

УДК 697.1:621.178:697.34

DOI: 10.30838/UJCEA.2312.271224.84.1115

## ЕКСПРЕС-МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОЗАХИСТНОЇ ЗДАТНОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

БЕЛІКОВ А. С.<sup>1</sup>, *докт. техн. наук, проф.*,  
СОКОЛОВ І. А.<sup>2</sup>, *докт. техн. наук, проф.*,  
СТРЕЖЕКУРОВ Ю. Е.<sup>3\*</sup>, *асп.*,  
ТОДОРОВ О. П.<sup>4</sup>, *асп.*  
РАГІМОВ С. Ю.<sup>5</sup>, *канд. техн. наук, доц.*

<sup>1</sup> Кафедра охорони праці, цивільної та техногенної безпеки, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-73, e-mail: [belikov@pdaba.edu.ua](mailto:belikov@pdaba.edu.ua), ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

<sup>2</sup> Кафедра організації і управління будівництвом, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, e-mail: [sokolov.ihor@pdaba.edu.ua](mailto:sokolov.ihor@pdaba.edu.ua), ORCID ID: 0000-0001-8366-4301

<sup>3\*</sup> Кафедра охорони праці, цивільної та техногенної безпеки, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (097) 097-51-59, e-mail: [staty.mail.ua@gmail.com](mailto:staty.mail.ua@gmail.com), ORCID ID: 0009-0002-1791-395X

<sup>4</sup> Кафедра охорони праці, цивільної та техногенної безпеки, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (067) 523-22-55, e-mail: [5232255@gmail.com](mailto:5232255@gmail.com), ORCID ID: 0009-0003-2274-0560

<sup>5</sup> Кафедра організації і технічного забезпечення аварійно-рятувальних робіт, Національний університет цивільного захисту України, вул. Чернишевська, 94, 61023, Харків, Україна, тел. +38 (057) 370-50-52, e-mail: [sergragimov@ukr.net](mailto:sergragimov@ukr.net), ORCID ID: 0000-0003-0572-4465

**Анотація.** В даній статті зроблений аналіз по методам визначення теплозахисної здатності будівельних конструкцій. А також проведено дослідження по застосуванню експрес методу визначення теплозахисних властивостей матеріалів від променів інфрачервоного діапазону. Причому опираючись на закон Вина за допомогою контролю частоти інфрачервоного випромінення можна моделювати умови з різними температурами джерел. Це реалізовано за допомогою конструктивно нестандартних приладів та підходу до вирішення поставленої задачі у широкому діапазоні температур. **Мета статті** – Досягти результату завдяки використанню сучасних методик програмування алгоритму роботи датчика та приймача на високих частотах і конструювання приладу з використанням мікропроцесорного контролера. **Висновок.** 1. Методика обробки даних з датчиків та варіанти методів фіксації інформації у базах даних. Що дозволяє експрес-методом визначити фактичну ефективність енергозберігаючих матеріалів в будівництві і енергетиці та підвищити якість незалежного контролю за відповідним до нормативів станом захисного одягу та будівельних конструкцій. 2. На основі залежності основних оптичних і теплофізических характеристик, електропровідності від відбивної здатності поверхневого шару теплозахисних матеріалів розроблений і упродовжений прилад рефлектометр для експрес-аналізу цих характеристик. 3. Рефлектометр дозволяє визначати ефективність енергозберігаючих матеріалів на стадії їх експлуатації і проектування.

**Ключові слова:** теплозахисні матеріали; інфрачервоне випромінення; мікроклімат; енергозбереження; електронна база даних; мікроконтролер; канал Інтернет зв'язку; оптичний датчик; поляризація поверхні; залишкова придатність

## IMPROVEMENT OF THERMAL IMAGING CAMERA FOR ASSESSING HEAT FLOW IN WORKPLACES

BELIKOV A.S.<sup>1</sup>, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,  
SOKOLOV I.A.<sup>2</sup>, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,  
STREZHEKUROV Yu.E.<sup>3\*</sup>, *Postgrad. Stud.*,  
TODOROV O.P.<sup>4</sup>, *Postgrad. Stud.*,  
RAGIMOV S.Yu.<sup>5</sup>, *Ph.D. in Eng., Assoc. Prof.*

