

Секція 2 **ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ**

УДК 664.834.2

М.І. Погожих, д-р техн. наук, проф.

М.М. Цуркан, канд. техн. наук, доц.

ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ДОСЛІДНОЇ НВЧ-КАМЕРИ

Розглянуто питання визначення раціонального навантаження НВЧ-камери на основі калориметричних вимірювань для модельних об'єктів різної геометричної форми.

Рассмотрен вопрос определения рациональной нагрузки СВЧ-камеры на основе калориметрических измерений для модельных объектов разной геометрической формы.

The question of determination of the rational loading of MV-chamber is considered on the basis of the calorimetry measurements for the model objects of different geometrical form.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Процеси сушіння різноманітних матеріалів є досить енергозатратними у всіх промислових галузях. Значною мірою це стосується харчової промисловості, тому визначення шляхів підвищення енергоефективності відповідних технологічних процесів у харчовій промисловості є пріоритетною проблемою для галузевої науки. Одним з перспективних наукових напрямків є застосування у процесах сушіння харчової сировини НВЧ-енергії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Робота проводиться в рамках наукової концепції, відповідно до якої процес сушіння являє собою еволюцію визначеної термодинамічної системи з деякого початкового нерівноважного стану до стану рівноваги, що відповідає закінченню процесу [1]. При цьому на шляху керованої еволюції система зазнає певного теплового або механічного впливу, а також їх комплексної дії. Одним із видів впливу на термодинамічну систему є дія силового НВЧ-поля у вигляді теплоти, в яку перетворюється частина його енергії в діелектричному матеріалі.

Мета та завдання статті. У цій роботі експериментально визначено раціональне навантаження НВЧ-камери як складової

частини та джерела енергії сушарки, з метою подальшого розрахунку та проектування дослідної сушильної установки.

Виклад основного матеріалу дослідження. Теоретичними дослідженнями НВЧ-нагрівання різноманітних діелектричних матеріалів науковці інтенсивно займаються вже протягом останніх 50 - 60 років. У тому числі дослідженнями процесів сушіння з використанням мікрохвильової енергії. Результати подібних досліджень свідчать про те, що, хоча теорія НВЧ-нагрівання діелектричних матеріалів досить розвинена, практична її реалізація потребує індивідуального підходу в кожному конкретному випадку. Це пов'язано як із характеристиками самого об'єкта так і з характеристиками НВЧ-поля для певного апаратурного рішення [2].

Як правило, для НВЧ-нагрівання і сушіння різноманітних матеріалів, у тому числі харчової сировини, використовуються резонаторні камери з генераторами на основі магнетрона. Використання магнетрона дозволяє проводити процес у широкому діапазоні навантаження камери і для різних за своїми властивостями матеріалів. Але як енергоефективність процесів, так і довговічність НВЧ-генератора повністю залежать від узгодження навантаження камери з характеристиками НВЧ-поля.

Пошук енергоефективних шляхів реалізації процесів сушіння з використанням НВЧ-енергії потребує теоретичного та експериментального моделювання тепломасообміну у визначеній термодинамічній системі, яку являє собою матеріал, що зневоднюється. При цьому обов'язковою умовою є однозначність дії НВЧ-поля на дослідний зразок. Але як тип і параметри самого НВЧ-генератора, так і об'ємна потужність поля в камері є складними функціями характеристик навантаження, його діелектричної проникності, об'єму та геометричної форми, координат розташування та ін. Тому, для забезпечення сталих умов дослідження процесів тепломасообміну з точки зору ефективного розсіювання НВЧ-енергії в матеріалі, необхідно визначити раціональне навантаження дослідної камери та його розташування.

Для проведення досліджень за дослідну НВЧ-камеру було обрано серійну побутову НВЧ-піч об'ємом 15 л. Як еталонна речовина використовувалась вода кімнатної температури (20...21° С). Водою наповнювали місткості різної форми та об'єму, виготовлені з матеріалів із малою величиною діелектричної проникності (хімічне скло, поліпропілен). За допомогою термопари вимірювали початкову середньооб'ємну температуру дослідного зразка T_0 (після попереднього перемішування). Місткості розміщували в НВЧ-камері та вмикали генератор (за умови фіксованого рівня потужності) на визначений час ($\Delta t = 5...10$ с). Далі знову вимірювали температуру

зразка T і визначали різницю кінцевої та початкової температури $\Delta T = T - T_0$.

