

УДК 536.3

ПЕРЕВІРКА МЕТОДИКИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПРОФІЛЮ ВІДБИВАЧА ПРОМЕНЕВОГО ПОТОКУ

В. П. Плевако

Доктор технічних наук, професор

E-mail: V_Plev@ukr.net

С. М. Костенко

Старший викладач*

E-mail: dlyastasa@gmail.com

І. П. Педорич

Старший викладач*

E-mail: pedorich_i@mail.ru

*Кафедра механіки та графіки

Харківський державний університет

харчування та торгівлі

вул. Клочківська, 333,

м. Харків, Україна, 61051

В статті представлено фізичний та комп'ютерний експерименти, які доводять прийнятну вірогідність методики, отриманої шляхом розв'язання зворотної задачі опромінювання, для визначення профілю відбивача, який забезпечує рівномірне сумарне опромінювання приймача півеліптичного перерізу одним випромінювачем та відбивачем. Відбивачі, спрофільовані за цією методикою, зменшують енерговитрати інфрачервоного обладнання для жарення і покращують органолептичні властивості харчової продукції

Ключові слова: рівномірне опромінювання, профіль відбивача, півеліптичний переріз, експериментальний апарат, комп'ютерне моделювання

С статье представлены физический и компьютерный эксперименты, которые доказывают приемлемую достоверность методики, полученной путём решения обратной задачи облучения, для определения профиля отражателя, обеспечивающего равномерное суммарное облучение приёмника полуэллиптического сечения одним излучателем и отражателем. Отражатели, спрофилированные по этой методике, уменьшают энергозатраты инфракрасного оборудования для жарки и улучшают органолептические характеристики пищевой продукции

Ключевые слова: равномерное облучение, профиль отражателя, полуэллиптическое сечение, экспериментальный апарат, компьютерное моделирование

1. Вступ

Існуюче інфрачервоне устаткування харчових виробництв є не виправдано енергоємним, а також воно не дає змоги отримати рівномірне опромінювання опуклого продукту. Для розв'язку цих проблем відбивачі променевого потоку або не використовуються взагалі, або методика профілювання відбивачів є емпіричною, тобто приблизною та витратною [1, 2].

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Методики, створені іншими дослідниками цієї проблеми, не дозволяють працювати з опуклим профілем приймача через наявність так званого «затінку» [3, 4]. Раніше авторами було створено методику визначення профілів відбивачів для рівномірного опромінювання півеліпсу без урахування втрат теплоти на рефлекторі [5] та з їх урахуванням [6], підґрунтям якої є розв'язок зворотної задачі опромінювання, також ця методика була перевірена шляхом комп'ютерного експерименту [7].

3. Мета та завдання дослідження

Метою експериментального дослідження була оцінка ефективності використання спрофільованого

рефлектора шляхом фізичного моделювання та порівняння результатів із комп'ютерною верифікацією створеної методики.

4. Експериментальні дані та їх обробка

Теплотехнічна система, схему якої наведено на рис. 1, складається з лінійного випромінювача 1, циліндричного відбивача 2 й приймача тепла з напівеліптичним профілем 3 (за осями координат відкладено розміри теплотехнічної системи). Зауважимо, що розміри перерізу теплотехнічної установки на рис. 1 подані в реальних величинах (у міліметрах), на відміну від попередніх праць авторів, де розміри бралися у відносних величинах [5, 6]. Методику визначення форми перерізу відбивача докладно розглянуто у попередніх роботах [5, 6].

Конструкція експериментального апарата (рис. 2) дозволяє монтувати та демонтувати спрофільований відбивач, що робить можливим порівняння продуктів, отриманих за традиційного (без відбивача) та новітнього (з відбивачем) жарення. В експериментальному апараті використовується один кварцовий випромінювач, у якого напруга живлення 220 В, потужність 720 Вт, довжина 250 мм. Відбивач виготовлено з листа полірованого алюмінію, що забезпечує коефіцієнт відбивання близько 90 %. Зауважимо, що розмір листа 275x214 мм та профіль відбивача визначаються шири-

ною робочої камери та розрахунком у MathCad (рис. 1) відповідно до створеної методики.

