

<https://doi.org/10.31891/2219-9365-2026-85-12>

УДК 621.317.39

МОЧУРАД Олексій

Національний університет «Львівська політехніка»  
<https://orcid.org/0009-0009-4891-8084>

ГОЦ Наталія

Національний університет «Львівська політехніка»  
<https://orcid.org/0000-0003-2666-2187>

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВИПРОМІНЮВАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОВЕРХНІ ОБ'ЄКТІВ В УМОВАХ ФОНОВОГО ВИПРОМІНЕННЯ

У статті проводиться дослідження випромінювальних властивостей поверхні об'єктів в умовах фонового випромінення. Проведено попередній аналіз наукових джерел, описано джерела фонового випромінення, проведено та описано експериментальні дослідження за різних умов навколишнього середовища для оцінки впливу фонового випромінення при вимірюваннях температури за інфрачервоним випроміненням.

Метою дослідження є розглянути істотність впливу фонового випромінення на вимірювання температури за інфрачервоним випроміненням.

Для вирішення даної мети у статті відображено проведення серії експериментальних досліджень за допомогою тепловізора UNI-T UT1260B, з відображенням отриманих результатів вимірювання. Під час дослідження основний акцент було зроблено на аналізі впливу фонового випромінення. Експериментальні вимірювання здійснювалися за різних зовнішніх умов, щоб зафіксувати, як саме змінюється вплив фонового випромінення залежно від середовища. Розглянуто, як зміна робочого простору відповідно може змінювати інтенсивність фонового випромінення при вимірюваннях температури за інфрачервоним випроміненням, та впливати на отриманий результат вимірювання.

Результати можуть бути використані для аналізу впливу фонового випромінення при вимірюваннях температури за інфрачервоним випроміненням, врахування особливостей середовища проведення вимірювань, та внесення поправок на отриманий результат вимірювання.

Практичне значення отриманих даних полягає у можливості впровадження нових рішень для енергозбереження, підвищення безпеки об'єктів та поліпшення технологічних процесів, пов'язаних із вимірюванням температури за інфрачервоним випроміненням.

Ключові слова: метрологія, інфрачервоні вимірювання температури, безконтактний метод, коефіцієнт випромінення, інфрачервоні термометр, пірометр інфрачервоного вимірювання, навколишнє випромінювання об'єктів.

MOCHURAD Oleksiy, HOTS Natalia  
Lviv Polytechnic National University

## STUDY OF THE EMISSIVE CHARACTERISTICS OF OBJECT SURFACES IN THE PRESENCE OF BACKGROUND RADIATION

This paper investigates the emissive properties of object surfaces under conditions of background radiation. A preliminary review of scientific sources is carried out, the main sources of background radiation are identified, and experimental studies are performed and described under various environmental conditions to assess the influence of background radiation on infrared temperature measurements.

The aim of the study is to evaluate the significance of the influence of background radiation on temperature measurements based on infrared radiation.

To achieve this objective, a series of experimental investigations was conducted using a UNI-T UT1260B thermal imager, with analysis of the thermal images obtained from the camera sensor as well as corresponding digital images. During the study, particular emphasis was placed on analyzing the effect of background radiation. Experimental measurements were performed under different external conditions in order to determine how the influence of background radiation varies depending on the surrounding environment. The study also examines how changes in the measurement environment can alter the intensity of background radiation during infrared temperature measurements and, consequently, affect the measured temperature values.

The obtained results can be used to analyze the influence of background radiation in infrared temperature measurements, to account for environmental conditions during measurements, and to apply appropriate corrections to the measurement results.

The practical significance of the obtained data lies in the possibility of implementing new solutions for energy saving, improving the safety of facilities, and enhancing technological processes related to infrared temperature measurement.

Keywords: metrology, infrared temperature measurements, non-contact method, emissivity coefficient, infrared thermometer, infrared radiation pyrometer, ambient emission of objects.

