

**В.М. Михайлов**, д-р техн. наук, проф. (ХДУХТ, Харків)

**В.О. Потапов**, д-р техн. наук, проф. (ХДУХТ, Харків)

**С.В. Михайлова**, асист. (ХДУХТ, Харків)

## **ОБҐРУНТУВАННЯ ФІЗИЧНОЇ МОДЕЛІ ПОШИРЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ ЗА ОБ'ЄМОМ ХАРЧОВИХ НАПІВФАБРИКАТІВ ДОВІЛЬНОЇ ФОРМИ**

В умовах НВЧ-нагріву харчового напівфабрикату напруженість електромагнітного поля на його поверхні та у внутрішніх шарах, у сукупності з комплексом діелектричних і тепломасообмінних характеристик, впливають на величину питомої потужності й, відповідно, швидкість нагрівання та вологоперенесення, а також показники енергоефективності. Тому під час розв'язання практичних задач тепломасообміну, пов'язаних з інтенсифікацією НВЧ-нагріву харчового напівфабрикату, розробкою раціональних режимів різноманітних процесів з його використанням, 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 розміщені 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. Для розв'язання практичних задач НВЧ-нагріву харчових напівфабрикатів 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  $S$  ( $\text{м}^2$ )

$$E_0 = \sqrt{\frac{P}{\epsilon_0 c S}}, \quad (1)$$

де  $\epsilon_0$  – електрична постійна ( $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м);  $c$  – швидкість світла у вакуумі, м/с.

Напруженість електромагнітного поля, яка виникає у внутрішніх шарах харчового напівфабрикату  $E_{10}$  (В/м), відрізняється від напруженості на границі 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

$$E_{10} = \sqrt{\frac{P}{\epsilon_0 \sqrt{\epsilon} c S}}, \quad (2)$$

де  $\epsilon$  – 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-генератора в діапазоні 500...3000 Вт напруженість електромагнітного поля зростає в 2,45 рази, при чому приріст напруженості зі збільшенням потужності має нерівномірний характер. Так, при зміні потужності з 500 Вт до 1000 Вт напруженість електромагнітного поля збільшується в 1,41 рази, а з 1000 до 1500 – в 1,22 рази, з 1500 до 2000 Вт – в 1,15 рази, з 2000 Вт до 2500 Вт – в 1,11 рази та з 2500 до 3000 Вт – в 1,09 рази. Показано, що зміна напруженості електромагнітного поля є пропорційною площі поверхні харчового напівфабрикату. При площі поверхні зразка 50 см<sup>2</sup> напруженість електромагнітного поля в досліджуваному діапазоні потужності знаходиться в межах 2450...5990 В/м, при площі 200 см<sup>2</sup> – в межах 1220...3000 В/м, при 450 см<sup>2</sup> – 815...2000 В/м, при 800 см<sup>2</sup> – 610...1500 В/м. Напруженість електромагнітного поля на глибині 0,06 м для зазначеної площі поверхні зразка знаходиться, в таких межах – 910...2220 В/м, 450...1100 В/м, 360...740 В/м, 230...555 В/м.

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.