуют сокращения продолжительности операций, снижения удельного расхода энергии и сохранения качества продукции. Особенно это важно для биологического сырья, характеризующегося неоднородностью состава, изменяющимися влагосодержанием и диэлектрическими свойствами. При традиционном нагреве энергия передается материалу преимущественно от внешней поверхности, поэтому скорость прогрева ограничивается теплопроводностью и может сопровождаться температурной неравномерностью.

Воздействие электромагнитного поля сверхвысокой частоты изменяет механизм энергоподвода: энергия преобразуется в тепло непосредственно в объеме диэлектрического или слабопроводящего материала.

Такой подход применяется в исследованиях при термообработке, обеззараживании, плавлении и переработке вторичного сельскохозяйственного сырья [1–7]. Важным направлением является проектирование системы «генератор – резонатор – сырье» с учетом ее электродинамических характеристик, включая распределение поля и способность рабочего объема эффективно поглощать энергию.

Результаты работы

Физической основой СВЧ-интенсификации являются диэлектрические потери, обусловленные поляризационными процессами. Объемное тепловыделение определяется частотой поля, мнимой частью комплексной диэлектрической проницаемости и квадратом напряженности электрического поля. Поэтому изменение напряженности поля оказывает существенное влияние на интенсивность энерговыделения.

Диэлектрические свойства сельскохозяйственного сырья зависят от содержания воды, температуры, состава и фазового состояния. В ходе обработки эти параметры изменяются, вследствие чего меняются условия поглощения СВЧ-энергии. Следовательно, расчет установки только по исходным характеристикам сырья не обеспечивает полного описания процесса и должен дополняться оценкой динамики электромагнитного и теплового состояний.

Объемный характер СВЧ-нагрева способствует ускорению тепломассопереноса. Внутреннее выделение энергии вызывает изменение температуры и формирование градиентов давления и концентрации, что облегчает перемещение влаги и жидких фракций. Для жиросодержащего сырья это создает возможность одновременно воздействовать на структуру материала и ускорять выделение жировой фазы. Практическая реализация данного принципа рассмотрена при разработке установок для измельчения и плавления жиросырья с СВЧ-энергоподводом.

Определяющее значение имеет конструкция резонатора. Форма и размеры рабочей камеры, взаимное расположение излучателей, замедляющих и отражающих элементов должны обеспечивать требуемое распределение поля в зоне обработки. В исследованиях СВЧ-установок с квазирезонаторами компьютерное моделирование применялось для анализа распределения электрического поля и выбора рациональных конструктивных параметров. Для коаксиального резонатора со спиральным внутренним цилиндром установлено, что основная часть энергии концентрируется в кольцевом

рабочем объеме, а изменение геометрии камеры непосредственно отражается на распределении напряженности поля.

Энергетическую эффективность можно оценивать коэффициентом полезного использования подведенной мощности:

$$\eta = \frac{P_{погл}}{P_{вх}}, \quad (1)$$

где $P_{погл}$ – мощность, поглощенная обрабатываемым материалом, Вт;

$P_{вх}$ – подведенная мощность, Вт.

Из выражения (1) следует, что повышение эффективности связано не только с увеличением мощности генератора, но прежде всего с уменьшением отраженной мощности и увеличением доли энергии, поступающей в сырье. Поэтому при проектировании необходимо согласовывать электродинамические параметры резонатора с физическими свойствами продукта и режимом его перемещения.

Нелинейность процесса определяется изменением диэлектрических свойств сырья при нагреве и фазовых превращениях. В результате пространственное распределение поглощаемой мощности также изменяется во времени. Для повышения точности проектирования целесообразно использовать взаимосвязанные модели электродинамики и тепломассопереноса. Еще одним важным эффектом является ускорение обеззараживания. Интенсивное объемное нагревание сокращает время достижения требуемого температурного уровня и продолжительность обработки продукта. В установках для вторичного мясного сырья СВЧ-воздействие используется как один из элементов комплексной обработки, направленной на термообработку и обеззараживание сырья. Для сельскохозяйственных технологий это позволяет объединять несколько операций в одном рабочем объеме и формировать непрерывные технологические процессы.

Таким образом, результативность СВЧ-обработки определяется совокупностью параметров: частотой и мощностью источника, геометрией резонатора, распределением электрического поля, свойствами сырья, продолжительностью воздействия и режимом перемещения материала. Максимальная эффективность достигается при их согласованном выборе, а не при простом увеличении мощности генератора.

Заключение

Применение электромагнитного поля сверхвысокой частоты создает условия для объемного подвода энергии к сельскохозяйственному сырью и сокращения продолжительности технологиче-

ских операций. Эффективность воздействия определяется одновременно диэлектрическими характеристиками материала и электродинамическими параметрами рабочей камеры.

Исследования подтверждают перспективность использования нестандартных резонаторов, замедляющих и отражающих элементов, а также компьютерного моделирования при разработке СВЧ-установок. Системный учет распределения поля, поглощенной мощности, тепломассопереноса, производительности и удельных энергозатрат позволяет обоснованно выбирать конструктивные и режимные параметры оборудования.

Дальнейшее развитие электромагнитных технологий в АПК связано с повышением равномерности поля, снижением отраженной мощности и разработкой адаптивных режимов, учитывающих изменение свойств сырья непосредственно в процессе обработки.

Список использованной литературы

1. Воронов Е. В., Новикова Г. В., Михайлова О. В. [и др.]. СВЧ установка для термообработки вторичного мясного сырья // Тракторы и сельхозмашины. 2024. Т. 91, № 1. С. 113–122. DOI: 10.17816/0321-4443-622763.

2. Воронов Е. В., Новикова Г. В., Суслов С. А., Михайлова О. В., Просвирякова М. В. Моделирование электродинамических процессов СВЧ-установок с квазирезонаторами для термообработки послеубойных мясных конфискатов // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2024. № 3 (71). С. 100–111. DOI: 10.31563/1684-7628-2024-71-3-100-111.

3. Шевелев А.В. Согласование электродинамических параметров с объемом резонатора СВЧ-воскотопки // Вестник НГИЭИ. 2024. № 5 (156). С. 70-81. – DOI: 10.24412/2227-9407-2024-5-70-81

4. Шевелев А.В. Обеспечение электромагнитной безопасности проектируемой СВЧ-воскотопки // В сборнике: Социально-экономические проблемы развития муниципальных образований. материалы и доклады Международной научно-практической конференции. 2021. С. 168-170.- EDN: HNTNUI.

5. Шевелев А.В. Определение эффективных режимов работы СВЧ воскотопки // В сборнике: Безопасность и качество сельскохозяйственного сырья и продовольствия. Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции. 2020. С. 725-728. - EDN: LVJUYF.

6. Шевелев А.В. Моделирование установки для разделения забруса на фракции // Интернаука. 2020. № 20-2 (149). С. 59–62. – EDN: CXTUIX.

7. Шевелев А.В. Повышение эффективности вытопки воска на основе диэлектрического нагрева в полусферических резонаторах // В сборнике: Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. материалы международной научно-практической конференции. Йошкар-Ола, 2026. С. 785–792. – EDN: LXWXVL.