Стаття надійшла до редакції / Received 11.01.2026

Прийнята до друку / Accepted 10.02.2026

Опубліковано / Published 05.03.2026



This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

© Мочурад Олексій, Гоц Наталія

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

Технологія інфрачервоного вимірювання температури зі інфрачервоним випроміненням поверхні перебуває у постійному розвитку. Промисловість, медицина постійно відчують потребу у безконтактних

вимірюваннях температури, екстремальна низьких або високих температур, збільшення точності вимірювань, і відповідно покращення технологічних процесів та якості продукції або надання послуг. Водночас з'являються нові матеріали з різноманітним покриттям поверхні які при різних умовах вимірювання можуть давати різні результати вимірювання. Важливою складовою методичної похибки для вимірювання температури за інфрачервоним випроміненням є вплив фонового випромінення, яке утворюється об'єктами розміщеними навколо вимірювальною поверхні. В результаті інфрачервоне випромінення багатократно відбивається від навколишніх об'єктів, потрапляє на вимірювальну поверхню, і під час вимірювання паралельно потрапляє в об'єктив тепловізора. Отже метою статті є за допомогою серії експериментів дослідити вплив фонового випромінення на виміряне значення температури за інфрачервоним випроміненням.

Основна метою вимірювання температури за інфрачервоним випроміненням полягає у розширенні можливостей спостереження та контролю температури в умовах недостатньої видимості, що забезпечує вагомі переваги для різних сфер людської діяльності. Від моменту свого виникнення безконтактні методи вимірювання температури поступово знаходили застосування у промисловості та медицині. Незважаючи на тривалий період розвитку, який триває вже понад 80 років, ця технологія продовжує активно удосконалюватися. Науковці та практики неспинно досліджують і вдосконалюють тепловізори інфрачервоного випромінення, покращують їх характеристики та впроваджують нові функції.

Термографічна система (тепловізор) — вимірювальна система, що реєструє інфрачервоне випромінювання об'єкта та перетворює його у теплове зображення з метою визначення температури поверхні або її розподілу [1].

В наш час існує багато різних модифікацій тепловізійних камер. Вони можуть бути ручними, автоматичними, поєднувати свою роботу зі штучним інтелектом та обробляти отриману інформацію. Можуть по різному відображати різниці температур, можуть мати різну дальність і точність вимірювань. Науковці дуже багато вивчали тему виявлення об'єкту в об'єктиві інфрачервоної камери. Важливим залишається необхідність враховувати вплив фонового випромінення, і наскільки відбиття фону може вплинути на кінцевий результат вимірювання температури [2].

Принцип роботи тепловізора базується на детектуванні інфрачервоного випромінювання, у діапазоні довжин хвиль:

- від 8 мкм. до 14 мкм. промислові тепловізори,
- від 3 мкм. До 5 мкм. – військові тепловізори, для високих температур >1000 °C

Спеціальний приймач, матриця з термочутливих елементів, сприймає це випромінювання і перетворює його на електричний сигнал. Потім цей сигнал обробляється мікропроцесором, і на екрані формується термограма — зображення, де кожен колір відповідає певному діапазону температур.

Для підвищення точності вимірювань необхідно враховувати такі фактори, як:

- коефіцієнт випромінення –  $\epsilon$ ;
- вплив проміжного середовища –  $\tau$ ;
- вплив фонового випромінення –  $\lambda_{\text{ф}}$ .

Нехтування даними факторами утворює методичну похибку вимірювання та суттєво впливає на результат вимірювання температури а інфрачервоним випроміненням. Тому перед початком роботи тепловізор налаштовують відповідно до умов вимірювання, враховуючи вище наведені фактори.

Тому метою даної статті, є необхідність провести аналіз і дослідити методом експерименту вплив фонового інфрачервоного випромінення на поверхню вимірювального об'єкту, для більш точного проведення дослідження у подальшому.

## ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

Метою наукової роботи є вивчення впливу фонового випромінення на вимірювання температури за інфрачервоним випроміненням.

- аналіз джерел фонового випромінення;
- формування математичної моделі впливу фонового випромінення на процес вимірювання температури за інфрачервоним випроміненням;
- проведення експериментальних досліджень за різних умов навколишнього середовища, та властивостей об'єктів.

## ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

### Аналіз джерел фонового випромінення

Інфрачервоне випромінення яке реєструє тепловізор ніколи не формується виключно випроміненням яке іде від вимірювальної поверхні об'єкта. Реальний вимірюваний потік інфрачервоного випромінення є сумою кількох складових, серед яких суттєве місце займає фонове випромінення.

Фонове випромінення в інфрачервоному діапазоні — це невід'ємна складова вимірювального сигналу, яка визначається тепловим станом навколишніх об'єктів, оптичними властивостями поверхонь і

умовами вимірювань, та має важливе значення для точності результату вимірювань. Включає власне теплове випромінювання, навколишніх поверхонь, атмосфери та елементів вимірювальної системи, яке частково відбивається або реєструється разом із випромінюванням об'єкта і може впливати на результат вимірювання, тим самим утворюючи методичну складову похибки.

Фонове випромінювання спричинене випромінюванням навколишнього середовища, яке утворюється джерелами наведеними у таблиці 1.

Таблиця 1.

Узагальнена таблиця джерел фонового випромінювання з типовими температурами

№	Джерело фонового випромінювання	Характер випромінювання	Типова температура, °С
1	Навколишні об'єкти, $T > T_{об}$	Власне теплове випромінювання	$20 \pm 1200$
2	Навколишні поверхні з $\epsilon < 1$	Відбите теплове випромінювання	$\approx$ температура середовища ( $20 \pm 100$ )
3	Атмосфера (повітря, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, пил, дим)	Власне та розсіяне випромінювання	$-20 \div 40$
4	Сонячне випромінювання (пряме або відбите)	Зовнішнє випромінювання	$\sim 5800$ (ефективна температура сонця)
5	Штучні джерела інфрачервоного випромінювання (лампи, нагрівачі)	Власне теплове випромінювання	1000...3000
6	Інфрачервоне випромінювання тепловізора	Власне тепло випромінювання	20...40



Рис. 1 Схематичне зображення процесу відбивання фонового випромінювання

На рисунку 1 зображено випромінювання кожного об'єкта між собою, відповідно активно впливає власним випромінюванням на вимірювальну поверхню, відповідно утворює методичну похибку результату вимірювання, саме фонове випромінювання. Методи зменшення впливу фонового випромінювання можуть бути наступними:

- оцінка впливу експериментально або розрахунково,
- введення поправки в налаштуваннях тепловізора,
- враховувати під час обробки результатів вимірювання та оцінювання невизначеності.

Фонове випромінювання суттєво впливає на точність вимірювання температури за інфрачервоним випромінюванням. Його ігнорування може призвести до суттєвих методичних похибок, тому під час проведення вимірювань необхідно оцінювати та враховувати вплив усіх можливих джерел фонового випромінювання, а також застосовувати відповідні методи поправки для забезпечення достовірності результатів.

Отже фонове інфрачервоне випромінювання є невід'ємною складовою при вимірюваннях температури за інфрачервоним випромінюванням. Воно залежить від впливу фонового випромінювання, яке формується на основі складових навколо об'єкта вимірювання. Значний внесок фонового випромінювання особливо спостерігається при вимірюваннях об'єктів із низькою випромінювальною здатністю та у складних геометричних умовах, де багатократні відбивання ускладнюють отримання коректних результатів вимірювання. Основні джерела фонового випромінювання охоплюють навколишні предмети, атмосферу, сонячне і штучне освітлення, а також власне випромінювання тепловізора.

#### Формування математичної моделі впливу фонового випромінювання на процес вимірювання температури за інфрачервоним випромінюванням

Оскільки у непрозорих об'єктів коефіцієнт пропускання дорівнює нулеві, відповідно фонове випромінювання діє лише на верхній шар поверхні вимірюваного об'єкта, що відповідно не спотворює його внутрішню температуру, але впливає на результат вимірювання температури за інфрачервоним випромінюванням. Це в свою чергу викликає складову методичної похибки.

