

УДК 623.004.67

І.Ю. Мірошник, А.М. Науменко

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВИПРОМІНЮЮЧОЇ ЗДАТНОСТІ ОБ'ЄКТІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ІНФРАЧЕРВОНИХ ДАТЧИКІВ ТЕМПЕРАТУРИ

Розглядаються властивості різноманітних тіл та їх випромінююча здатність. Досліджуються умови застосування та перевірки інфрачервоних датчиків для безконтактного вимірювання температури об'єктів.

Ключові слова: *випромінююча здатність, довжина хвилі випромінювання, коефіцієнт випромінювання.*

Вступ

Постановка задачі. Теоретично, частотний діапазон теплових випромінювань є нескінченним.

Однак при детектуванні теплових випромінювань необхідно враховувати характеристики реальних датчиків, які здатні вимірювати тільки обмежений діапазон випромінювань.

У той же час довжина хвилі випромінюваного світла залежить від температури, амплітуди випромінювання, що залежить від випромінюючої здатності поверхні. Тому, врахування інтенсивності випромінюючої здатності об'єктів, що підлягають температурним вимірювань є досить актуальним питанням.

Аналіз літератури. В відомій літературі [1 – 3] визначаються теоретичні основи аналізу залежності між довжиною хвилі і температурою, а також залежність між щільністю потоку випромінювання довжиною хвилі і абсолютною температурою. Але в цих джерелах не розглянуті питання впливу інтенсивності випромінювання об'єктів на температурні вимірювання.

Метою статті є дослідження властивостей різноманітних тіл на їх випромінюючу здатність, що впливає на умови застосування та перевірки інфрачер-

воних датчиків для безконтактного вимірювання температури об'єктів.

Основний матеріал

Випромінююча здатність середовища є функцією її діелектричної проникності ϵ , отже, коефіцієнта заломлення. Максимальна випромінююча здатність дорівнює 1. Вона відповідає, так званому, чорному тілу – ідеальному джерелу електромагнітних випромінювань. Причиною такої назви є зовнішній вигляд об'єктів при нормальній кімнатній температурі.

Якщо тіло є непрозорим ($\gamma = 0$) і нічого не відображає ($\rho = 0$), то воно являє собою ідеальне джерело і поглинач електромагнітних випромінювань (оскільки $a = e$).

Однак слід зазначити, що випромінююча здатність об'єкта, як правило, залежить від довжини хвилі випромінювань (рис. 1).

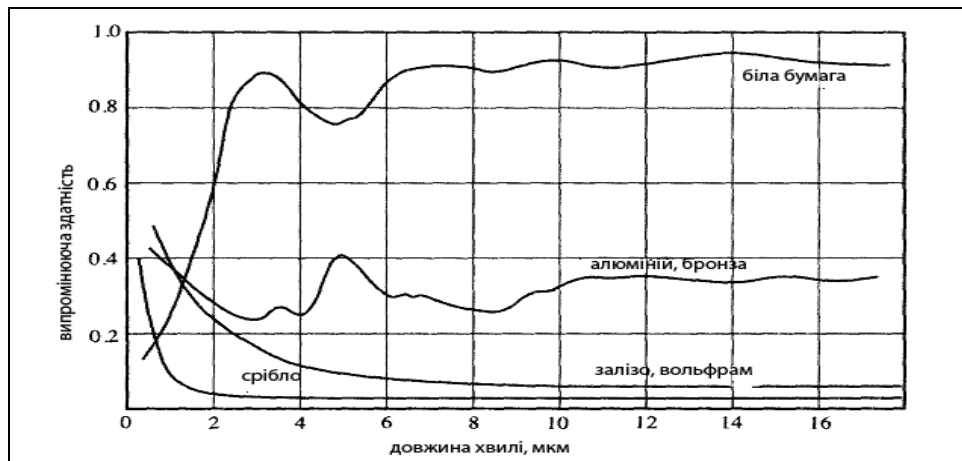


Рис. 1. Залежність випромінюючої здатності від довжини хвилі

Наприклад, білий листок паперу у видимому діапазоні спектру володіє дуже хорошою здатністю, що відображає і майже не випромінює видимого світла. Проте в далекому ІЧ діапазоні його відображаюча здатність значно зменшується, а випромінююча здатність навпаки зростає до 0,92, що робить білий папір хорошим джерелом ІЧ випромінювань. Поліетилен, широко використовуваний для виготовлення лінз далекого ІЧ діапазону, сильно поглинає (випромінює) хвилі дуже вузького діапазону: на околицях довжин хвилі, рівних 3,5; 6,8 і 13 мкм, а в інших областях спектру він є прозорим (невипромінюючим) матеріалом.

