

Наталія Гоц, Геннадій Петриченко, Юлія Дзіковська (Україна, Львів, Харків)

ЗАСТОСУВАННЯ ДОДАТКОВОГО КАЛІБРУВАННЯ В РОБОЧИХ УМОВАХ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ МЕТОДИЧНОЇ ПОХИБКИ ВИМІРЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРИ ЗА ВИПРОМІНЕННЯМ

Калібрування термометрів випромінювання (ТМВ) та інфрачервоних камер в калібрувальних лабораторіях проводиться в нормальних умовах, за яких дія впливних факторів є чітко окреслена нормативними документами [1,2]. Але в робочих умовах виробництва значення коефіцієнта випромінювання об'єкта, фонового випромінювання та пропускання проміжного середовища значно впливатимуть на точність вимірювання температури за випромінюванням, та у десятки разів можуть збільшити похибку вимірювання. У міжнародних стандартах ISO 10012, ISO 17025, а також у стандартах, що стосуються термометрії, таких як стандарт міжнародного товариства SAE AMS (зокрема вимоги до аерокосмічних матеріалів) 2750D «Пірометрія» і посібник із використання термопар MNL-12 американського суспільства по випробуванню матеріалів, є рекомендації, що пропонують проводити калібрування засобів вимірювань безпосередньо на об'єкті за тих самих умов, у яких він використовується. Тому застосування додаткового калібрування в робочих умовах є **актуальним**, оскільки це найнадійніший спосіб підвищення точності вимірювань та контролю температури за випромінюванням в робочих умовах.

Постановка задачі. Доцільним є розроблення методик додаткового калібрування різних видів термометрів випромінюванням в робочих умовах з наступним введенням поправок до калібрувальної функції термометра випромінюванням.

Для **розв'язання задачі** проведено аналіз дії впливних факторів на вихідний сигнал термометра випромінювання [2], модель вихідного сигналу має вид:

$$S(\lambda, T) = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} K \cdot R(\lambda, T) \cdot \tau_{\text{ПС}}(\lambda, T) \left[\varepsilon(\lambda, T) \cdot C_1 \lambda^{-5} (e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1)^{-1} + (1 - \varepsilon(\lambda, T)) \Phi(\lambda, T_{\text{ФВ}}) \right] d\lambda, \quad (1)$$

де K – коефіцієнт перетворення, $R(\lambda, T)$ – спектральна чутливість оптично-приймальної системи тепловізора в спектральній смузі $\lambda_1 \div \lambda_2$; $\tau_{\text{ПС}}(\lambda, T)$ – коефіцієнт пропускання проміжного середовища; $\varepsilon(\lambda, T)$ – коефіцієнт випромінювання поверхні об'єкта вимірювання; $\Phi(\lambda, T_{\text{ФВ}})$ – потік фонового випромінювання оточуючих об'єктів та Сонця; $\lambda_1 \div \lambda_2$ – робоча спектральна смуга оптично-приймальної системи тепловізора; C_1 та C_2 – сталі.

Запропоновано методику калібрування ТВ в робочих умовах на місці експлуатації, а саме для одноканального ТМВ та для ТМВ спектрального відношення, яка полягає у такому: калібрування ТМВ в калібрувальній лабораторії в нормальних умовах та визначення його калібрувальної функції; визначення функції перетворення ТМВ у робочих умовах виробництва багатоточковим методом; визначення відхилень значень температури, визначених за функцією калібрування, встановленою в нормальних умовах, та визначеною за реальною температурною залежністю в робочих умовах виробництва; визначення значень поправок в декількох фіксованих точках температури; визначення температурної залежності поправок для калібрувальної кривої відповідно до умов виробництва; введення поправок до значень температури, визначеної відкаліброваним термометром випромінювання, отриманих у реальних умовах виробництва.

Таблиця 2 – Значення температури, виміряні відкаліброваним двоканалним ТМІЧВ, отримані в нормальних та в робочих умовах

Значення температури еталонного вимірювача, К	Значення температури в нормальних умовах, К	Значення температури в робочих умовах, К	Абсолютна похибка визначення температури в робочих умовах, К	Відносна похибка визначення температури в робочих умовах, %
700	699,799	787,762	87,762	12,537
750	748,989	807,625	57,625	6,683
800	798,888	831,333	31,333	3,917
850	849,141	858,511	8,511	1,001
900	899,688	887,417	-12,583	-1,398
950	950,154	917,608	-32,392	-3,410
1000	1001,00	948,365	-51,635	-5,164

Температурна залежність відносної похибки значень температури виміряної в робочих умовах виробництва має вигляд : $\delta T(T) = 7 \cdot 10^{-5} \cdot T^2 + 0,1679 \cdot T + 96,681$ та подана на рисунку 1.