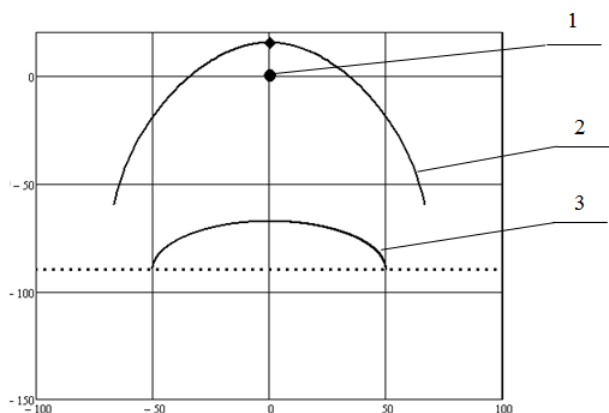


Рис. 1. Теплотехнічна система: 1 – лінійний випромінювач; 2 – циліндричний відбивач; 3 – приймач тепла з напівеліптичним профілем



а



б

Рис. 2. Зовнішній вигляд апарата: а – робоча камера; б – відбивач

Температура у робочій камері визначалася за допомогою дев'яти термопар хромель-алюмель (межа вимірювання до 1100 °С), які встановлено на пласку рамку відповідно до рис. 3. Рамку з термопарами розташовано на відстані 67.5 мм від випромінювача, що відповідає верхній точці напівеліптичного перерізу продукту та дозволяє порівнювати результати вимірювання з комп'ютерним експериментом.

В якості приймача обирався напівеліпс завдовжки 200 мм, завширшки 100 мм і заввишки 20...25 мм (для комп'ютерного експерименту у Tgase Pго обираємо середнє значення 22.5 мм). Відстань між центрами випромінювача та приймача складає 90 мм. Від центру

продукту до краю ґратки, де його розташовано, маємо відстань 100 мм (рис. 1).

Термопару виконано зі сталі 18ХН10Т, розмір термопар становить 12×12 мм завтовшки 0.4 мм. Виключення похибки, викликані стоком тепла проводами термопар та розтяжками кріплення приймача у корпусі датчика, забезпечується виконанням розтяжок та робочої ділянки термопар з проволочки діаметром 0.2 мм. За термопарою встановлено екран з полірованого алюмінію з метою виключення стоку тепла випромінюванням з задньої стінки приймача на інші елементи датчика і для підвищення ступеня поглинання. Зачорнений датчик закріплено на вимірювальній панелі стійками малого перерізу, що зменшує стік тепла (рис. 4).

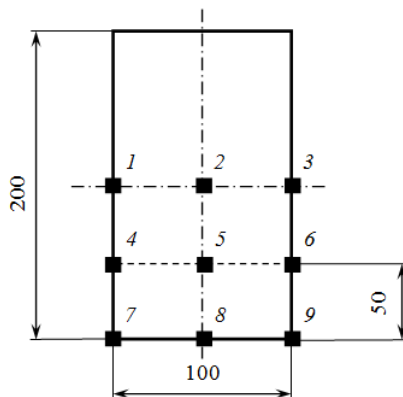


Рис. 3. Розташування термопар

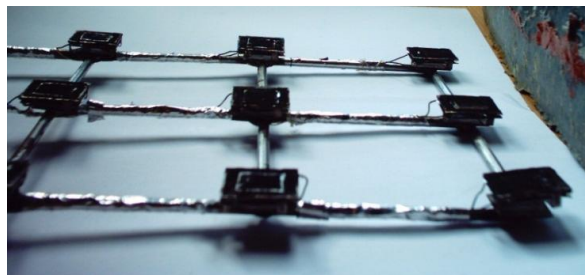


Рис. 4. Загальний вигляд датчиків

Беручи до уваги значення потужності випромінювача та відсутність примусової конвекції, будемо враховувати лише променеву складову теплообміну. Значно більші розміри робочої камери роблять її набагато більш інерційною порівняно із датчиком, що дозволяє знехтувати її наявністю під час розрахунків. Значення падаючого променевого потоку визначатимемо за законом Стефана–Больцмана:

$$q_{\text{пр}} = \frac{1}{\epsilon_{\text{д}}} \cdot C_0 \cdot \left(\frac{T_{\text{д}}}{100} \right)^4, \quad (1)$$

де $q_{\text{пр}}$ – щільність падаючого променевого теплового потоку, Вт/м²; $T_{\text{д}}$ – температура чутливого елемента датчика, К (визначається експериментально для дев'яти термопар); $C_0 = 5.67 \text{ Вт/м}^2\text{К}^4$ – стала Стефана–Больцмана; $\epsilon_{\text{д}} \approx 0.96$ – коефіцієнт чорноти датчика.

Температура на дев'ятох термопарах визначалася через 2 хвилини після вмикання апарату, після чого за формулою (1) обчислювалося поле променевого потоку. За незмінних умов експерименту було оцінено середнє арифметичне значення температури \bar{T} та визначено точність вимірювань. Значення похибки знайденої оцінки середнього арифметичного визначалося довірчим інтервалом ϵ_β . Вірне значення з заданою довірчою вірогідністю становило $T = \bar{T} \pm \epsilon_\beta$ [8]. Було обрано довірчу вірогідність $\beta = 0.9$, кількість експериментів становила $n=6$, кількість ступенів свободи вибіркової дисперсії $f=n-1=5$. За цих умов статистичний критерій Ст'юдента $t(\beta, f)=2.015$ [8, 9]. Обчислення за допомогою MathCad надало середні значення температури з довірчим інтервалом $\pm 3^\circ\text{C}$, за якими було отримано значення густини опромінювання (рис. 5, 6).

