

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет комп'ютерних систем і автоматики

Кафедра метрології та промислової автоматики

Магістерська кваліфікаційна робота на тему:

**Підвищення якості вимірювання температури
поверхонь, що випромінюються об'єктами обертання
в умовах виробництва**

Виконав: ст. гр. ІЯП-17м Пащенко В.П.

Науковий керівник: д.т.н., проф. Васілевський О.М.

Метою роботи є підвищення точності вимірювання температури за випроміненням поверхні об'єктів обертання в умовах виробництва шляхом розробки способу вимірювання дійсної температури.

Об'єктом дослідження є безконтактний оптичний метод вимірювання температури поверхні об'єкта за випроміненням.

Актуальність теми. Жодне наукове дослідження чи процес виробництва не може обійтися без вимірювань, без вимірювальної інформації. Ні в кого немає сумніву відносно того, що без розвитку методів і засобів вимірювання прогрес у науці і техніці неможливий. Температурні вимірювання, зокрема, мають дуже важливе значення у процесі подальшого прогресу наукових досліджень та розвитку пріоритетних галузей народного господарства.

У промисловості існує необхідність високоточного безконтактного вимірювання температури поверхні об'єктів обертання (ОО), прикладами яких є обертові печі (ОП). За температурою поверхні ОП можна контролювати процес випалювання сировини в технологічному об'ємі печі.

Вихід температури поверхні печі за межі допустимих значень призводить до збоїв в технологічному процесі, передаварійних ситуацій та позапланових зупинок на довготривалий та трудомісткий ремонт.

Це зумовлює зниження якості та зростання собівартості кінцевої продукції. Своєчасна інформація про температурний стан поверхні запобігає цьому. У зв'язку з цим необхідне постійне вимірювання температури поверхні обертових печей під час експлуатації.

Інформацію про значення температури на поверхні об'єкта обертання доцільно отримувати безконтактним оптичним методом за допомогою тепловізора або пірометра випромінювання.

Однак однією з основних проблем точності вимірювання температури за випромінюванням є методична похибка вимірювання, яка в десятки разів може перевищувати основну похибку самого засобу вимірювань.

Методична похибка зумовлена відсутністю в реальних умовах вимірювань достовірної інформації про значення коефіцієнта випромінення об'єкта та нехтуванням впливом фонового випромінення і пропусканням проміжного середовища на вихідний сигнал приймача випромінення, що впливає на точність вимірювання температури за випроміненням.

Для зменшення методичної похибки необхідно вимірювати значення цих факторів та вводити поправки при опрацюванні вихідного сигналу пірометричного перетворювача (ПП), що дозволить підвищити точність вимірювання температури за випроміненням.

Отже, проблема зменшення методичної похибки при вимірюванні температури за оптичним випроміненням залишається актуальною.

ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЯКІ ЗУМОВЛЮЮТЬ МЕТОДИЧНУ ПОХИБКУ
ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ЗА ВИПРОМІНЕННЯМ ПОВЕРХНІ ОБ'ЄКТІВ
ОБЕРТАННЯ

Фактори, які зумовлюють методичну похибку вимірювання температури за випроміненням

$$b(\lambda, T) = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} C_1 \cdot n^{-2} \cdot \lambda^{-5} \cdot \left(e^{\frac{c_2}{n \cdot \lambda \cdot T}} - 1 \right)^{-1} d\lambda \quad (1)$$

де $C_1=3,7417749 \cdot 10^{-16}$ Вт·м²; $C_2=0,01438769$ м·К; λ_1 - λ_2 – інтервал довжин хвиль, розрахунки проводились в спектральному інтервалі 8-14 мкм.