Теплоту Q , яка витрачалась на нагрівання дослідного зразка, можна визначити таким чином:

$$Q = C \cdot m \cdot \Delta T = P \cdot \Delta \tau, \quad (1)$$

де C – питома теплоємність води ($C = 4190$ Дж/кг·К); m – маса дослідного зразка; P – потужність НВЧ-поля, що перетворюється на теплоту.

Оскільки значення швидкості нагрівання T' одержували безпосередньо з експерименту для зразків різної маси, для подальшого аналізу рівняння (1) запишемо у наступному вигляді:

$$T' = \frac{\Delta T}{\Delta \tau} = \frac{P}{C \cdot m} = P \cdot C_m^{-1}, \quad (2)$$

де C_m - істинна теплоємність дослідного зразка.

У цьому рівнянні величина $P = P(X_i)$ являє собою деяку функцію (в одиницях потужності) параметрів навантаження X_i , які були перераховані вище. Але у випадку «узгодженого навантаження» слід очікувати лінійних залежностей (або окремих лінійних відрізків експериментальної кривої), де, очевидно, буде виконуватись умова

$$P = \frac{\Delta T'}{\Delta C_m^{-1}} = tg\alpha = const, \quad (3)$$

де α - кут нахилу експериментальної залежності (дотична або лінійний відрізок кривої).

Таким чином, кут нахилу дотичної до експериментальної кривої буде відображати рівень величини потужності, яка фактично витрачається на нагрівання дослідного зразка залежно від його маси (або об'єму). Подальший аналіз експериментальних кривих дає змогу визначити границі раціонального навантаження дослідної камери за умови максимального (або визначеного) рівня використання потужності НВЧ-генератора в лінійній області.

На рис. 1 показано апроксимовані експериментальні криві швидкості нагрівання дослідних зразків циліндричної форми в координатах оберненої істинної теплоємності зразків.

Якісний аналіз одержаних експериментальних кривих вказує на існування області, де характер залежностей для всіх зразків майже

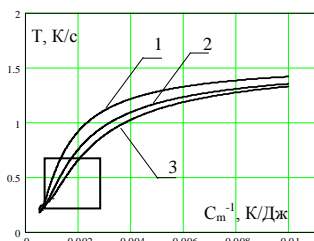


Рисунок 1 – Швидкість нагрівання дослідних циліндричних зразків діаметром: 1 – 70мм; 2 – 90 мм; 3 – 150 мм

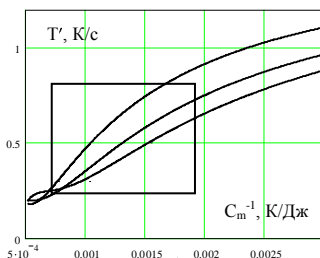


Рисунок 2 – Визначення області раціонального навантаження НВЧ-камери.

експериментальних залежностей дає змогу оцінити раціональні границі навантаження дослідної НВЧ-камери з точки зору лінійного режиму тепловиділення енергії НВЧ-поля. Для даних експериментальних зразків величина раціонального навантаження визначена в межах 0,2...0,4 кг.

Список літератури

1. Погожих, М. І. Наукові основи теорії й техніки сушіння харчової сировини в масообмінних модулях [Текст] : дис. ... доктора техн. наук ; 05.18.12 : захищена 04.06.02 : затв. 15.10.02 / М. І. Погожих– Х., 2002. – 212 с.
2. Браун, В. Диелектрики [Текст] / В. Браун - М. : Ин. лит., 1961. – 326 с.

Отримано 30.03.2011. ХДУХТ, Харків.
© М.І. Погожих, М.М. Цуркан, 2011.

збігається та має відрізок практично лінійної залежності.

Ця область виділена прямокутником на рис. 1 і показана окремо у збільшеному масштабі на рис. 2.

Як видно з рисунка 2, усі залежності мають виражений перегин, який вказує на верхню межу навантаження камери при збереженні максимального постійного рівня потужності НВЧ-генератора, яка витрачається на нагрівання дослідного зразка. Оскільки кут нахилу в даній області для всіх кривих має максимальне значення, це означає, що максимальне значення має потужність витрачена на нагрівання, яка чисельно дорівнює тангенсу кута їх нахилу. Нижня межа навантаження визначається суттєвим зменшенням кута нахилу поданих графічних залежностей з одночасним зменшенням навантаження камери.

Висновки. Таким чином, розроблено методику визначення раціонального навантаження НВЧ-камери. Аналіз одержаних

експериментальних залежностей дає змогу оцінити раціональні границі навантаження дослідної НВЧ-камери з точки зору лінійного режиму тепловиділення енергії НВЧ-поля. Для даних експериментальних зразків величина раціонального навантаження визначена в межах 0,2...0,4 кг.