УДК 536.3

ВЕРИФІКАЦІЯ МЕТОДИКИ ПРОФІЛЮВАННЯ ВІДБИВАЧА

Плевако В.П., д-р техн. наук, професор,
Костенко С.М., ст. викладач, Саєнко С.Ю., канд. техн. наук, доцент
Харківський державний університет харчування та торгівлі, м. Харків

Шляхом комп'ютерного моделювання доведено вірогідність теоретичної методики визначення профілю відбивача, який забезпечує рівномірне сумарне опромінювання поверхні продукту з напівеліптичним перерізом.

The reliability of theoretical technique of definition of a profile of a reflector, which provides a uniform total irradiation of a surface of a product with semi-elliptic cut, is proved by computer modeling.

Ключові слова: комп'ютерна модель, випромінювач, відбивач, приймач, опромінювання.

У традиційному інфрачервоному обладнанні харчових виробництв та ресторанного господарства відбивачі променевого потоку зазвичай не використовуються, або використовуються такі їх профілі, що не спроможні утворити рівномірний променевий потік на поверхні продукту [1]. Це частково зумовлено відсутністю теоретичного розв'язку відповідної задачі. Отже, розробка науково обґрунтованої методики профілювання рефлекторів, які позбавлені цього недоліку, є актуальною проблемою. У попередніх дослідженнях авторами було отримано теоретичні розв'язки так званих «обернених задач» із визначення профілів відбивачів для обладнання із самими різноманітними формами поверхонь приймачів (зокрема, у вигляді напівеліпсу) без урахування втрат теплоти на рефлекторі [2, 3] та з їх урахуванням [4, 5].

Метою роботи є доведення доцільності використання раціональних профілів відбивачів, а також вірогідності отриманої раніше методики визначення таких профілів, шляхом комп'ютерного моделювання. У всіх дослідженнях використовувались приймачі тепла напівеліптичного перерізу з рівномірним опромінюванням поверхні. Запропонована концепція шляхом розв'язку «оберненої задачі» за використання MathCAD надає профіль відбивача, що забезпечує рівномірне опромінювання. Прийнятність такого способу верифікації була доведена авторами раніше [6]. Надалі втратами на відбивачі нехтуємо.

Розглянемо теплотехнічну систему, схему якої наведено на рисунку 1. Вона складається з лінійного випромінювача 1, циліндричних відбивача 2 й приймача тепла 3. У попередніх роботах [2, 3] наведено концепцію визначення форми перерізу відбивача.

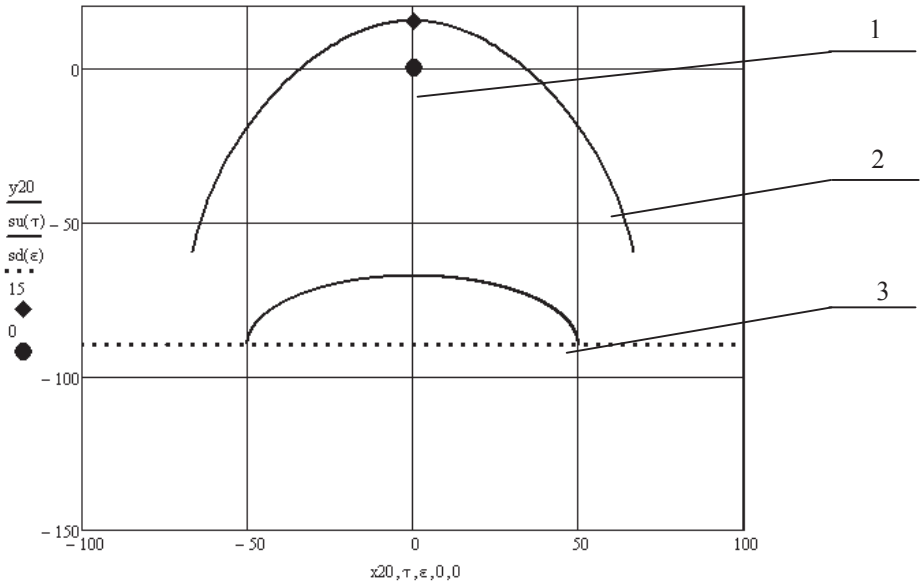


Рис. 1 – Теплотехнічна система

Зауважимо, що розміри перерізу теплотехнічної установки на рисунку 1 подані в реальних величинах (у міліметрах), на відміну від попередніх праць авторів, де розміри бралися у відносних величинах.

Розміри та профіль відбивача визначаються шириною робочої камери та розрахунком у MathCAD відповідно до створеної методики [2].