Густина опромінювання, Вт/м ²		
2.336×10^4	1.535×10^4	2.359×10^4
2.844×10^4	1.909×10^4	2.871×10^4
2.983×10^4	2.012×10^4	3.011×10^4
2.844×10^4	1.909×10^4	2.871×10^4
2.336×10^4	1.535×10^4	2.359×10^4

Рис. 5. Значення густини за фізичного експерименту

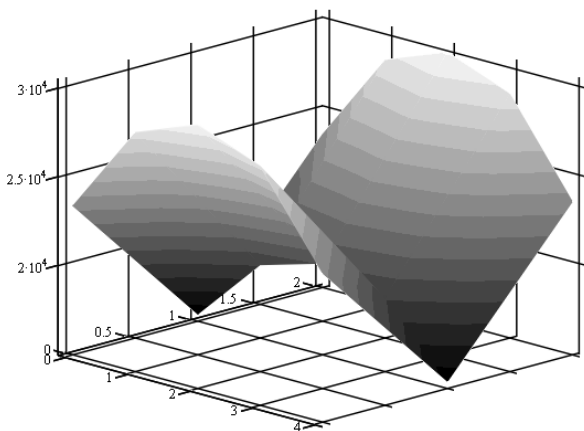


Рис. 6. Поле густини за фізичного експерименту

На рис. 7 та 8 наведено густину опромінювання, отриману шляхом комп'ютерного моделювання за використання TracePro [10] для випромінювача потужністю 720 Вт і довжиною 0.25 м без дзеркальних торцевих стінок камери. На рис. 7 за поземною віссю відкладаються поперечний та поздовжній перерізи теплоприймача у міліметрах, а за прямою віссю – значення густини опромінювання у Вт/м². На рис. 8 зміна густини опромінювання подається як зміна кольорів поверхні, але навіть монохромне зображення є наочним. Відповідно до розробленої методики профілювання відбивача променевого потоку [5, 6], за цих

параметрів теплотехнічної системи густина опромінювання на поверхні приймача півеліптичного перерізу становить 21.94 кВт/м².

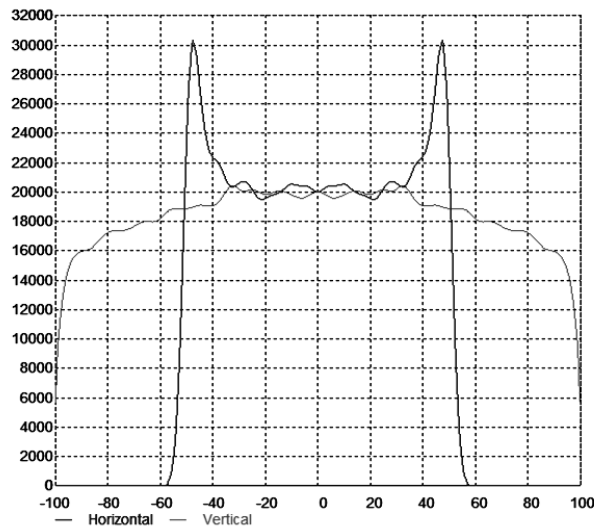


Рис. 7. Значення густини за комп'ютерного експерименту

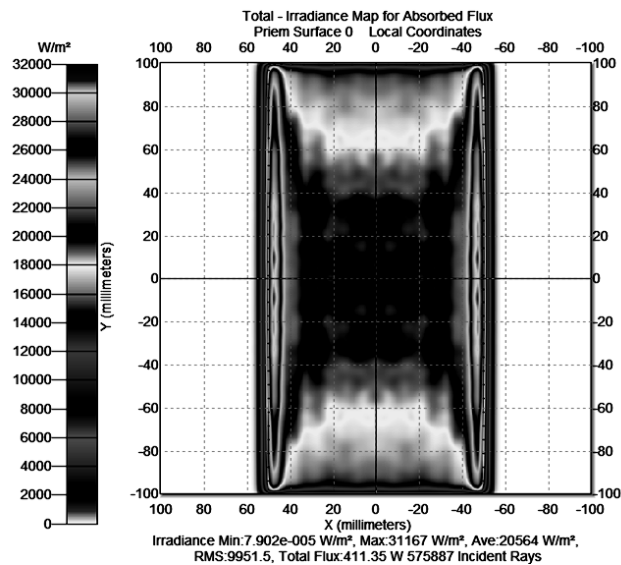


Рис. 8. Поле густини за комп'ютерного експерименту

7. Висновки

Порівняння отриманих результатів фізичних та комп'ютерних експериментів із попередніми теоретичними дослідженнями авторів доводить прийнятну вірогідність створеної методики профілювання відбивача променевого потоку з метою рівномірного опромінювання приймача напівеліптичного перерізу. Очевидно, що для отримання більш виваженої інформації треба використовувати значно щільніше розташування термопар, що призведе до ускладнення експериментальної частини, і цього можна уникнути за використання комп'ютерного експерименту.

