

УДК 536.3

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВІДБИВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ СУШИЛЬНОЇ КАМЕРИ

Тормосов Ю.М., д.т.н.,

Саенко С.Ю., к.т.н.

*Харківський державний університет харчування та торгівлі
(Україна)*

В роботі шляхом комп'ютерного моделювання доведено достовірність методики визначення профілю відбивача, який забезпечує рівномірне сумарне опромінення поверхні продукту.

Ключові слова: комп'ютерне моделювання теплообміну випромінюванням, інфрачервоне обладнання, профілювання рефлекторів, теплотехнічні системи.

Постановка проблеми. Встановити методами комп'ютерного моделювання розподіл густини теплового потоку на поверхні в інфрачервоних (ІЧ) апаратах для сушіння. Оцінити достовірність теоретичних підходів до визначення їхніх форм, що були запропоновані у попередніх працях.

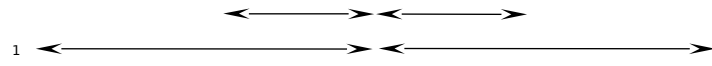
Аналіз останніх досліджень і публікацій. У традиційному інфрачервоному обладнанні харчових виробництв та ресторанного господарства відбивачі променевого потоку зазвичай не використовуються або використовуються такі їхні профілі, що неспроможні утворити рівномірний променевий потік на поверхні продукту [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 [2 – 4] було отримано теоретичні розв'язки так званих «обернених задач» із визначення профілів відбивачів для обладнання із найрізноманітнішими формами поверхонь приймачів без урахування втрат теплоти на рефлекторі.

Формулювання цілей статті. Метою роботи є доведення доцільності використання раціональних профілів відбивачів, а також перевірка достовірності отриманої раніше методики визначення таких профілів шляхом комп'ютерного моделювання. Запропонована концепція шляхом розв'язку «оберненої задачі» в разі використання MathCAD надає профіль відбивача, що забезпечує рівномірне опромінення. Прийнятність такого способу верифікації була доведена раніше [2].

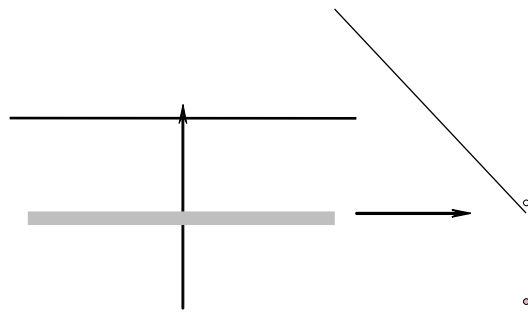
Основна частина. У роботі розглянемо два випадки теплотехнічних систем: перший із двома випромінювачами та двома відбивачами (рис. 1); другий – із одним випромінювачем та одним відбивачем (рис. 2).

Розглянемо теплотехнічну систему, схему якої подано на рис. 1. Вона складається з лінійного випромінювача 1, циліндричних відбивача 2 та приймача тепла 3. У праці [3] наведено концепцію визначення форми перерізу відбивача.