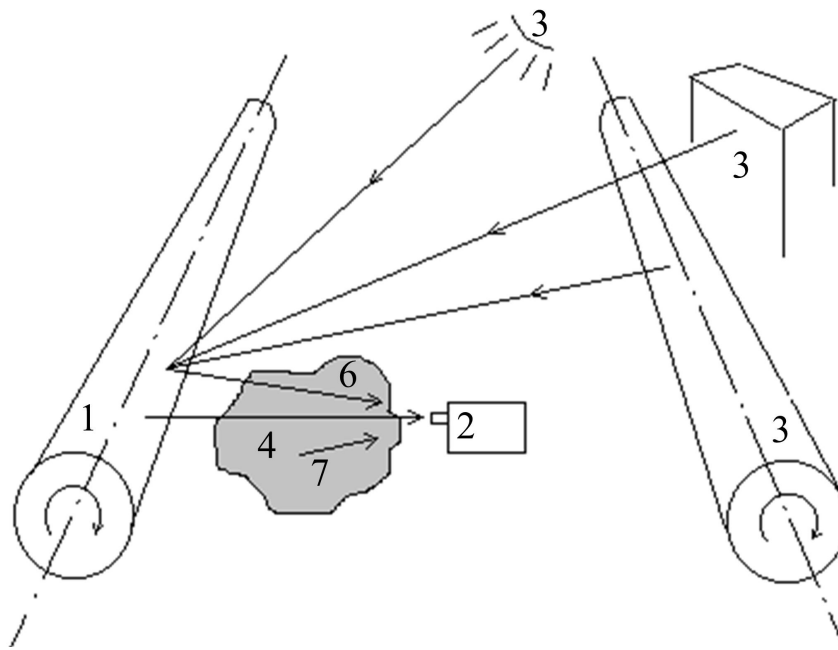


Рисунок 1 – Схема дії на потік випромінення ділянки поверхні ОД, який сприймається пірометром, впливних факторів: 1 – об’єкт дослідження з коефіцієнтом випромінення поверхні ϵ ; 2 – пірометр випромінення; 3 – сторонні об’єкти, які створюють фонове випромінення; 4 – проміжне середовище між ОП та пірометром; 5 – потік випромінення від ОП; 6 – потік відбитого від ОП фонового випромінення; 7 – власне випромінення проміжного середовища

Потік випромінення поверхні досліджуваного об'єкта є функцією трьох основних взаємозалежних величин – температури, довжини хвилі та випромінювальної здатності. Випромінювальна здатність – це міра кількості енергії випромінення, яке випромінюється даною поверхнею, порівняно з енергією випромінення, що випромінюється абсолютно чорним тілом при тій самій температурі. Вона характеризується коефіцієнтом випромінення (КВ) поверхні, значення якого для поверхні кожного конкретного об'єкта індивідуальне, залежне від ряду факторів (довжини хвилі, кута випромінення, стану поверхні) та знаходиться в межах $0 < \varepsilon < 1$. Ускладнює це питання також і взаємна функціональна залежність температури та коефіцієнта випромінення об'єкта – оцінка значення одного параметра вимагає інформації про значення іншого. Тому точне визначення дійсної температури об'єкта неможливе без достовірної інформації про коефіцієнт випромінення його поверхні.

Розрахунок методичної похибки вимірювання температури за випроміненням

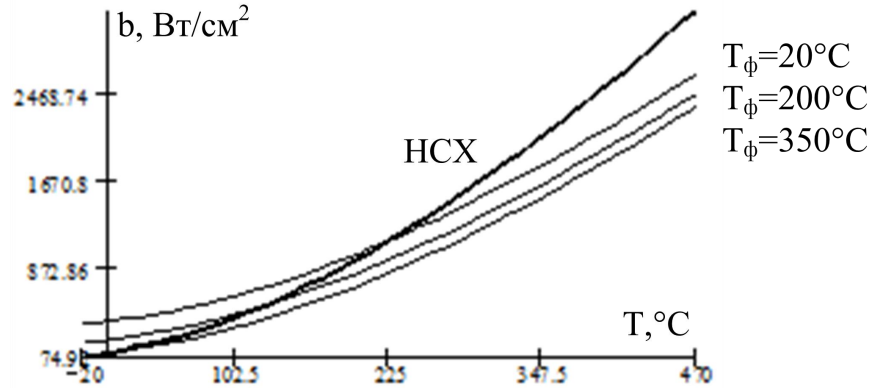


Рисунок 2 – Порівняльна характеристика температурних залежностей густини потоку випромінення, що відповідає НСХ, та густини результуючих потоків випромінення, $\varepsilon = 0,8$, $\tau = 0,9$

$$\Delta b_M = b_{\text{вим}} - b_{\text{д}} = b_{\text{вим}} \cdot (1 - \tau_c \cdot \varepsilon) - b_c - (1 - \varepsilon) \cdot \tau_c \cdot \varepsilon_{\text{ефф}} \cdot b_{\phi} \quad (2)$$

де $b_{\text{вим}}$ – виміряне значення, якому відповідає густина потоку випромінення АЧТ при температурі ОД; $b_{\text{д}}$ – дійсне значення, якому відповідає результуюча густина потоку випромінення від ОД з врахуванням впливних факторів.