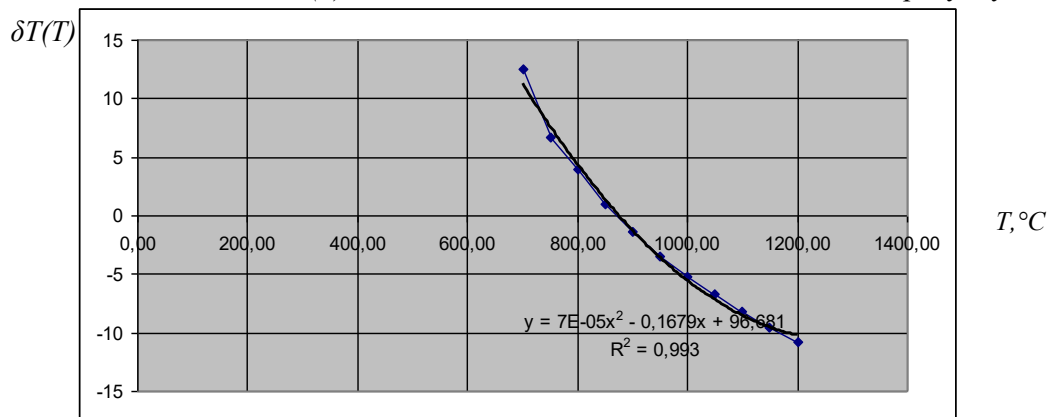


Рисунок 1 – Температурна залежність відносних похибок визначення температури виміряних в робочих умовах виробництва двоканалним ТМВ

Згідно запропонованої методики визначено температурну залежність поправок до значень температури виміряних в робочих умовах виробництва та побудовано її графік:

$$P(T) = -0,0014 \cdot T_{PV}^2 - 3,2156 \cdot T_{PV} - 1771.$$

Графік температурної залежності поправок до значень температури виміряної в умовах виробництва подано на рисунку 2.

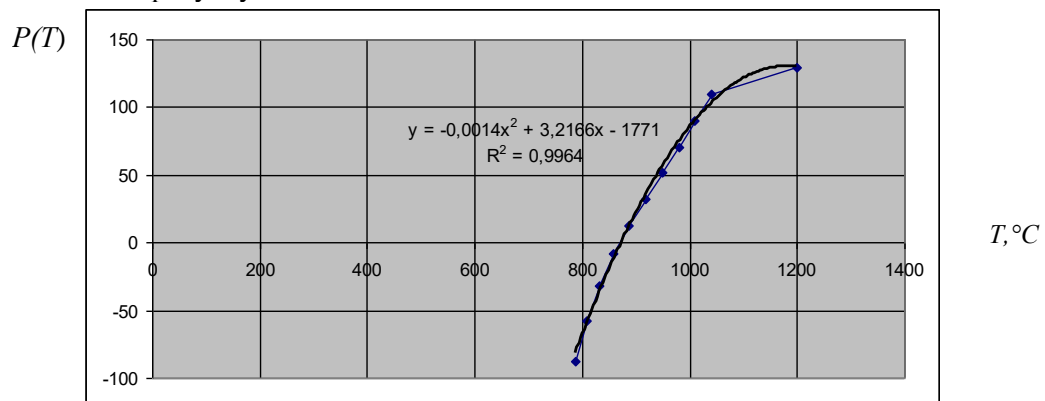


Рисунок 2 – Температурна залежність поправок до значень температури виміряної в робочих умовах виробництва двоканалним ТМВ

Висновки. Отже, запропонована методика введення поправок дозволяє зменшити дію впливних факторів на результати вимірювання температури за випроміненням і підвищити точність вимірювання температури в умовах виробництва до 10 разів.

Література

1. ДСТУ ГОСТ 8.395:2008 ДСВ. Нормальні умови вимірювань при повірці. Загальні вимоги.
2. ДСТУ ISO/IEC 17025:2006 Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій. – Введ. 2006-12-27. – Київ: Держспоживстандарт України, 2007. – 32 с.
3. Гоц Н.Є., Дзіковська Ю.М. Дослідження особливостей застосування тепловізорів у промислових умовах / Н.Є. Гоц, Ю.М. Дзіковська // Український метрологічний журнал. – 2015. – № 1. – С. 26-31.