<sup>1</sup> Department of Labor Protection, Civil and Technogenic Safety, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-73, e-mail: [belikov@pdaba.edu.ua](mailto:belikov@pdaba.edu.ua), ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

<sup>2</sup> Department of Organization and Construction Management, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, e-mail: [sokolov.ihor@pdaba.edu.ua](mailto:sokolov.ihor@pdaba.edu.ua), ORCID ID: 0000-0001-8366-4301

<sup>3\*</sup> Department of Labor Protection, Civil and Technogenic Safety, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-73, e-mail: [staty\\_mail.ua@gmail.com](mailto:staty_mail.ua@gmail.com), ORCID ID: 0009-0002-1791-395X

<sup>4</sup> Department of Labor Protection, Civil and Technogenic Safety, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (067) 523-22-55, e-mail: [5232255@gmail.com](mailto:5232255@gmail.com), ORCID ID: 0009-0003-2274-0560

<sup>5</sup> Department of Organization and Technical Support of Emergency Rescue Operations, National University of Civil Protection of Ukraine, 94, Chernyshevska St., Kharkiv, 61023, Ukraine, tel. +38 (057) 370-50-52, e-mail: [sergragimov@ukr.net](mailto:sergragimov@ukr.net), ORCID ID: 0000-0003-0572-4465

**Abstract. Problem statement.** This article analyzes methods for determining the thermal insulation properties of building structures. The research also investigates the application of an express method for determining the thermal insulation properties of materials against infrared radiation. By relying on Wien's Law, through controlling the frequency of infrared radiation, conditions with different temperature sources can be modeled. By relying on Wien's Law, through controlling the frequency of infrared radiation, conditions with different temperature sources can be modeled. This is achieved using structurally non-standard devices and an approach to solving the problem across a wide range of temperatures. **The main objectives include** – Achieving the result through the use of modern programming techniques for algorithmizing the operation of the sensor and receiver at high frequencies, and designing the device using a microprocessor controller. Achieving the result through the use of modern programming techniques for algorithmizing the operation of the sensor and receiver at high frequencies, and designing the device using a microprocessor controller. **Conclusion.** 1. The methodology for processing data from sensors and options for methods of information fixation in databases. This allows for a rapid method to determine the actual efficiency of energy-saving materials in construction and energy, and to enhance the quality of independent control over the compliance of protective clothing and building structures with regulations. 2. Based on the relationship between the main optical and thermophysical characteristics, electrical conductivity from the reflective capacity of the surface layer of thermal insulation materials, a reflectometer device has been developed and implemented for express analysis of these characteristics. 3. The reflectometer allows for determining the efficiency of energy-saving materials during their operation and design stages. 4. Based on the relationship between the main optical and thermophysical characteristics, electrical conductivity from the reflective capacity of the surface layer of thermal insulation materials, a reflectometer device has been developed and implemented for express analysis of these characteristics.

**Keywords:** *thermal protection materials; infrared emitted; microclimate; energy saving; electronic database; microcontroller; Internet communication channel; optical sensor; surface polarization; residual fitness*

**Постановка проблеми.** В будівництві застосовуються різні будівельні матеріали та конструкції, які характеризуються різною теплопровідністю, коефіцієнтом поглинання та відображення інфрачервоних променів, під різним кутом до джерела випромінення теплової енергії. Що визначається структурною характеристикою та окремими властивостями компонентів, які застосовуються при виготовленні матеріалів і будівельних конструкцій.

Як показує практика оцінка властивостей матеріалів і будівельних конструкцій на сьогодні не в повному обсязі відповідає оперативності, що не дозволяє враховувати довідникові характеристики різних матеріалів.

Експрес-метод визначення теплозахисної здатності будівельних конструкцій є цінним інструментом для архітекторів, інженерів і будівельників для

оцінки теплових характеристик будівельних матеріалів і конструкцій. Цей метод дозволяє швидко і точно вимірювати термічний опір будівельних елементів, що важливо для проектування енергоефективних будівель.