A

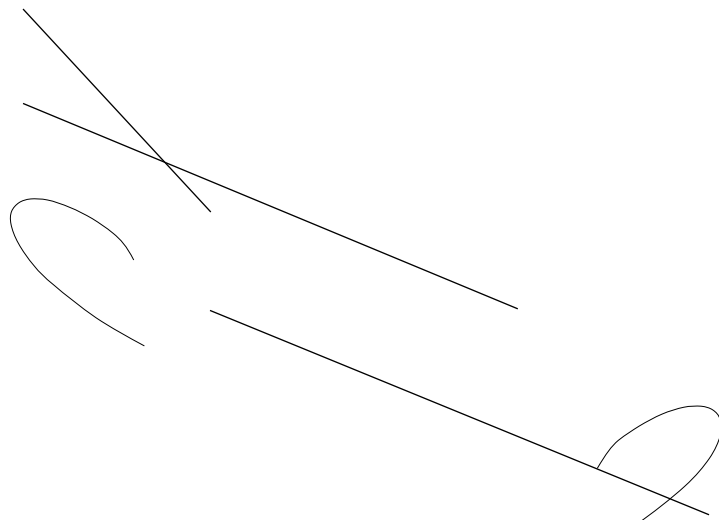


0



o

o



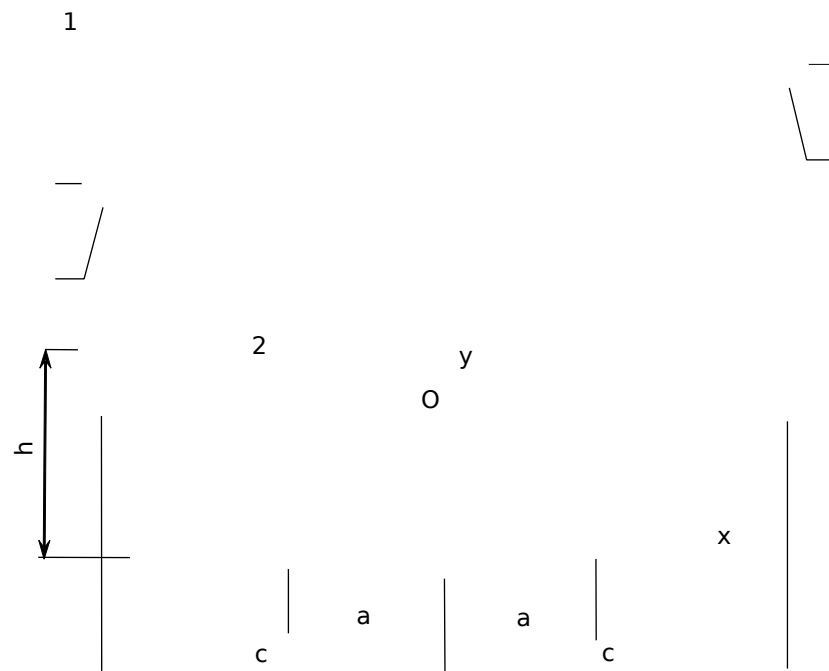
3

2

—

—

Рис. 1. Теплотехнічна система із двома відбивачами



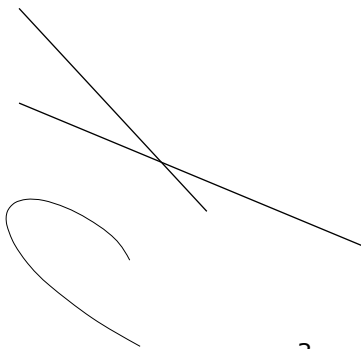
A

1

O

o

o

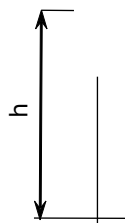


3

1



2



O

y

x



Рис. 2. Теплотехнічна система з одним відбивачем

Візьмемо випромінювач потужністю 1000 Вт із довжиною 500 мм. Довжина теплових хвиль складає 1,2 мкм, відповідно кути падіння теплових променів на рефлектор дорівнюють кутам віддзеркалення.

Моделювання руху променів та розподілу теплоти на робочій поверхні будемо робити у програмі 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 інфрачервоні випромінювачі, оскільки для діапазону хвиль, що випромінюють ці джерела, конвективна складова зводиться до мінімуму [5].

Крім того, програма дозволяє моделювати рух променів у робочій камері, задавати спектр потоку, призначати потужність випромінювача, призначати різним поверхням різні фізичні властивості, задавати ступінь поглинання енергії тощо.

Для моделювання розподілу теплоти та руху променів необхідно побудувати тривимірну модель установки. Для цього використаємо AutoCAD. Для моделювання рефлектора в AutoCAD скористаємось програмою в MathCAD, яка дає низку координат точок рефлектора. Використовуючи команду побудови сплайна, побудуємо сплайн, що відповідає формі рефлектора. Наприкінці отримуємо твердотільну тривимірну модель, яку можна ввести до програми Trace Pro.

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.

Просторовий розподіл густини потоку випромінювання моделюється шляхом розрахунку траєкторій окремих випадкових променів, і точність розв'язку відповідає їх кількості. Розподіл променів у робочій камері для випадку з одним випромінювачем (рис. 2) наведено на рис. 3.

Очевидно, що геометрія руху променів збігається з теоретичною. Виявилось, що для отримання реалістичної картини розподілу променевого потоку, треба брати кількість променів не менше мільйона [5]. Опромінювання приймача показано на рисунку 4. 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).