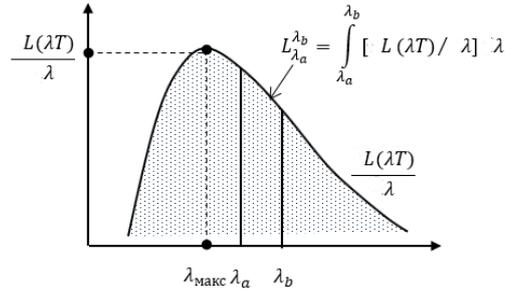


Рис.2 Інтенсивність потоку випромінювання поверхні абсолютно чорного тіла [3]

Враховуючи що активним використанням є довжина хвилі  $8 \div 14$ , відповідно формула виглядатиме:

$$L_8^{14} = \int_8^{14} [L(\lambda T)/\lambda] \lambda \quad (1)$$

При наявності стороннього джерела фонового випромінювання, потік випромінювання буде виглядати як:

$$L_{\text{еф}} = L_{\text{ов}} + L_{\text{фв}} = L_{\text{ов}} + L_{\text{сд}} + L_{\text{од}} + L_{\text{ос}} \quad (2)$$

де  $L_{\text{од}}$  - інтенсивність потоку власного випромінювання об'єкта;

$L_{\text{фв}}$  - інтенсивність потоку фонового випромінювання;

$L_{\text{сд}}$  - інтенсивність потоку випромінювання джерел фонового випромінювання багатократних відбивань;

$L_{\text{ов}}$  - інтенсивність потоку власного випромінювання багатократних відбивань об'єкту дослідження;

$L_{\text{ос}}$  - інтенсивність випромінювання навколишнього середовища [4].

Оскільки вплив багатократних відбивань, варто враховувати як коефіцієнт впливу на результат вимірювання температури за інфрачервоним випромінюванням -  $l_{\text{фон}}$ , як значення межі до якої прямує сума добутків коефіцієнтів фонового відбивання об'єкту дослідження та об'єктів фону, при врахуванні багатократного взаємного відбивання випромінювання. Він визначається за формулою:

$$l_{\text{фон}} \lim_{n \rightarrow \infty} (1 + \sum_{n=1}^{\infty} (1 - \varepsilon_{\text{ф}})^n (1 - \varepsilon)^n) = \frac{1}{1 - (1 - \varepsilon_{\text{ф}})(1 - \varepsilon)} \quad (3)$$

де  $\varepsilon_{\text{ф}}$  - значення коефіцієнта випромінювання об'єкта фону.

Відповідно:

$$l_{\text{фон}} = \frac{1}{1 - (1 - \varepsilon_{\text{ф}})(1 - \varepsilon)} \quad (4)$$

Потужність цього множника буде визначати вплив багатократних відбивань на ефективний потік випромінювання, який сприймається тепловізором.

Коефіцієнт багатократного відбивання показує вплив багатократного відбивання на ефективний потік випромінювання від об'єкта при наявності фонового випромінювання. При відсутності багатократних відбивань він дорівнюватиме  $l_{\text{фон}} = 1$ .

Інтенсивність потоку випромінювання абсолютно чорного тіла в інтервалі довжин хвиль

$\lambda_a - \lambda_b$ , можна отримати інтегруючи рівняння Планка по  $\lambda$  в даних межах:

$$L_{\lambda_a}^{\lambda_b} = \int_{\lambda_a}^{\lambda_b} [L(\lambda T)/\lambda] \lambda \quad (5)$$

Відповідно температурні залежності ефективного потоку випромінювання при різних значеннях коефіцієнта випромінювання поверхні досліджуваного об'єкта.

$$l_{\text{еф}}(T, \varepsilon, T_a) = \varepsilon \cdot l_0 + (1 - \varepsilon) \cdot l_{\text{ф}} \cdot \varepsilon_{\text{ефк}} = \varepsilon \cdot \int_8^{14} C_1 \cdot n^{-2} \cdot \lambda^{-5} \cdot \left( e^{\frac{c_2}{n\lambda T}} - 1 \right)^{-1} d\lambda + \varepsilon_{\text{ефк}} \cdot (1 - \varepsilon) \cdot \int_8^{14} C_1 \cdot n^{-2} \cdot \lambda^{-5} \cdot \left( e^{\frac{c_2}{n\lambda T}} - 1 \right)^{-1} d\lambda \quad (6)$$

При врахуванні коефіцієнту впливу фонового випромінювання, в діапазоні довжин хвиль  $8 \div 14$ , за умови впливу інтенсивного фонового випромінювання при різних значеннях температури навколишніх об'єктів

інтенсивність потоку буде змінюватись. Відповідно чим більша температура навколишніх об'єктів, зростає інтенсивність фонового випромінення, що робить його невід'ємною складовою методичної похибки результату вимірювання температури за інфрачервоним випроміненням [5].

