

Список літератури

1. Черевко О. І. Фруктові пасти з використанням дикорослої сировини / О. І. Черевко, Л. В. Кіптела, О. Є. Загорулько // Харчова та переробна промисловість. – 2002. – № 3. – С.18–19.

2. Обґрунтування стабільності структури багатокомпонентних паст з ДПС / О. І. Черевко [та ін.] // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівля: зб. наук. праць. – Х., 2011. – Вип. 2. – С. 121–128.

3. Черевко О. І. Аналіз стабільності структури багатокомпонентних паст з дикорослої плодово-ягідної сировини / О. І. Черевко, Л. В. Кіптела, В. О. Захаренко // Харчова промисловість. – 2012. – № 13. – С. 146–150.

4. Пат. 55621 А Україна, МКВ G 01 N 30/00. Спосіб визначення теплоти адсорбції пористих харчових продуктів / Захаренко В. О.; заявник та патентовласник ХДУХТ. – № 2002010439 ; заявл. 17.01. 02 ; опубл. 15.04. 03, Бюл. № 4. – 4 с.

Отримано 01.02.2013. ХДУХТ, Харків.

© О.І. Черевко, Л.В. Кіптела, В.О. Захаренко, О.Є. Загорулько, 2013.

УДК 644.8:658.562.5

Л.В. Кіптела, д-р техн. наук, проф.

С.Ю. Саснко, канд. техн. наук, доц.

А.М. Загорулько, асп.

О.С. Мольський, студ.

МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ІЧ-ВИПРОМІНЮВАННЯ В СУШАРКАХ ІЗ ЦИЛІНДРИЧНОЮ ФОРМОЮ РЕФЛЕКТОРА

Подано результати моделювання розповсюдження ІЧ-випромінювання в сушарках із рефлектором циліндричної форми за допомогою комп'ютерного комплексу TracePro.

Представлены результаты моделирования распространения ИК-излучения в сушилках с рефлектором цилиндрической формы с помощью компьютерного комплекса TracePro.

The results of the modeling of the IR-radiation in the dryer using reflectors of different geometric shapes using a computer complex TracePro.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Під час проектування сушарних установок виникає потреба в експериментальних дослідженнях рівномірності розподілу теплоти в камері. У більшості випадків це робиться на макетах або експериментальних установках. У разі використання інфрачервоних (ІЧ) випромінювачів у сушарних апаратах харчової промисловості існує одна вагома проблема – нерівномірність розподілу теплового потоку, що веде до неоднорідного висушування продукту. Рівномірність розподілу випромінювання значною мірою залежить від геометричної форми рефлектора.

Для визначення щільності опромінення приймальної поверхні сушарних установок необхідно визначити картину розповсюдження теплових променів у робочій камері залежно від застосування циліндричної форми рефлектора. Звичайно, це складна проблема: промені від кожної точки випромінювача поширюються у всіх вільних напрямках. Частина з них потрапляє на приймач безпосередньо, а частина після відбиття від рефлектора.

Вважаємо, що існуючу проблему можна вирішити, якщо реальну картину розповсюдження теплових променів замінити уявною, коли вони поширюються тільки в площинах, паралельних будь-якій заданій, наприклад, у площинах, перпендикулярних осі прямолінійного випромінювача. Зрозуміло, що проведена заміна ніяк не повинна вплинути на розподіл інтенсивності опромінення робочої поверхні. У такому випадку можна вважати, що тривимірну задачу вдалося звести до плоскої.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сушарне устаткування з ІЧ-випромінювачами широко використовуються в харчовій промисловості для термічної обробки найрізноманітніших продуктів [1]. Проте існуюче обладнання має істотні недоліки: воно не забезпечує їх раціонального сушіння та прогрівання, що значною мірою впливає на якість кінцевої продукції. Тому останнім часом дослідники стали приділяти значну увагу розробці методики визначення форм рефлекторів теплотехнічних систем, які б дозволили забезпечити наперед запланований закон розподілу теплоти на робочих поверхнях, де міститься харчова сировина. У працях [2–4] автори запропонували новий ефективний метод розрахунків геометричних профілів рефлекторів фокуруючих систем, які забезпечують заданий розподіл теплоти на робочих поверхнях складної геометрії. Він ґрунтується на аналізі геометричної моделі поширення теплових променів у робочій камері без урахування втрат частини енергії на поглинання середовищем.