Література

1. Пат. 4317441 США, МКИ А 47 J 37/00. Broiler apparatus. Устрій для жарення м'яса [Текст] / Roger M. Berg (США). – № 67368; заявл. 17.08.79; опубл. 02.03.82, НКИ 126/41. – 12 с.
2. Пат. 4664923 США, МКИ А 23 L 1/01. Method of infrared tunnel oven cooking of food products. ІК-апарат для приготування піци [Текст] / Wagner Dennis, Wells Harold D. (США). – № 778350; заявл. 24.10.85; опубл. 12.05.87, НКИ 426/233. – 14 с.
3. Lawson, D. A. An accurate program for radiation modelling in the design of high-temperature furnaces [Text] / D. A. Lawson, C. D. Ziesler // IMA J Management Math. – 1996. – № 7(2). – С. 109–116.
4. Sheridan, P. Application of far infra-red radiation to cooking of meat products [Text] / P. Sheridan, N. Shilton // Journal of Food Engineering. – 1999. – Vol.41(3). – С. 203–208.
5. Плевако, В. П. Фрагментований рефлектор для рівномірного опромінення приймача з напівеліптичною формою перерізу [Текст] / В. П. Плевако, С. М. Костенко, І. П. Педорич // 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.
6. Плевако, В. П. Геометричне моделювання поверхні рефлектора з урахуванням втрат теплоти [Текст] / В. П. Плевако, С. М. Костенко, І. П. Педорич // Прикладна геометрія та інженерна графіка. Праці Таврійського державного агротехнічного університету. – Вип. 4, т. 47. – Мелітополь : ТДАТУ, 2010. – С. 51–60.
7. Плевако, В. П. Комп'ютерне моделювання процесу опромінення приймача напівеліптичного перерізу [Текст] / В. П. Плевако, С. М. Костенко; голов. ред. О. О. Шубін; Донец. нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського // Обладнання та технології харчових виробництв : темат. зб. наук. пр. – 2009. – Вип. 22. – С. 269–273.
8. Dowdy, S. M. Statistics for research [Text] / S. M. Dowdy, Stanley Wearden. – New York : Wiley, 1991. – 629 с.
9. Student. The probable error of a mean [Text] / Student // Biometrika. – 1908. – № 6(1). – С. 1–25.
10. Driggers, R. G. Encyclopedia of Optical Engineering [Text] / Ronald G. Driggers. – New York: Marcel Dekker, 2003. – 3 тома.

Запропоновано технологію опромінення насіння. Показано тепловий і осциляторний вплив електромагнітного поля на елементи насіння. Розроблено математичну модель розподілу температур в шарі насіння при опроміненні високочастотним електромагнітним полем та розроблено відповідний спосіб з наступною оптимізацією режимів та експериментальною перевіркою його ефективності

Ключові слова: технологія, опромінення насіння, модель, температура, електромагнітне поле, спосіб, схожість, вплив

Предложена технология облучения семян. Показано тепловое и осциляторное влияние электромагнитного поля на элементы семян. Разработана математическая модель распределения температур в слое семян при облучении высокочастотным электромагнитным полем и разработан соответствующий способ с последующей оптимизацией режимов и экспериментальной проверкой его эффективности

Ключевые слова: технология, облучение семян, модель, температура, электромагнитное поле, способ, всхожесть, влияние

УДК 631.53.027.34

ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕДПОСІВНОЇ СТИМУЛЯЦІЇ НАСІННЯ ВИСОКО- ЧАСТОТНИМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ПОЛЕМ

О. М. Петровський

Старший викладач

Кафедра фізики, автоматизації та механізації
виробничих процесів

Полтавська державна аграрна академія
вул. Сковороди, 1/3, Полтава, Україна, 36003

E-mail: sapetr23@rambler.ru

1. Вступ

Підвищення урожайності сільськогосподарських культур, виробництво достатньої кількості екологічно чистої сільськогосподарської продукції є вкрай важливим питанням, як в Україні, так у всьому світі. Проблема

росту населення планети вимагає збільшення виробництва продуктів харчування при постійному зменшенні придатних сільськогосподарських угідь. Значна частка продукції рослинництва, близько 25-30 %, втрачається за рахунок неякісного посівного насіння [1]. Понад 30 % посівного матеріалу є непридатним