### Проведення експериментальних досліджень за різних значень інтенсивності фонового випромінення.

Метою проведення експериментів є дослідити вплив фонового випромінення різної інтенсивності на вимірювання температури за інфрачервоним випроміненням об'єктів з різним значенням температури поверхні.

Фонове випромінення залежить від об'єктів навколишнього середовища, тому з метою дослідження його впливу, експериментальні дослідження проводились в умовах світлої та темної пори доби, у середині приміщення і на зовні, для збору більш детальної інформації.

Для проведення експериментів були обрані наступні засоби вимірювальної техніки (ЗВТ).

Таблиця 1

Засоби вимірювальної техніки для проведення експерименту

Назва, тип	Характеристики
<p>Інфрачервоний тепловізор UNI-T UTi260B</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>діапазоном вимірювання температури – <math>-15^{\circ}\text{C} \div 550^{\circ}\text{C}</math>,</li> <li>інструментальна похибка – <math>\pm 2^{\circ}\text{C}</math> або 2% (більше з двох)</li> <li>температурна чутливість - <math>0,06^{\circ}\text{C}</math></li> <li>діапазон регулювання коефіцієнту випромінення – <math>0,1 \div 1,0</math></li> <li>довжина хвилі – <math>8 \div 14</math> мкм.</li> <li>частота оновлення, Гц. до 25</li> </ul>
<p>Термометр цифровий контактний ТТ-Ц016, у комплекті з термопарою Т912, для контактного вимірювання температури плоских, гладких металевих поверхонь.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>діапазон вимірювання термопарі Т912 – <math>-50^{\circ}\text{C} \div 500^{\circ}\text{C}</math></li> <li>похибка термометра складає <math>\pm 4</math> при <math>t &lt; 300^{\circ}\text{C}</math>. <math>\pm [4 + 0.01(t - 300)]</math> при <math>t &gt; 300^{\circ}\text{C}</math></li> </ul>
<p>Термогігрометр цифровий Testo 608-H1 Для моніторингу умов навколишнього середовища вимірювання</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>діапазон вимірювання температури навколишнього середовища – <math>0^{\circ}\text{C} \div 50^{\circ}\text{C}</math>, <math>\Delta = \pm 0,5^{\circ}\text{C}</math>;</li> <li>діапазон вимірювання відносної вологості повітря – <math>10\% \text{ BB} \div 95\% \text{ BB}</math>, <math>\Delta = \pm 3\% \text{ BB}</math></li> </ul>

Поверхні матеріалів в залежності від їхніх випромінювальних властивостей можуть бути:

- Матеріали з високим коефіцієнтом випромінення (0,9–0,98): тканина, фарба, шкіра, ґрунт, бетон.
- Матеріали з низьким коефіцієнтом випромінення (0,02–0,3): поліровані метали, дзеркальні поверхні, деякі ізоляційні покриття.

Критерії відбору зразків для проведення експерименту були:

- чорні шорсткі матеріали, які можуть мати коефіцієнт пропускання наближений до одиниці як у максимально чорного тіла;
- прозорі поверхні, оргскло, поліпропілен;

- висока теплопровідність, з метою розсіювання переданого тепла від об'єкту до вимірювальної поверхні;
- зовнішні умови / взаємодія середовища, температура повітря, вологість, вітер, наявність джерел відбитого випромінювання (сонце, лампи), їх вплив на результат вимірювання.



Рис. 3 Текстильний матеріал (Г)

Таблиця 2

### Матеріали для проведення експериментів

Матеріал	Характеристика матеріалу
А	Поліпропіленова матова пластина матова, з анти відбивальним покриттям.
Б	Екструдований пінопласт товщиною 25 мм., з механічно створеними наскрізними отворами.
В	Екструдований пінопласт огорнений харчовою фольгою.
Г	Текстильний чорний матеріал з наскрізними отворами товщиною 4 мм., $\epsilon < 1$ .