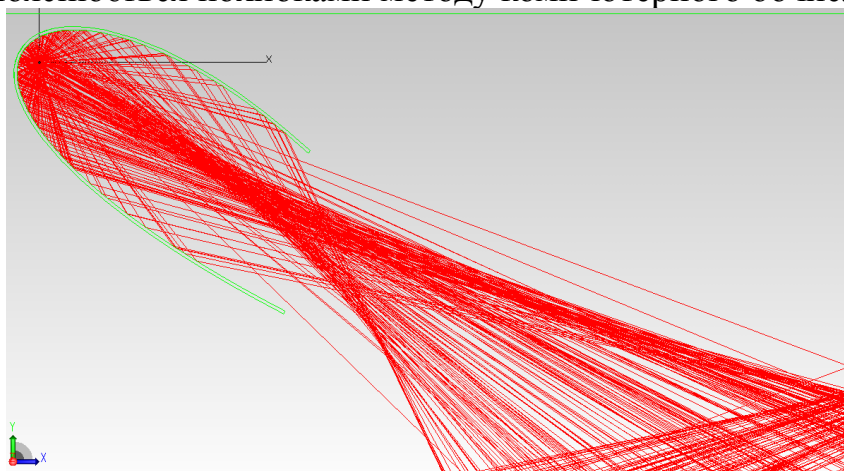


Рис. 3. Розподіл променів у робочій камері

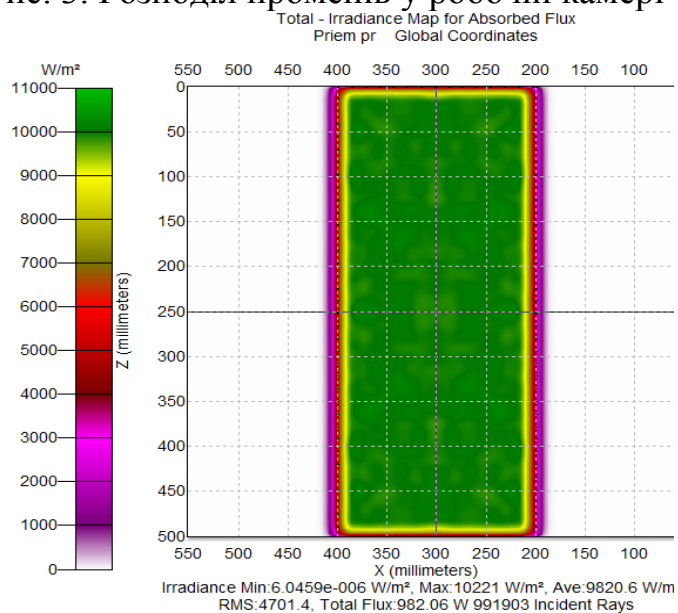


Рис. 4. Картина опромінення поверхні

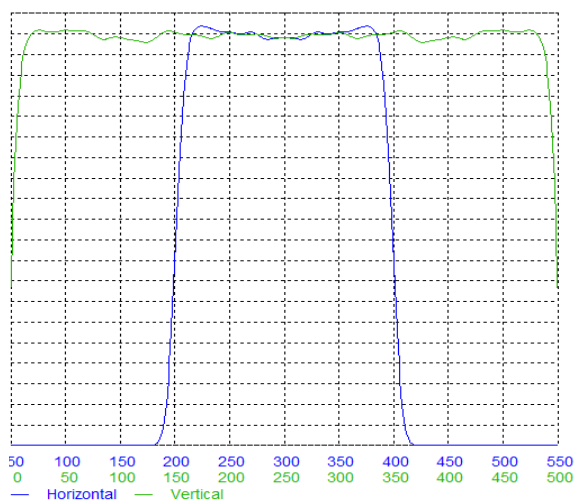


Рис. 5. Значення теплового потоку по горизонталі та вертикалі

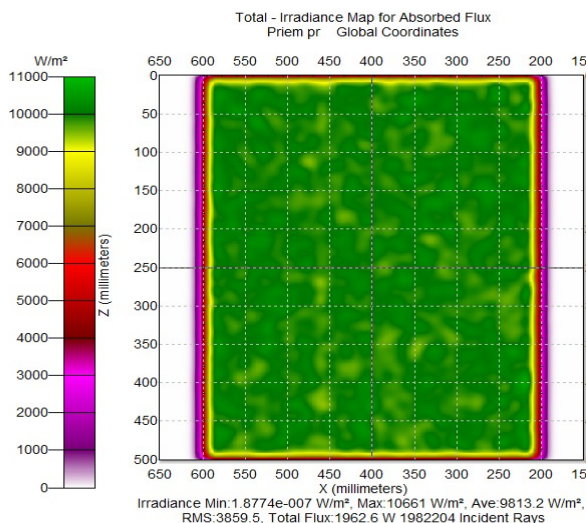


Рис. 6. Картина опромінення поверхні

На рис. 4 та на рис. 5 показано розподіл густини теплового потоку на робочій поверхні для схеми, наведеної на рис. 2.

