

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОПРОМІНЕННЯ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ПОЛЕМ

*Туровський А. О.; Зіньковський Ю. Ф., д.т.н., проф.;
Сидорук Ю. К.*

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Продуктивність установок для обробки сипучих діелектричних матеріалів електромагнітним полем (ЕМП) надвисоких частот (НВЧ), зокрема сушіння, визначається безпосередньо температурою оброблюваного продукту. При цьому залежно від нерівномірності розподілу напруженості електричного поля по камері обробки, у якій розміщений продукт, розподіл температури продукту характеризується дисперсією σ^2 . Відповідно, для недопущення перегріву сировини вище допустимої температури t_{max} , середня температура продукту не повинна перевищувати $(t_{max} - \sigma)$.

При звичайному підході до проектування камери опромінення сипучих матеріалів, відповідно до якого електромагнітна хвиля (EMX) один раз проходить крізь шар сировини, після чого розсіюється на стінках або інших елементах установки, одночасне забезпечення високої ефективності поглинання енергії хвиль і високої рівномірності розподілу напруженості електричного поля є суперечливими вимогами. Це пов'язано тим, що забезпечення високої енергоефективності пристрою потребує збільшення товщини шару матеріалу для достатнього затухання хвилі, при цьому рівномірність поля буде погіршуватись внаслідок згасання хвилі (рис.1, а).

Дослідження свідчать, що забезпечення рівномірного розподілу щільності ЕМП при збереженні високої ефективності поглинання підведеної енергії є важливою задачею [1].

Для підвищення ефективності поглинання енергії ЕМП необхідно забезпечувати умови, щоб хвиля, потрапляючи у камеру обробки, проходила нею кілька разів, віддаючи свою енергію. Покращити ефективність можна, якщо забезпечити відбивання EMX від протилежної стінки, що, однак, викличе утворення стоячої хвилі (рис.1, б) [2]. Для зниження рівня стоячої хвилі запропоновано використовувати відбивач із повертанням площини поляризації хвилі (роторефлектор), що дає можливість енергетичного складання падаючої і відбитої хвиль та знизити рівень інтерференції.

У роботі запропоновано метод багатократного проходження хвиль, що реалізується зустрічнорефлекторним та роторефлекторним принципами.

Зустрічнорефлекторний принцип базується на основі моделі камери, зображеної на рис. 2, а. Вздовж верхньої та нижньої екрануючих стінок 5 розміщені решітки випромінювачів 1а та 1б, які для зменшення рівня взаємодії поляризовані у ортогональних площинах і відділені від камери обро-

бки 2 узгоджувальними пластинами б, призначеними для зниження рівня відбитих хвиль. Поляризаційні дзеркала (ПД) 3 пропускають хвилі, площина поляризації яких ортогональна до їх осі поляризації. Осі поляризації ПД співпадають з поляризацією прилеглих до них випромінювачів.

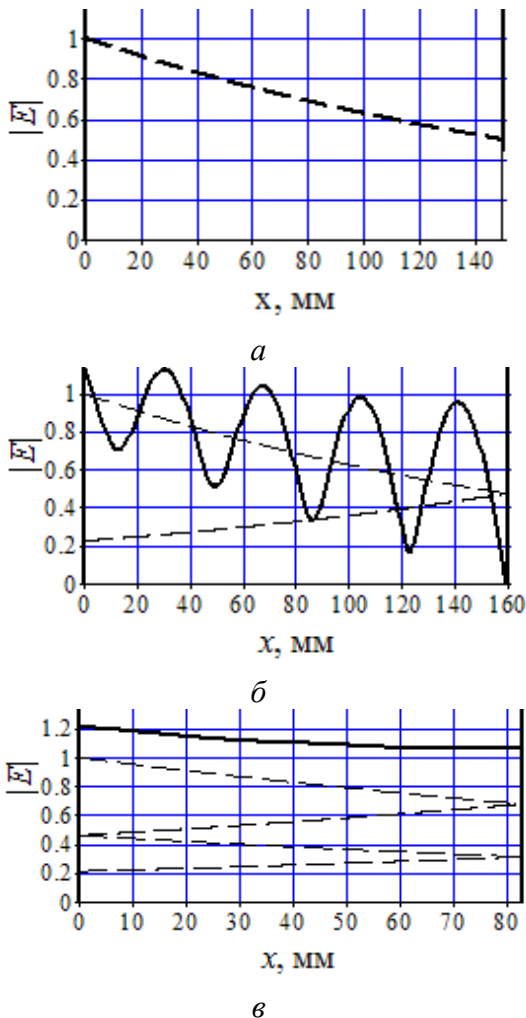


Рисунок 1. Затухання хвилі у шарі сировини, $\varepsilon=2,65$, $\text{tg}\delta=0,11$
— Сумарна хвиля,
---- Падаюча хвиля.

Випромінена джерелом 1 хвиля вільно проходить через прилегле ПД, частково затухає проходячи камерою обробки, і, вийшовши за її межі, відбивається від протилежного ПД, повторно поширюється крізь матеріал. Таким чином, ЕМХ двічі проходить шаром матеріалу, дещо вирівнюючи розподіл поглинутої у ньому енергії і підвищуючи ефективність поглинання енергії хвилі (рис. 1, б).