Для спрощення моделювання теплотехнічних установок пропонуємо застосовувати програму TracePro.

Цю програму використовують для моделювання процесів, які описуються законами оптики зокрема тих, що ґрунтуються на твердженні: кут падіння променя дорівнює куту віддзеркалення, а саме за цим законом розповсюджуються теплові промені. Для отримання достовірних результатів слід моделювати апарати, в яких використовуються ІЧ-випромінювачі, оскільки діапазон хвиль, що випромінюють ці джерела, конвективна складова зводиться до мінімуму.

Мета та завдання статті – дослідити та провести аналіз рівномірності розподілу теплоти на приймальній плоскій поверхні інфрачервоної сушарки залежно від циліндричної форми рефлектора, використовуючи програмний комплекс TracePro, розробити тривимірну модель ІЧ-сушарки та встановити розподіл теплового потоку від кварцового випромінювача та рефлектора на приймальну поверхню.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для дослідження розповсюдження ІЧ-поля від циліндричного рефлектора до лотка з продукцією та рівномірності розподілу випромінювання застосовуємо комп'ютерну програму TracePro. Її використовують для моделювання процесів, які описуються законами оптики, зокрема тих, що ґрунтуються на твердженні: кут падіння променя дорівнює куту віддзеркалення. Програма моделює напрям руху променів у робочій камері та дозволяє вибирати спектр потоку та призначити потужність ІЧ-випромінювача, що дає можливість отримати кількісні характеристики теплових потоків.

Оскільки всі розрахунки велися у відносних координатах, то перейдемо до конструкції з реальними розмірами, а саме: пласку поверхню візьмемо величиною розміру лотка для дослідного продукту – 300x500 мм. Схема експериментальної ІЧ-сушарки для дослідження моделювання розподілу теплового потоку на приймальній поверхні наведено на рис. 1.

Експериментальна установка складається з робочої камери 1, циліндричного відбивача 2, напрямних для лотоків 3, патрубків для відведення пари 4, ІЧ-випромінювача 5, лотка для продукту 6, термопари 7, блока керування з умонтованим регулятором температури «TRM1» 8 та монтажної шпильки 9.

Перед моделюванням у TracePro спочатку задаємо довжину хвилі теплових променів джерела ІЧ-випромінювання, що моделюється, вона складає 1...1,5 мкм (візьмемо 1,2 мкм), оскільки потужність досліджуваного випромінювача експериментальної установки 1 кВт.

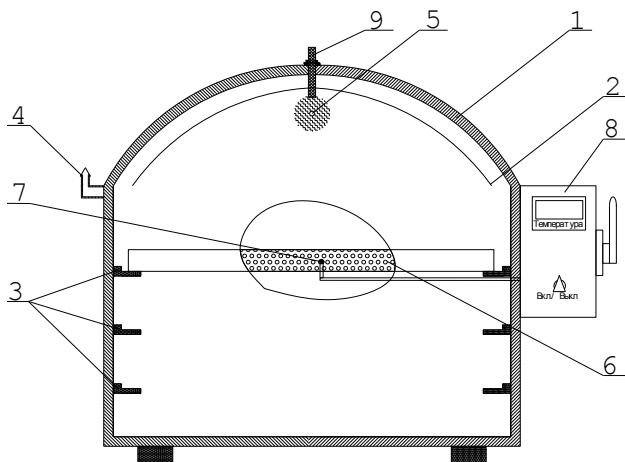


Рисунок 1 – Схема експериментальної ІЧ-сушарки ДПС

За цієї довжини хвилі закон випромінювання Ламберта виявляється справедливим, а кут падіння променів на будь-яку відбивальну поверхню дорівнює куту його віддзеркалення.

Після встановлення необхідної потужності ІЧ-випромінювача в комп'ютерній програмі, вона довільно вибирає точки на випромінювачі й напрямки руху променів, що виходять із них та автоматично обчислює їх траєкторію. Хід променів у дослідній ІЧ-сушарці, а саме – в її робочій камері, показано на рис. 2.