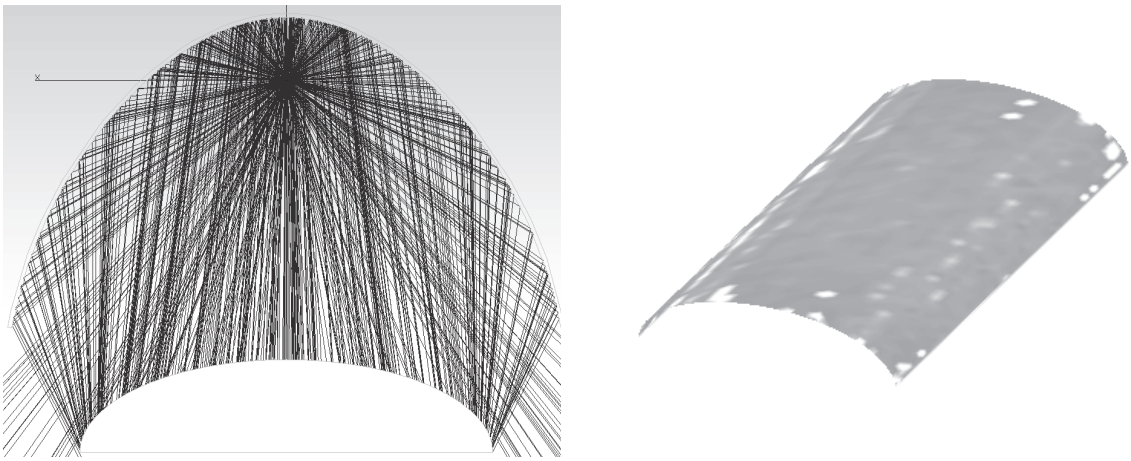
Візьмемо випромінювач потужністю 720 Вт із довжиною 1000 мм. Довжина теплових хвиль становить 1,2 мкм, відповідно, кути падіння теплових променів на рефлектор дорівнюють кутам віддзеркалення.

Продукт має переріз у вигляді половини еліпсу завширшки 100 мм і заввишки 20…25 мм (у Trace Pro обираємо середнє значення 22,5 мм), довжина продукту становить 1000 мм.

Відстань між центрами випромінювача та приймача становить 90 мм. Від центру продукту до краю ґратки, де його розташовано, маємо відстань 100 мм.

Щоб отримати числовий розв'язок у Trace Pro, треба задати кількість теплових променів, що виходять із джерела. Комп'ютерна програма випадковим чином вибирає точки на випромінювачі та напрямки руху променів, що виходять із них, і автоматично обчислює їх траєкторії, але попередньо треба задати профіль циліндричного рефлектора.

Просторовий розподіл густини потоку випромінювання моделюється шляхом розрахунку траєкторій окремих випадкових променів, і точність розв'язку відповідає їх кількості. Форму рефлектора візьмемо з попередніх досліджень [2]. Спочатку бралося 500 променів. Розподіл променів у робочій камері, отриманий за таких умов, наведено на рисунку 2.



а *б*

Рис. 2 – Розподіл променів у робочій камери: а – осьова проекція, б – ізометрична проекція

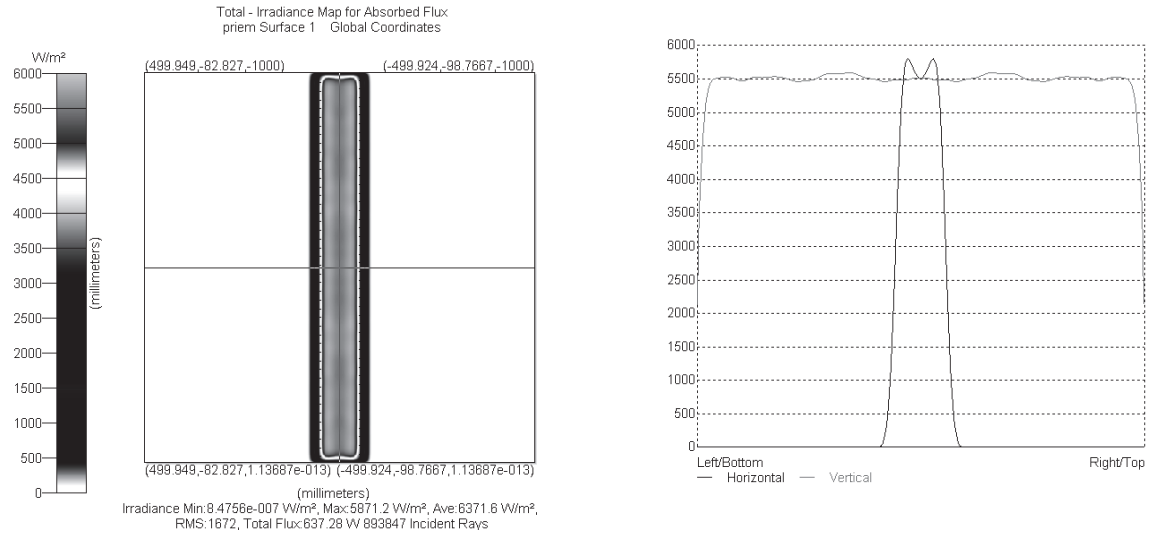
Очевидно, що геометрія руху променів збігається з теоретичною, але заданої кількості променів явно недостатньо для обчислення густини опромінювання робочої поверхні. Виявилося, що для отримання реалістичної картини розподілу променевого потоку треба брати кількість променів не менше мільйона [6]. Картина опромінювання приймача наведена на рисунку 3. Зміна інтенсивності опромінювання подається як зміна кольорів поверхні, але навіть монохромне зображення дозволяє констатувати, що густина теплового потоку на поверхні робочого тіла є сталою величиною (наявність на рисунках місць із незначною зміною кольорів пояснюється похибками методу комп'ютерного обчислення).