Експрес-метод передбачає вимірювання різниці температур між елементом будівлі під час застосування відомого теплового потоку. Аналізуючи термічний опір елемента, можна визначити його теплозахисну здатність і здатність зменшувати теплообмін між внутрішнім і зовнішнім середовищем. Ця інформація має вирішальне значення для проектування комфортних, енергоефективних і екологічних будівель.

Крім того, експрес-метод корисний для визначення енергоефективності існуючих будівель та визначення територій, які потребують покращення. Оцінюючи теплові

характеристики будівельних елементів, таких як стіни, дахи та вікна, професіонали можуть рекомендувати відповідні рішення для модернізації для підвищення енергоефективності будівлі.

Таким чином, Експрес-метод є актуальним і цінним інструментом для визначення теплозахисної здатності будівельних конструкцій. Він надає точну та своєчасну інформацію, необхідну для проектування енергоефективних будівель і підвищення енергоефективності існуючих [1].

**Аналіз публікацій.** При вирішенні питання забезпечення мікроклімату і енергозбереження в приміщеннях за рахунок сучасних технологій, матеріалів та конструктивних особливостей будівель і споруд [3]. Існує широкий спектр вже існуючих засобів, матеріалів та методів теплозахисту і знов проєктованих, проте для даної мети далеко не всі підходять. попередньо встановлені засоби теплозахисту змінюють з часом свої властивості під дією факторів навколишньої середовища та часу, а для знов створюваних необхідно їх прогнозувати [4; 6]. А отже потрібно приймати рішення чи потрібно в конкретний час замінювати захист чи ні. І тоді виникає необхідність досліджувати фактичну ефективність нанесених теплозахисних фарб і матеріалів, не руйнуючи їх основи та облаштування. Це досягається використанням експрес-методу дослідження вже існуючих будівельних конструкцій і зразків знов створених. Проте подібних малогабаритних пристроїв немає, або вони в повному обсязі не визначають потрібні характеристики [8].

Тому розробка експрес-метода визначення теплозахисної здатності матеріалів та конструкцій є актуальною задачею.

**Мета дослідження** – розробка обладнання для експрес-методу визначення теплозахисних властивостей існуючих і новостворених конструкцій є надання фахівцям ефективного та точного інструменту для оцінки теплотехнічних характеристик будівельних матеріалів і конструкцій. Розробка такого обладнання має важливе значення для архітекторів, інженерів і будівельників для проектування енергоефективних будівель і підвищення енергоефективності існуючих. За

допомогою цього обладнання професіонали можуть швидко і точно виміряти термічний опір будівельних елементів, таких як стіни, дахи, вікна, і визначити їх теплозахисну здатність. Оцінюючи теплові характеристики будівельних елементів, професіонали можуть рекомендувати відповідні рішення для модернізації для підвищення енергоефективності будівлі. У новостворених будівлях обладнання можна використовувати для перевірки теплових характеристик будівельних елементів і забезпечення відповідності будівлі необхідним стандартам теплотехнічних характеристик. Загалом розробка обладнання для експрес-методу визначення теплозахисних властивостей існуючих та новостворених конструкцій є критично важливою для проектування енергоефективних будівель та підвищення енергоефективності існуючих. Він надає фахівцям необхідну інформацію для прийняття обґрунтованих рішень і рекомендує відповідні рішення для покращення теплових характеристик будівель.

**Матеріали та методи дослідження.** Існує кілька методів дослідження для визначення теплозахисних властивостей вже існуючих і новостворених конструкцій. Ось кілька поширених методів:

1. Експрес-метод: Як згадувалося раніше, ЕКСПРЕС-МЕТОД передбачає вимірювання різниці температур на будівельному елементі під час застосування відомого теплового потоку. Цей метод дозволяє швидко і точно вимірювати термічний опір будівельних елементів, що важливо для проектування енергоефективних будівель.