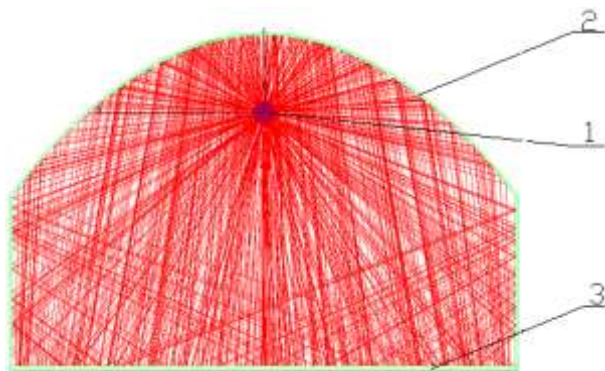


Рисунок 2 – Хід променів у робочій камері (проекція променів) в експериментальній ІЧ-сушарці: 1 – ІЧ-випромінювач; 2 – циліндричний рефлектор; 3 – приймальний лоток

Таким чином, констатуємо, що всі точки робочої поверхні, як і передбачала теорія, прогріваються рівномірно, а незначна нерівномірність, яку показано кольору окремих ділянок при переході від однієї точки робочої поверхні до іншої, пояснюється похибками методу обчислення, що використовує TracePro. Розподіл теплового потоку наведено на рис. 3.

Для перевірки числових результатів, отриманих за допомогою моделюючої програми, впливає, що щільність теплового потоку, який потрапляє на плоский приймач, складає $q = 2 \text{ кВт/м}^2$.

Згідно з формулою теоретичного розв'язку (1), функція опромінювання в нашому випадку має дорівнювати $q(x) = 2$ та $p(\xi) = 1$, отже:

$$q(x) = \frac{E}{2l} p(\xi) = \frac{1}{2 \cdot 0,25} = 2 \text{ кВт/м}^2. \quad (1)$$

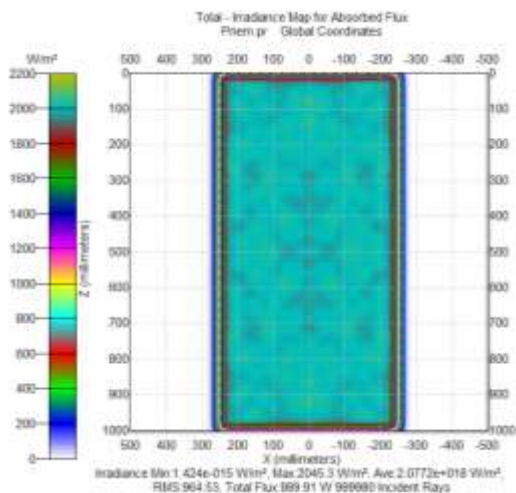


Рисунок 3 – Розподіл теплового потоку на робочій поверхні ІЧ-сушарки

Тобто теоретичні результати збігаються з числовими, що отримані за допомогою комп'ютерної програми TracePro.

У статті запропоновано форму робочої камери для рівномірного обігрівання плоскої приймальної поверхні. Розробимо модель камери та визначимо розповсюдження теплового потоку на приймачеві.

Щільність теплового потоку на приймачеві показана на рис. 4.

