

**В.М. Михайлов**, д-р техн. наук, проф. (ХДУХТ, Харків)  
**С.В. Прасол**, канд. техн. наук, доц. (ХДУХТ, Харків)  
**А.О. Шевченко**, канд. техн. наук, доц. (ХДУХТ, Харків)

## **ФІЗИЧНА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ ЗА ОБ'ЄМОМ ХАРЧОВОГО ПРОДУКТУ ДОВІЛЬНОЇ ФОРМИ**

В умовах НВЧ-нагріву харчового напівфабрикату напруженість електромагнітного поля на його поверхні та у внутрішніх шарах, у сукупності з комплексом діелектричних і тепло-масообмінних характеристик, впливають на величину питомої потужності й, відповідно, швидкість нагрівання та вологоперенесення, а також показники енергоефективності.

Тому під час розв'язання практичних задач тепло-масообміну, пов'язаних з інтенсифікацією НВЧ-нагріву харчового напівфабрикату, розробкою раціональних режимів різноманітних процесів з його використанням, зокрема НВЧ-концентрування та НВЧ-сушіння, важливим завданням є визначення напруженості електромагнітного поля за його об'ємом. При цьому слід зазначити, що особливу складність представляє розв'язання вищевказаної задачі для напівфабрикатів довільної форми, що розмішені у резонаторній НВЧ-камері.

Для визначення напруженості електромагнітного поля необхідно навести обґрунтування фізичної моделі його взаємодії з поверхнею харчового напівфабрикату довільної форми та подальшого поширення за його об'ємом у внутрішніх шарах.

Користуючись загально відомими рівняннями електродинаміки, для розв'язання практичних задач НВЧ-нагріву харчових продуктів отримано формулу для визначення напруженості електромагнітного поля на поверхні продукту  $E_0$  (В/м), що генерується у резонаторній НВЧ-камері, яка показує її взаємозв'язок з потужністю НВЧ-генератора  $P$  (Вт) та площею поверхні зразка  $S$  (м<sup>2</sup>):

$$E_0 = \sqrt{\frac{P}{\varepsilon_0 c S}}. \quad (1)$$

де  $\varepsilon_0$  – електрична постійна ( $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м);  $c$  – швидкість світла у вакуумі, м/с.

Напруженість електромагнітного поля, яка виникає у внутрішніх шарах харчового напівфабрикату  $E_{i0}$  (В/м), відрізняється від напруженості на межі продукт-середовище НВЧ-камери внаслідок залежності швидкості поширення електромагнітної хвилі від діелектричних характеристик харчового напівфабрикату. При цьому

коефіцієнт затухання хвилі залежить від глибини проникнення електромагнітного поля, що в свою чергу визначається на підставі даних про діелектричні властивості харчового напівфабрикату та їх зміни в процесі нагрівання та зневоднювання. За умов оптимального навантаження НВЧ-резонатора, коли вся енергія електромагнітної хвилі поглинається продуктом

$$E_{i0} = \sqrt{\frac{P}{\varepsilon_0 \sqrt{\varepsilon} c S}}, \quad (2)$$

де  $\varepsilon$  – діелектрична проникність продукту.

Наведена формула (2) враховує взаємозв'язок між потужністю НВЧ-генератора, внутрішнім електромагнітним полем у харчовому продукті та площею його поверхні.

У результаті проведених розрахунків НВЧ-нагріву суміші подрібнених коренів прямих овочів відзначено, що зі збільшенням потужності НВЧ-генератору в діапазоні 500–3000 Вт напруженість електромагнітного поля зростає в 2,45 разу, при чому приріст напруженості зі збільшенням потужності має нерівномірний характер.

Показано, що зміна напруженості електромагнітного поля є пропорційною площі поверхні харчового напівфабрикату. Проникнення електромагнітної енергії всередину шару харчового напівфабрикату супроводжується її зменшенням за експоненційною залежністю.

Таким чином, шляхом удосконалення методики визначення напруженості електромагнітного поля на поверхні харчового напівфабрикату довільної форми та за його глибиною визначено взаємозв'язок між потужністю НВЧ-генератора, внутрішнім електромагнітним полем у харчовому напівфабрикаті та площею його поверхні. Доведено, що напруженість електромагнітного поля можна регулювати шляхом змінення потужності НВЧ-генератора та площі поверхні харчового напівфабрикату, які визначають потужність внутрішніх джерел теплоти. Для забезпечення ефективного застосування НВЧ-енергії необхідно узгоджувати вплив зовнішніх чинників – частоти електромагнітних коливань, вихідної потужності та площі поверхні харчового напівфабрикату, з чинниками внутрішнього характеру – його діелектричними властивостями, та ступенем ослаблення напруженості електромагнітного поля за глибиною його проникнення.