Роторефлекторний принцип реалізується моделлю рис. 2, б. Принциповою відмінністю тут є використання роторефлектора 4. Переваги такої моделі полягають у тому, що випромінена решіткою 1 хвиля, вільно пройшовши крізь ПД, проходить камерою обробки 2 віддаючи частину енергії, після чого відбивається від роторефлектора 4, який повертає площину поляризації хвилі на 90° ; як наслідок, при другому проходженні хвилі крізь матеріал не утворюється стояча хвиля. Після другого проходження хвилі осі поляризації її та ПД 3 є взаємно паралельними, і хвиля відбивається назад, проходить камеру обробки, набуває початкової поляризації і ще раз проходить камерою обробки. Такий підхід при правильному виборі товщини шару матеріалу та відстаней між іншими елементами дає змогу значно зменшити нерівномірність розподілу поля (рис. 1, в).

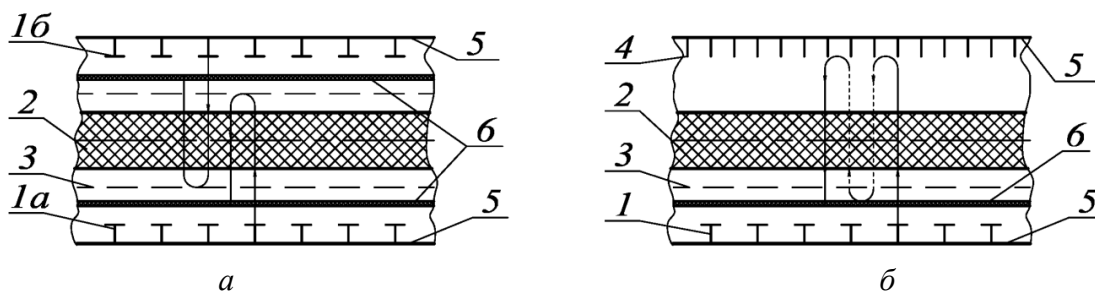


Рисунок 2. Моделі камер опромінення

Виконані дослідження за приведеними моделями показали, що роторефлекторна камера характеризується вищою стабільністю характеристик при варіюванні параметрів оброблюваної сировини. Так, у діапазоні діелектричної проникності ϵ_r від 2,4 до 3,1 і тангенса кута діелектричних втрат $\operatorname{tg} \delta$ від 0,08 до 0,15 коефіцієнт нерівномірності щільності енергії у роторефлекторній камері змінюється в межах 0,047...0,082, а у зустрічнорефлекторній — 0,052...0,12, коефіцієнт відбиття енергії R_p випромінювача при цьому знаходився у межах 0,04...0,084 і 0,045...0,12 відповідно.

Перелік посилань

1. Nathazi F. I. Solution for using the microwave energy in order to improve the quality for agricultural seeds. generation and processing microwave system / F.I. Nathazi, V.D. Soproni, M.N. Arion et al. // Journal of Electrical and Electronics Engineering. — 2009. — № 1. — p. 56—59.

2. Патент України 97763. Установка для передпосівної обробки насіння електромагнітним полем надвисоких частот / Сидорук Ю.К.; заяв 01.03.2011, опубл. 12.03.2012, Бюл.№ 5, 2012 р.

Анотація

Описані методи підвищення рівномірності опромінення сировини електромагнітним полем НВЧ та ефективного поглинання енергії поля, які базуються на розробленому методі багатократного проходження електромагнітних хвиль крізь шар діелектричної сировини з втратами. Для зменшення рівня стоячої хвилі у сировині забезпечено ортогональне повертання площини поляризації хвилі. За розробленими моделями виконано чисельні розрахунки та оцінку досяжних параметрів рівномірності розподілу поля у камері обробки.

Ключові слова: рівномірність поля, опромінення, сипучі матеріали, надвисокі частоти, багатократне проходження хвиль, камера обробки.

Аннотация

Описаны методы повышения равномерности облучения сырья электромагнитным полем СВЧ и эффективного поглощения энергии поля, основанные на разработанном методе многократного прохождения электромагнитных волн сквозь слой диэлектрического сырья с потерями. Для уменьшения уровня стоячей волны в сырье обеспечено ортогональное вращение плоскости поляризации волны. По разработанным моделям выполнено численные расчеты и оценка достижимых параметров равномерности распределения поля в камере обработки.

Ключевые слова: равномерность поля, облучение, сыпучие материалы, сверхвысокие частоты, многократное прохождение волн, камера обработки.

Abstract

The methods for improving the uniformity of raw materials exposure with electromagnetic field and efficiency of microwave energy absorption, based on the developed method of multiple passing of electromagnetic waves through a layer of dielectric lossy material are proposed. In order to reduce the standing wave ratio the rotation of the polarization plane is provided. According to the developed models numerical modeling and estimation of achievable parameters of uniformity of the field distribution in the chamber are obtained.

Keywords: uniform field, irradiation, bulk materials, microwaves, multiple passing of waves, processing camera.