Розподіл теплового потоку на поверхні від системи, зображеної на рис. 1, наведено на рис. 6 та рис 7.

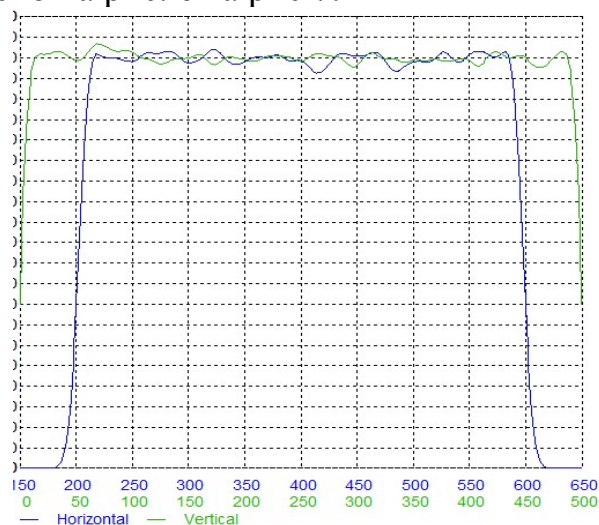


Рис. 7. Значення теплового потоку по горизонталі та вертикалі

Висновки. Шляхом комп'ютерного моделювання за умови використання програми TracePro доведено достовірність теорії складання форми рефлектора, що розглянуто у праці [2]. На рисунках бачимо, що додавання перпендикулярної стінки до системи не вплинуло на рівномірність теплового потоку на приймачі, а це дає змогу конструювати сушильні шафи з опромінюванням продукту з одного боку, що впливає на енергозбереження процесу сушіння й на зменшення вартості кінцевого продукту.

Література

1. Черевко О. І. Процеси та апарати жаріння харчових продуктів. Навч. посібник / О. І. Черевко, В. М. Михайлов, І. В. Бабкіна. – Х.: ХДАТОХ, 2000. – 332 с.
2. Саєнко С. Ю. Визначення раціональних форм рефлекторів сушарок / С. Ю. Саєнко, В. П. Плевако, І. П. Педорич // Прикладна геометрія та інженерна графіка / Таврійський держ. агротехнол. ун-т. – Мелітополь., 2012. – Т. 54. – №4. – С. 117–125.
3. Плевако В. П. Визначення форм рефлекторів теплотехнічних установок, які забезпечують заданий розподіл тепла на приймачах довільних перерізів / В. П. Плевако, С. Ю. Саєнко // Геометричне та комп'ютерне моделювання / Харк. держ. ун-т харч. та тор. – Х., 2007. – № 17. – С. 75–90.
4. Тормосов Ю.М. О форме цилиндрического отражателя для равномерного нагрева полосы плоскости / Ю.М. Тормосов // Проблемы пожарной безопасности. Сб. науч. тр. АПБ Украины. – Вып. 11. – Харьков: Фолио, 2002. – С.201-205.
5. Саєнко С. Ю. Моделювання розповсюдження теплових променів у ПЧ-апаратах харчової промисловості засобами TracePro / С. Ю. Саєнко, В. П. Плевако // Геометричне та комп'ютерне моделювання / Харк. держ. ун-т харч. та торг. – Х., 2009. – № 25. – С. 57–62.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТРАЖАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ СУШИЛЬНОЙ КАМЕРЫ

Тормосов Ю.М., Саєнко С.Ю.

В работе путем компьютерного моделирования доказана достоверность методики определения профиля отражателя, который обеспечивает равномерное суммарное облучение поверхности продукта.

Ключевые слова: компьютерное моделирование теплообмена излучением, инфракрасное оборудование, профилирование рефлекторов, теплотехнические системы.

CODRYINGMPUTER MODELING OF THE REFLECTIVE SYSTEM OF CHAMBER FOR DRYING

Tormosov Y., Saenko S.

In work by computer modeling proved the reliability of the method of determining the profile of the reflector, which provides uniform total irradiation of the surface of the product.

Key words: computer modeling of heat exchange by radiation, infrared equipment, profiling of reflectors, heat engineering systems.