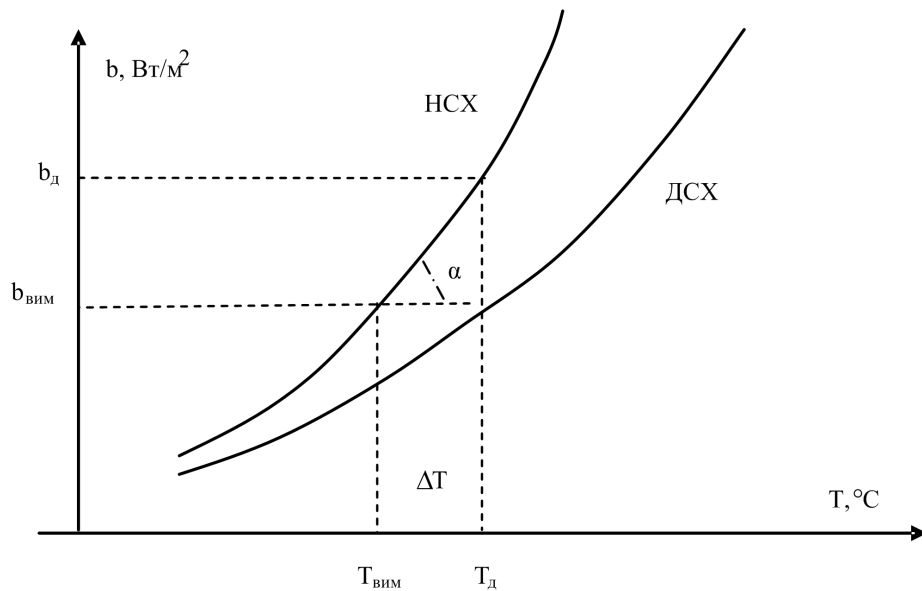


Рисунок 3 – Графічне визначення методичної похибки вимірювання температури за випроміненням

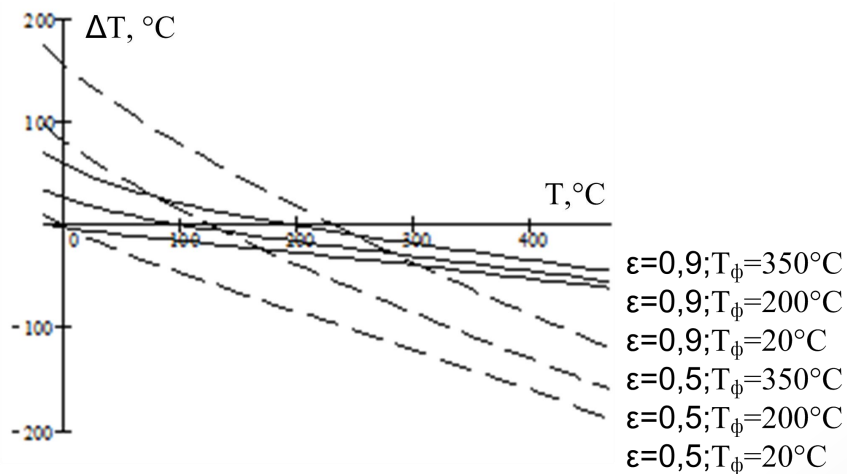


Рисунок 4 – Сумарна методична похибка вимірювання температури за випроміненням, $\tau_c = 0,9$

Згідно НСХ дійсному значенню температури T_d має відповідати значення густини потоку випромінення b_d . Але оскільки пірометр сприймає потік випромінення, на який діють розглянуті впливні фактори, то дійсному значенню температури відповідатиме густина потоку випромінення $b_{\text{вим}}$ згідно ДСХ, який відрізняється від b_d на значення Δb ,

$$\Delta b = b_{\text{вим}} - b_d, \quad (3)$$

Δb – різниця між значенням густини потоку випромінення АЧТ при дійсній температурі ОД та густини потоку випромінення, що сприймається пірометром.

В свою чергу, потоку випромінення $b_{\text{вим}}$ згідно НСХ відповідає значення температури $T_{\text{вим}}$, яке відрізняється від виміряного значення температури на значення ΔT , яке і є похибкою вимірювання температури випромінювання:

$$\Delta T = T_{\text{вим}} - T_d, \quad (4)$$

де ΔT – різниця між виміряним пірометром та дійсним значенням температури випромінення.

Для оцінки залежності зміни аргументу ΔT від зміни значення функції Δb , розкладемо функціональну залежність закону Планка в ряд Тейлора:

$$b = b_0 + b'_0 \cdot \Delta T + \frac{b''_0 \cdot \Delta T^2}{2!} + \dots + \frac{b^{(n)}_0 \cdot \Delta T^n}{n!} + \dots \quad (5)$$

де b_0 – значення функції Планка в околі точки $T_{\text{вим}}$.