Часто випромінюючу здатність в порівняно вузькому спектральному діапазоні теплових випромінювань (наприклад, від 8 до 16 мкм) вважають постійною величиною. Однак для прецизійних вимірювань, коли теплове випромінювання необхідно визначати з точністю краще 1%, що випромінює здатність поверхні повинна бути або заздалегідь відома, або треба використовувати двохдіапазонний ІЧ детектор. Цей детектор проводить вимірювання пото-

ку ІЧ випромінювань у двох вузьких спектральних діапазонах. Далі по відношенню двох сигналів визначають температуру об'єкта. У процесі обчислень коефіцієнт випромінювання та інші мультиплікативні складові скорочуються. Для неполяризованого світла далекого ІЧ діапазону, спрямованого перпендикулярно поверхні, можна записати наступний вираз для коефіцієнта випромінювання:

$$\epsilon = 4n / (n + 1)^2. \quad (1)$$

Всі неметалеві матеріали є дуже хорошими джерелами дифузійного теплового випромінювання, що володіють практично постійною випромінюючою здатністю в межах тілесного кута $\pm 70^\circ$, визначається рівнянням (1). За межами цього кута аж до 90° коефіцієнт випромінювання стрімко падає. В околиці 90° він дорівнює практично нулю. На рис. 2, а показана типова для неметалічних матеріалів діаграма спрямованості випромінювань у повітрі. Слід підкреслити, що все сказане вище справедливо тільки для довжин хвилі далекого ІЧ діапазону спектра, і зовсім несправедливо для хвиль видимого світла.

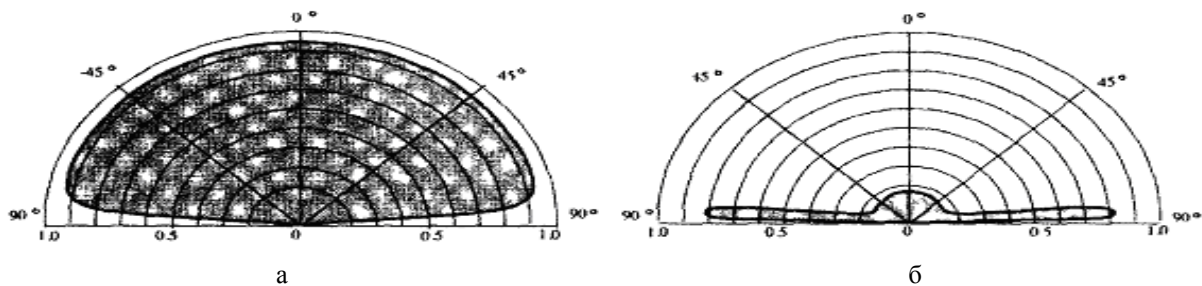


Рис. 2. Діаграми спрямованості випромінювань: а – для неметалічних матеріалів; б – полірованих металів

Метали поведуться зовсім по-іншому. Їх випромінююча здатність сильно залежить від способу обробки поверхні. Як правило, добре відшліфовані метали погано випромінюють в межах тілесного кута $\pm 70^\circ$, а при великих кутах їх випромінююча здатність значно зростає (рис. 2, б). Це означає, що навіть дуже хороші дзеркала погано відбивають при кутах в околиці 90° від нормалі.