З метою об'єктивної оцінки впливу фонового випромінювання на вимірювальну поверхню, дослідження проводились на відкритому просторі, при різних умовах навколишнього середовища, саме:

- літній сезон (липень), сонячна доба та ніч із безхмарним небом, як у світлу, так і в темну пору, що забезпечує неупереджене порівняння й аналіз впливу отриманих результатів. Навколишні умови були в межах:

- температура повітря –  $19 \div 25$  °C,
- відносна вологість повітря –  $50 \div 58$  %ВВ,
- атмосферний тиск –  $735 \div 740$  мм.рт.ст,

- зимовий період (грудень), похмурий день та ніч із суцільною хмарністю, висока вологість через помірні опади, значна кількість снігу, що випав раніше, дослідження проводились у світлу та темну пору доби. Навколишні умови були в межах:

- температура повітря –  $-1 \div 1$  °C,
- відносна вологість повітря –  $63 \div 95$  %ВВ,
- атмосферний тиск –  $725 \div 730$  мм.рт.ст,

Метою проведення експерименту в темну пору доби і різні пори року, було зафіксувати відмінності впливу фонового випромінювання. Ключовими відмінностями навколишнього середовища були:

- наявність і відсутність Сонячного випромінювання
- активне місячне випромінювання
- хмари;
- помірні дощові опади.

Виміри проводились без штативу, у ручному режимі вимірювання, з або без активного джерела тепла під ними. Тепловізійні зображення і звичайні знімки були зроблені з різних ракурсів, але цілком відтворюють місце і положення вимірювального об'єкта. В окремих випадках застосовувалось штучне джерело тепла, саме кузов автомобіля, який був в робочому режимі, відповідно нагрівався з середини і ззовні від активного сонячного випромінювання. Вимірювання проводились при зачиненому і відчиненому моторному відсіку, для створення більш яскраво вираженого фонового випромінювання та фіксації його впливу на вимірювальний об'єкт тепловізором. Температура нагрітого кузова авто при зачиненому моторному відсіку складала  $30 \div 35$  °C при відчиненому моторному відсіку  $50-60$  °C,  $\epsilon < 1$ .

Тепловізійне зображення текстильного матеріалу (Рисунок 3) в сонячну пору доби, літом, розміщене на кузові автомобіля розігрітого до робочої температури, відповідно температура зовнішніх елементів кузова в результаті нагріву з середини від роботи двигуна, та активного нагріву від сонячного випромінювання складала  $30 \div 35$  °C. Час перебування на кузові до моменту вимірювання 5 хв.

Тепловізійне зображення показало що, текстильний матеріал стрімко нагрівся від розігрітого металу, та активного сонячного випромінювання, що свідчить про активний вплив фонового випромінювання від Сонця. У зв'язку з цим тепловізор відображає активне інфрачервоне випромінювання.

Таблиця 3

Тепловізійне зображення зразку А, при різних умовах			
Поліпропіленова пластина			
Літо		Зима	
День	Ніч	День	Ніч (активним джерелом фону є сніг)

Результати вимірювань свідчать, що поліпропіленова пластина характеризується різкою температурною контрастністю під впливом активного сонячного випромінювання і в залежності від кута вимірювання, тепловізійне зображення буде відрізнятися. У літній період у денний час спостерігається підвищена температура поверхні зразка, що зумовлено прямим потраплянням сонячного випромінювання. У нічний час температурний контраст зменшується, а розподіл інфрачервоного випромінювання поверхні стає більш однорідним, що свідчить про вплив інфрачервоного випромінювання навколишнього середовища. Попри це, у нічний час активним стає випромінювання нагрітої від сонця протягом дня стіни.

Таблиця 4

Тепловізійне зображення зразку Б, при різних умовах			
Екструдований пінопласт			
Літо		Зима	
День	Ніч (нагрівання з низу)	День	Ніч (активним джерелом фону - сніг)

У зимовий період поліпропіленова пластина демонструє знижену абсолютну температуру поверхні по відношенню до навколишнього середовища, при цьому температурна різниця між зразком і фоном залишається незначною. Це вказує на істотність впливу інтенсивності фонового випромінювання на зразок.