Оскільки нелінійність зміни крутизни НСХ не перевищує 20 %, наближено замінемо функцію b сумою трьох перших членів степеневого ряду:

$$b \cong b_0 + b'_0 \cdot \Delta T + \frac{b''_0 \cdot \Delta T^2}{2!} \quad (6)$$

Тоді зміна функції визначається як:

$$\Delta b = b - b_0 = b'_0 \cdot \Delta T + \frac{b''_0 \cdot \Delta T^2}{2!} \quad (7)$$

Значення абсолютної похибки по температурі ΔT визначається як корінь квадратного рівняння:

$$\Delta T = \frac{-b'_0 + \sqrt{(b'_0)^2 - 4 \cdot (-\Delta b) \cdot b''_0}}{2 \cdot b''_0} \quad (8)$$

Значення другого кореня квадратного рівняння не відповідає змісту фізичного процесу. Абсолютна похибка вимірювання температури визначена згідно формули (8) та представлена на рисунку 4.

Залежність методичної похибки вимірювання температури за випроміненням від значення температури та коефіцієнта випромінення ОД

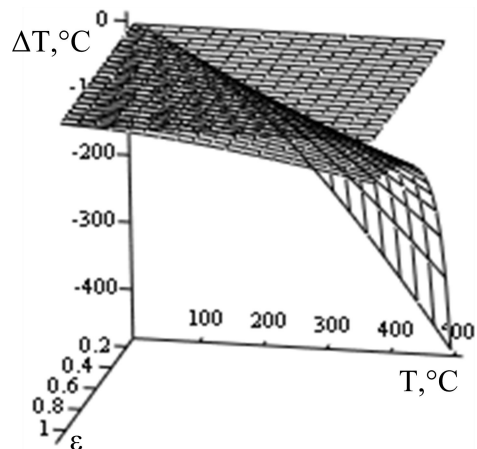


Рисунок 5 – При $T_\phi = 20$ °C

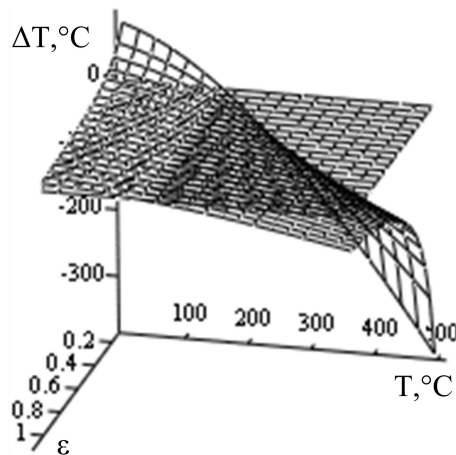


Рисунок 6 – При $T_\phi = 200$ °C

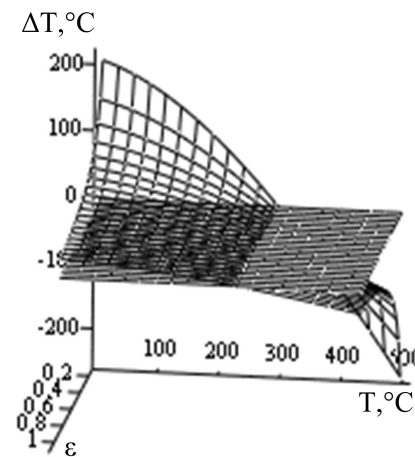


Рисунок 7 – При $T_\phi = 350$ °C

Отже, на основі проведених розрахунків та побудованих графічних залежностей, досліджено вплив коефіцієнта випромінення, відбитого фонового випромінення та пропускання проміжного середовища на методичну похибку вимірювання температури за випроміненням.

ВИСНОВКИ

1. Проведено огляд існуючих засобів та методів вимірювання температури, наведено переваги та недоліки контактних і безконтактних методів вимірювання температури.

2. Проведено аналіз основних характеристик напрямів пірометрії та методів вимірювання температури поверхні об'єктів обертання.

3. Проаналізовано доцільність використання пірометрів для вимірювання температури поверхні об'єктів обертання.

4. Розраховані залежності методичної похибки вимірювання температури за випроміненням показали, що при наближенні температури фону до температури об'єкта дослідження значення методичної похибки зменшується і в окремих випадках може наближатися до нуля.

5. Розроблено математичну модель вихідного сигналу сканувального пірометра, яка описує вихідний сигнал пірометричного перетворювача, пропорційний температурі ділянки досліджуваного об'єкта, в залежності від кута візування та координат місце знаходження на поверхні об'єкта обертання.

**ДЯКУЮ ЗА
УВАГУ**