На відміну від більшості твердих тіл газу в багатьох випадках є прозорими для теплового випромінювання. Вони поглинають і випускають випромінювання лише певного вузького спектрального діапазону. Деякі газу, такі як O_2 , N_2 та інші, що складаються з симетричних неполярних молекулярних структур, пропускають електромагнітні хвилі тільки при низьких температурах, тоді як CO_2 , H_2O й вуглеводневі газу випромінюють і поглинають хвилі в більш широкому діапазоні. При попаданні ІЧ світла в шар газу його поглинаюча здатність падає по експоненті, підкоряючись закону Ламберта-Бера:

$$\Phi_x / \Phi_0 = e^{-\alpha_\lambda x}, \quad (2)$$

де Φ_0 – падаючий тепловий потік; Φ_x – потік на глибині x ; α_λ – спектральний коефіцієнт поглинання.

Це ставлення також називається монохроматичним коефіцієнтом пропускання (проникністю) γ_λ певної довжини хвилі λ . Якщо відображаюча здатність газу дорівнює нулю, його коефіцієнт випромінювання визначається у вигляді:

$$\varepsilon_\lambda = 1 - \gamma_\lambda = 1 - e^{-\alpha_\lambda x}. \quad (3)$$

Слід підкреслити, що оскільки газу поглинають випромінювання тільки у вузькому спектральному діапазоні, коефіцієнти випромінювання та пропускання відповідають конкретним довжинам хвиль. Наприклад, водяна пара має високий коефіцієнт поглинання на довжинах хвиль 1,4; 1,8 та 2,7 мкм і є практично прозорим на довжинах хвиль 1,6; 2,2 та 4 мкм.

При використанні ІЧ-датчиків для безконтактного вимірювання температури необхідно знати випромінюючу здатність об'єкта.

Для калібрування безконтактного термометра або для перевірки його точності необхідно використовувати лабораторні еталонні джерела тепла. Для таких джерел потрібно знати їх випромінюючу здатність, а також бажано, щоб їх коефіцієнт випромінювання був близький до одиниці. Недотримання цієї умови призводить до великого відбивання сигналу, що може значно збільшити похибку детектування потоку ІЧ випромінювань. Але, на жаль, не існує такого матеріалу, коефіцієнт випромінювання якого був би рівний 1. Поверхня, що моделює абсолютно чорне тіло, можна отримати використовуючи резонатори.

Висновки

1. При використанні ІЧ-датчиків для безконтактного вимірювання температури необхідно знати випромінюючу здатність об'єкта. Випромінююча здатність середовища є функцією її діелектричної проникності і, отже, коефіцієнта заломлення.

2. Для калібрування безконтактних термометрів або для перевірки їх точності необхідно використовувати лабораторні еталонні джерела тепла. Для таких джерел потрібно знати їх випромінюючу здатність, а також бажано, щоб їх коефіцієнт випромінювання був близький до одиниці.

Список літератури

1. Бакланов І.Г. *Технологии измерений в современных телекоммуникациях* / И.Г. Бакланов. – М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 2006. – 652 с.
2. Бакланов І.Г., Батулин Г.И. *Комплексные измерения на сетях ЦСИС* / И.Г. Бакланов, Г.И. Батулин // *Вестник связи*. – 2006. – № 5. – 596 с.
3. Бакланов І.Г. *Измерения на сетях ISDN* / И.Г. Бакланов // *Телевестник*. – 1997. – № 2. – 475 с.

Надійшла до редколегії 15.02.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Б. Кононов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИЗЛУЧАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ОБЪЕКТОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИНФРАКРАСНЫХ ДАТЧИКОВ ТЕМПЕРАТУРЫ

И.Ю. Мирошник, А.Н. Науменко

В статье рассматриваются свойства разнообразных тел и их излучающая способность. Исследуются условия применения и проверки инфракрасных датчиков для бесконтактного измерения температуры объектов.

Ключевые слова: излучающая способность, длина волны излучения, коэффициент излучения.

**RESEARCH OF INFLUENCE OF RADIATIVE ABILITY OF OBJECTS
AT THE USE OF TEMPERATURE INFRA-REDSSENSORS**

I.Y. Miroshnik, A.N. Naumenko

Properties of various bodies and their radiative ability are examined in the article. The terms of application and verification of infra-red sensors are probed for the without a contact measuring of temperature of objects.

Keywords: radiative ability, wave-length radiation, coefficient of radiation.