Для екструдованого пінополістиролу зафіксовано більш виражену температурну неоднорідність та вищу теплову контрастність у порівнянні з поліпропіленом. У літній період у денний час спостерігається істотне підвищення випромінювання поверхні зразка, за рахунок активного впливу сонячного випромінювання, що помітно на інфрачервоному зображенні де потраплянні фонового випромінювання перешкоджає оператор.

У нічний час, особливо в літній період, екструдований пінополістирол практично не піддається впливу фонового випромінювання завдяки  $\varepsilon \approx 0,9$ . У зимових умовах температурний контраст зменшується, однак зразок залишається чітко ідентифікованим на тепловізійному зображенні, що підтверджує вплив фонового випромінювання на формування власного інфрачервоного випромінювання зразка.

Таблиця 5

**Тепловізійне зображення зразка В, при різних умовах**

Екструдований пінопласт огорнений харчовою фольгою			
літо		зима	
День	Ніч	День	Ніч

Наявність металізованого шару суттєво впливає на характер формування тепловізійного зображення, що зумовлено низьким коефіцієнтом випромінювання фольги та її високою відбивною здатністю в інфрачервоному діапазоні відповідно  $\varepsilon \approx 0,15$ . У літній період, денний час помітно значне зниження значень температури зразка, відповідно до налаштувань тепловізора з  $\varepsilon = 0,95$ . При цьому температурне поле поверхні зразка має нерівномірний характер, що обумовлено відбиттям інфрачервоного випромінювання від навколишніх об'єктів та Сонця. Фактично зафіксована температура не відповідає дійсній температурі поверхні зразка, а є результатом сумарного впливу власного та відбитого фонового випромінювання, і низького коефіцієнту випромінювання

У літній період, нічний час фольгований зразок зберігає підвищений температурний контраст відносно навколишнього середовища. Це пояснюється поєднанням теплоізоляційних властивостей пінополістиролу та відбивних властивостей фольги, що призводить до спотворення реального теплового стану поверхні об'єкта на тепловізійному зображенні.

У зимовий період, як у денний, так і в нічний час, спостерігається різке зниження абсолютних значень зафіксованої температури та суттєве зменшення теплового контрасту між зразком і фоном. Водночас зображення зразка залишається помітним унаслідок різниці у випромінювальних властивостей поверхонь і впливу відбитого інфрачервоного випромінювання від навколишніх об'єктів. Це підтверджує, що для металізованих поверхонь ключовим чинником формування тепловізійного сигналу є не власне теплове випромінювання, а відбиття фонового.

Аналіз тепловізійних зображень поліпропіленової пластини, екструдованого пінополістиролу та екструдованого пінополістиролу, огорненого харчовою фольгою, показав суттєву залежність отриманих результатів при різні інтенсивності фонового випромінювання

Поліпропіленова пластина характеризується відносно стабільним та помірним тепловим контрастом, що зумовлено її середнім коефіцієнтом випромінювання та обмеженою здатністю до накопичення тепла. Екструдований пінополістирол, навпаки, демонструє підвищену теплову інерційність і здатність формувати виражений температурний контраст, особливо в умовах інтенсивного сонячного випромінювання та у нічний період.

Найбільші спотворення результатів вимірювання зафіксовано для зразка з алюмінієвою фольгою. Використання харчової фольги призводить до зниження ефективного коефіцієнта випромінювання поверхні та різкого зростання впливу відбитого інфрачервоного випромінювання. У таких умовах тепловізор реєструє не реальну температуру об'єкта, а інтегральний результат взаємодії власного, відбитого та фонового теплового випромінювання.

Отже експериментальні дослідження підтверджують, що при вимірюваннях температури за інфрачервоним випромінюванням обов'язково варто враховувати вплив методичної похибки фонового випромінювання, саме:

- матеріал і стан поверхні вимірювального об'єкта;
- коефіцієнт випромінювання та відбивні властивості навколишніх об'єктів;
- сезонні та добові умови спостереження;
- інтенсивність фонового інфрачервоного випромінювання.