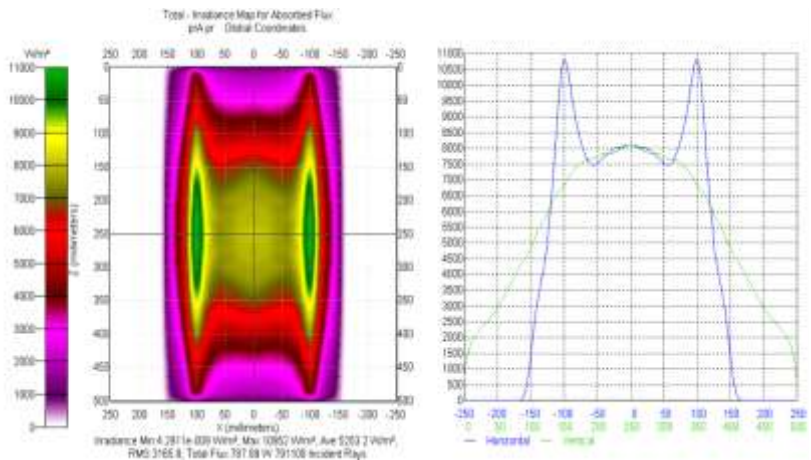


Рисунок 4 – Розподіл щільності теплового потоку на приймачеві

В апаратах для сушіння харчових продуктів, зокрема дикорослої плодово-ягідної сировини, часто використовують відбивачі з перерізом параболічної або синусоїдальної форми. Складемо модель такого пристрою.

Як видно з рисунка 4 щільність теплового потоку на приймачевій поверхні майже рівномірна, що якнайкраще впливає на продукт, який сушиться.

Висновок. Аналіз проведеного експерименту показав, що під час моделювання розподілу ІЧ-випромінювання в експериментальній ІЧ-сушарці головною вимогою є підбір оптимальних геометричних параметрів розміщення ІЧ-випромінювача та геометрична форма й розміщення рефлектора. Для спрощення цього завдання пропонується перетворити тривимірну задачу (експериментальну ІЧ-сушарку) на задачу, яка описується законами оптики. Таким чином, запропонований теоретичний метод визначення форм рефлекторів теплотехнічних установок за допомогою комп'ютерного комплексу TracePro виявився досить ефективним і його можна застосовувати проектувальникам відповідного устаткування.

Список літератури

1. Инфракрасная сушка [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://alifar.ru/sushka_fruktov_i_ovoschey>.
2. Лаго Л. А. Инфракрасная сушка виноградной вижимки / Л. А. Лаго, А. А. Завалий, И. В. Яковия // Кримський агротехнологічний університет: зб. наук. праць ПФ НУФ і П України, Сер. Технічні науки. – Сімферополь, 2010. – № 131. – 152 с.

3. Плевако В. П. Визначення форми рефлектора для рівномірного обігріву плоскої поверхні / В. П. Плевако, С. Ю. Саєнко // Праці НУ «Львівська політехніка». – Л., 2003. – С. 191–194.

4. Плевако В. П. Визначення форми рефлектора сушарки, яка забезпечує заданий розподіл тепла на робочій поверхні / В. П. Плевако, С. Ю. Саєнко, Ю. М. Тормосов // Геометричне та комп'ютерне моделювання / ХДУХТ. – Х., 2006. – № 15. – С. 11–18.

Отримано 01.02.2013. ХДУХТ, Харків.

© Л.В. Кіптела, С.Ю. Саєнко, А.М. Загорулько, О.С. Мольський, 2013.

УДК 641.526.7

В.М. Михайлов, д-р техн. наук

І.В. Бабкіна, канд. техн. наук

А.О. Шевченко, асист.

В.І. Лук'янов, магістрант

МОДЕЛЬНИЙ РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ КОМБІНОВАНОГО ЖАРЕННЯ КУЛІНАРНОЇ ПРОДУКЦІЇ З ЕЛЕКТРОКОНТАКТНИМ НАГРІВАННЯМ

Подано результати моделювання процесу комбінованого жарення кулінарної продукції з використанням електроконтактного нагрівання. Доведено можливість інтенсифікації теплової обробки в умовах одночасного електроконтактного та двобічного нагрівання.

Представлены результаты моделирования процесса комбинированного жарения кулинарной продукции с использованием электроконтактного нагрева. Доказана возможность интенсификации тепловой обработки в условиях одновременного электроконтактного и двухстороннего нагрева.

Presented the results of the modeling of combined frying of culinary products using of electric contact heating. Proved the possibility of intensification of heat treatment in conditions of simultaneous double and electric contact heating.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Аналіз виробництва жареної кулінарної продукції дозволив встановити основні недоліки та проблемні питання відповідних технологічних процесів. Так, тривалість жарення кулінарної продукції становить від 7...10 до 90...120 хв, питомі витрати теплоти складають 1000...1300 кДж/кг. Традиційне обладнання, що використовується на