Із рисунку 3 випливає, що густина теплового потоку, який потрапляє на приймач, становить 5,5 кВт/м^2.

Згідно з розробленою методикою [2], променевий потік має рівномірно розподіляється на еліптичній поверхні з такою густиною:

$$q(\beta) = \frac{Q}{L} = \frac{Q}{\pi\ L}\left(\pi + \theta_0 - \alpha\right), \tag{1}$$

де α – половина кута, в якому поширюються промені, що не потрапляють на рефлектор, θ_0 – половина кута, в якому поширюються промені, що потрапляють на приймач, Q – потужність випромінювача, L – довжина половини еліпса.



а *б*

Рис. 3 – Картина опромінювання: а – мапа опромінювання, б – значення потоку

Відповідно до розмірів робочої камери та обраного перерізу продукту (рис. 1), $\alpha = 0{,}838$; $\theta_0 = 0{,}521$; $L = 118{,}017$ мм.

Отже, густина променевого потоку становить

$$q(\beta) \approx \frac{720}{3{,}14 \cdot 118{,}017 \cdot 10^{-3} \cdot 1}\left(3{,}14 + 0{,}521 - 0{,}838\right) = 5{,}49 \text{ кВт/м}^2 , \qquad (2)$$

що майже збігається з теоретичним розв'язком.

Таким чином, теоретичні розв'язки, що наведені у попередніх працях, є правильними.

Висновки

Шляхом комп'ютерного моделювання за використання програми Trace Pro доведено доцільність використання відбивача в апаратах жаріння та вірогідність теоретичної методики визначення його профілю. Метою подальших досліджень буде розробка промислового апарату із рефлектором для жаріння м'ясних напівфабрикатів на підприємствах харчових виробництв та ресторанного господарства.

Література

1. Черевко О.І., Михайлов В.М., Бабкіна І.В. Процеси та апарати жаріння харчових продуктів: Навч. посібник, Харк. держ. акад. технол. та орг. харчування. – Харків, 2000. – 332 с.: іл.; табл.
2. Плевако, В.П. Фрагментований рефлектор для рівномірного опромінювання приймача з напівеліптичною формою перерізу [Текст] / Плевако В.П., Костенко С.М., Педорич І.П. // Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр./ Харківський держ. ун-т харчування і торгівлі. – Харків: ХДУХТ, 2008. – Вип. 2 (8). – С. 266 – 275.
3. Костенко, С.М. Рефлектор для всебічного рівномірного опромінення приймача напівеліптичного перерізу [Текст] // Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр./ Харківський держ. ун-т харчування і торгівлі. – Харків: ХДУХТ, 2009. – Вип. 1 (9). – С. 261 – 267.
4. Плевако, В.П. Геометричне моделювання поверхні рефлектора з урахуванням втрат теплоти [Текст] / Плевако В.П., Костенко С.М., Педорич І.П. // Прикладна геометрія та інженерна графіка. Праці / Таврійський державний агротехнічний університет – Вип. 4, т. 47. – Мелітополь: ТДАТУ, 2010. – С. 51 – 60.
5. Плевако, В.П. Рефлектор для рівномірного опромінювання приймача з урахуванням втрат теплоти [Текст] / Плевако В.П., Костенко С.М., Педорич І.П. // Обладнання та технології харчових виробництв : темат. зб. наук. пр. / Голов. ред. О.О. Шубін; Донец. нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського – 2010. – Вип. 24. – С. 137 – 146.
6. Плевако, В.П. Комп'ютерне моделювання процесу опромінювання приймача напівеліптичного перерізу [Текст] / Плевако В.П., Костенко С.М. // Обладнання та технології харчових виробництв : темат. зб. наук. пр. / Голов. ред. О.О. Шубін; Донец. нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського – 2009. – Вип. 22. – С. 269 – 273.