Зазначені фактори мають вирішальне значення для забезпечення метрологічної достовірності інфрачервоних вимірювань та формування коректних результатів вимірювання.

### **ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМІ**

Отже провівши аналіз джерел фонового випромінювання, формування математичної моделі впливу фонового випромінювання на процес вимірювання температури за інфрачервоним випромінюванням, та експериментальні дослідження за різних навколишніх умов.

У роботі експериментально досліджено особливості формування тепловізійних зображень зразків з різними теплофізичними та оптичними властивостями поверхні за різних сезонних і добових умов спостереження. Показано, що результати інфрачервоних вимірювань температури істотно залежать не лише від теплового стану об'єкта, а й від коефіцієнта випромінювання матеріалу та впливу фонового інфрачервоного випромінювання.

Показано, що вплив сезонних та добових факторів є найбільш вираженим у літній період, особливо за умов прямого сонячного опромінювання, тоді як у зимовий період тепловий контраст між об'єктом і фоном зменшується. Отримані результати підтверджують необхідність урахування властивостей поверхні та умов спостереження при інтерпретації тепловізійних даних і можуть бути використані для підвищення достовірності інфрачервоних вимірювань, а також для оцінювання теплової помітності та ефективності маскувальних покриттів.

Отже на основі вивченої інформації, проведенню експериментальних досліджень та аналізу отриманих результатів, можна дійти висновку що вплив фонового випромінювання на результат вимірювання температури за інфрачервоним випромінюванням буде відрізнятися в залежності від:

- Навколишні об'єкти ;
- Високотемпературні навколишні об'єкти;
- Навколишні поверхні з низьким коефіцієнтом випромінювання;
- Атмосфера (повітря, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, пил, дим);
- Сонячне випромінювання (пряме або відбите);
- Штучні джерела інфрачервоного випромінювання (лампи, нагрівачі);
- Інфрачервоне випромінювання тепловізора.

Врахування цих елементів забезпечує правильність результатів вимірювання, що впливає на якість виробу і задоволеність кінцевого споживача. Подальші дослідження кожного фактору допоможуть досягнути розуміння їхнього впливу на вимірювання інфрачервоного випромінювання та отримання коректних результатів.

Тому при проведенні температурних досліджень методом інфрачервоного випромінювання необхідно враховувати методичну похибку фонового випромінювання на процес вимірювання температури, в залежності від умов експлуатації та необхідної точності отриманих результатів вимірювання.

### **Література**

1. ДСТУ EN IEC 80601-2-59:2022 Вироби медичні електричні. Частина 2-59. Додаткові вимоги щодо базової безпеки та основних характеристик скринінгових термографів для скринінгу фебрильної температури людини (EN IEC 80601-2-59:2019, IDT; IEC 80601-2-59:2017, IDT)

2. «Вимірювання температури: теорія та практика», Бескид Бід, Львів 2006 р.
3. «Infrared Thermography» Ж. Госсорг. Chapman & Hall 1991 р.
4. «Термометрія за інфрачервоним випроміненням», Наталія Гоц, Леонід Назаренко, Микола Микійчук, Львів.
5. Моделювання впливу багаторазових відбиттів фонового випромінювання на результати термографії. Гоц Наталія; Пшиступа Кшиштоф; Міхалева Марина; Руслан Берестов.

#### **References**

1. DSTU EN IEC 80601-2-59:2022 Medical electrical equipment. Part 2-59. Particular requirements for the basic safety and essential performance of screening thermographs for human febrile temperature screening (EN IEC 80601-2-59:2019, IDT; IEC 80601-2-59:2017, IDT)
2. «Temperature Measurement: Theory and Practice» Beskid Bid, Lviv, 2006.
3. «Infrared Thermography» Jean Gossorg. Chapman & Hall 1991 р.
4. Infrared Radiation Thermometry, Nataliya Hots, Leonid Nazarenko, Mykola Mykyichuk, Lviv.
5. Simulation of the influence of multiple reflections of background radiation on the thermography results. Hots, Nataliya; Przystupa, Krzysztof; Mikhalewa, Maryna; Ruslan, Berestov.