

ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСІВ НА ПРИКЛАДІ КОНДУКТИВНОГО ТА КОНВЕКТИВНОГО НАГРІВАННЯ

Погожих М.І., д-р техн. наук, проф.,
Чеканов М.А., канд. техн. наук, доц.,
Пак А.О., канд. техн. наук, доц.

Харківський державний університет харчування та торгівлі

Фізичною основою цього методу є спостереження, що багатьом технологічним процесам притаманна загальна характерна риса: тривалість процесів обмежують моментом, коли одна або кілька фізичних властивостей або параметрів предмета процесу отримують рівноважні значення, тобто наближаються до технологічно заданих, або відповідним значенням зовнішнього середовища. Відомо, що наближення фізичних властивостей до рівноважних величин є асимптотичним (зверху і знизу). Таким чином, застосування математичного аналізу і надання цьому методу фізичного сенсу, дозволить об'єктивно оцінювати ефективність того чи іншого теплового процесу. Якщо в теплового процесі можна ідентифікувати термодинамічну систему, то її розвиток і стан можна аналізувати на основі законів збереження, другого закону термодинаміки та використовувати термодинамічні потенціали.

Метою роботи є оцінювання фізико-математичним методом теплових процесів на прикладі конвективного та кондуктивного нагрівання для оцінювання їх ефективності.

Цей спосіб математичного нормування дозволяє розглянути будь-який процес на відрізку $[0;1]$ як проекцію $Asm(P,t)$ на одиничну сферу, при цьому величина ξ , що характеризує енергоефективність процесу, зберігає своє значення. Тому можна провести порівняльний аналіз декількох теплових процесів за умови різних значень параметра P і встановити, який із них є найбільш енергоефективним. Для приклада розглянуто теплові процеси, що можна описати експонентами $f1(t) = e^{-t}$, $f2(t) = e^{-t^2}$ і зворотною функцією $f3(t) = \frac{1}{t}$. Також визначено для кожного процесу величину C і B_i : $f_i(B_i) = \frac{1}{1000} f_i(0), i = 1..3$. Узагалі, чим вище ступінь k для функції $f(k,t) = e^{-t^k}$, тим ближче точка C до точки B .

Процес нагрівання був розглянутий через поширеність у технології харчових виробництв. Згідно з визначеннями «теплота» і «температура» температура завжди прагне до рівноваги для будь-яких термодинамічних систем, що знаходяться в тепловому контакті.

Для перевірки цих припущень було проведено експерименти з нагрівання тіла відомої маси і теплоємності кондуктивним і конвективним способом. Як зразок використовувався алюмінієвий циліндр масою $m = 0,57$ кг, питома теплоємність зразка $C = 903$ Дж/(кг · К). Потужність нагрівача для кондуктивного способу $P_1 = 60$ Вт; для конвективного способу $P_2 = 400$ Вт. Експеримент вважався завершеним у разі виходу на стаціонарний режим.

Точки С для кондуктивного та конвективного процесів знаходяться досить близько: $C_1 = \frac{1}{3}$, $C_2 = \frac{17}{52}$, величина ξ , відповідно:

$\xi_1 = 2$, $\xi_2 = 2,05$. Обидва процеси апроксимуються функцією e^{-t} , із невеликою розбіжністю за коефіцієнтами, що відповідає положенню точки С ($C \approx 0,33$ за експериментальними даними, і $C \approx 0,28$ – за даними теоретичних розрахунків).

За результатами обробки експериментальних даних встановлено, що загальна кількість енергії витраченої на здійснення процесу нагрівання конвективним та кондуктивним становить $4,68 \cdot 10^5$ Дж та $2,16 \cdot 10^6$ Дж відповідно. Тобто за параметром кількості витраченої енергії кондуктивний нагрів ефективніше. За параметром величини корисної енергії, яку було витрачено на нагрівання зразка, це заштрихована площа, що лежить під кривими нагріву. За величиною ці площини дорівнюють прямокутникам, верхня межа яких позначена як 3 та 4. Перетин експериментальних кривих із цими прямокутниками дає положення точки С. Тобто за параметром кількості корисної енергії кондуктивний нагрів також ефективніше. За параметром наближення ефективності течії процесу до ідеального процесу, що досліджувалися, з невеликою розбіжністю за коефіцієнтами, відповідно положенню точки С1 та С2 підтверджує дані, отримані в результаті теоретичних розрахунків і майже подібні один до одного.

Розглянуто можливість оцінювання енергоефективності теплових процесів, які ідентифікуються, як термодинамічну систему. Проведено вибір і обґрунтування фізико-математичних методів аналізу теплових процесів харчових виробництв для оцінювання їх ефективності. Запропоновано аналізувати стан термодинамічної системи на основі законів збереження, другого закону термодинаміки з використанням термодинамічних потенціалів.