2. Метод вимірювання теплового потоку: метод вимірювання теплового потоку передбачає вимірювання теплового потоку через елемент будівлі шляхом вимірювання різниці температур на ньому та визначення його теплопровідності. Цей метод корисний для оцінки теплових характеристик ізоляційних матеріалів.

3. Інфрачервона термографія: інфрачервона термографія передбачає використання тепловізійної камери для виявлення різниці температур на поверхні будівельних елементів. Цей метод корисний для виявлення зон тепловтрат і теплових мостів в існуючих будівлях.

4. Тест у гарячому боксі: Тест у гарячому боксі передбачає вимірювання термічного опору та коефіцієнта теплопередачі будівельних елементів у контрольованому середовищі. Цей метод дозволяє проводити точні вимірювання теплових характеристик будівельних елементів у різних умовах навколишнього середовища.

5. Обчислювальне моделювання: обчислювальне моделювання передбачає використання комп'ютерного програмного забезпечення для моделювання теплопередачі та теплових характеристик будівельних елементів. Цей метод корисний для прогнозування теплових характеристик будівель та оцінки ефективності рішень з модернізації.

Загалом вибір методів дослідження для визначення теплозахисних властивостей уже існуючих і новостворених конструкцій залежатиме від конкретних вимог проекту та наявних ресурсів. Комбінація цих методів також може бути використана для забезпечення більш повної оцінки теплових характеристик будівельних елементів.

**Результати досліджень.** Недосконалість існуючих методів дослідження визначення теплозахисних властивостей можна усунути шляхом розробки більш комплексного та комплексного підходу до оцінки теплових характеристик будівельних елементів [2; 7]. Ось кілька потенційних кроків для розробки такого підходу:

Визначте обмеження та недоліки існуючих методів дослідження: перш ніж розробляти новий підхід, важливо зрозуміти обмеження та недоліки існуючих методів дослідження. Це допоможе визначити сфери, де потрібні покращення.

Інтеграція кількох методів дослідження: Замість того, щоб покладатися на один метод дослідження, можна розробити комплексний підхід, який поєднує декілька методів дослідження. Наприклад, поєднання інфрачервоної термографії, випробувань гарячого боксу та обчислювального моделювання може забезпечити більш повну оцінку теплових характеристик будівельних елементів.

Включіть динамічне теплове моделювання: використання динамічного теплового моделювання може забезпечити точнішу оцінку теплових характеристик

будівельних елементів у різних умовах навколишнього середовища. Це передбачає моделювання динамічної поведінки теплопередачі та споживання енергії з часом.

Оцініть вплив експлуатації будівлі та поведінки мешканців: на теплові характеристики будівель впливають не лише елементи будівлі, але й експлуатація будівлі та поведінка мешканців. Підхід, який враховує ці фактори, може забезпечити точнішу оцінку теплових характеристик будівель.

Розробка стандартів і настанов: розробка стандартів і настанов може гарантувати, що підхід є послідовним, а отримані результати надійними та порівнянними.

Загалом, розробка інтегрованого підходу, який враховує обмеження існуючих методів дослідження, включає динамічне теплове моделювання, оцінює вплив експлуатації будівлі та поведінки мешканців, а також включає стандарти та рекомендації, може вирішити проблему недосконалості існуючих методів дослідження для визначення теплозахисних властивостей. Цей підхід може забезпечити більш повну та точну оцінку теплових характеристик будівельних елементів і допомогти у проектуванні енергоефективних будівель. А отже енергозбереження, забезпечення мікроклімату відповідно до норм і стандартів, а також безпеці праці на робочих місцях з підвищеним тепловиділенням може бути забезпечений, якщо будуть застосовані ефективні засоби енергозбереження та захисту. Високої ефективності засобів теплозахисту можна досягти тільки тоді, якщо враховувати не тільки аераційний і теплопровідний розподіл тепла, а і спектральний розподіл енергії випромінювання в робочих приміщеннях і на робочих місцях, оптичні властивості теплозахисних матеріалів і вибір вигляду і конструкції засобів теплозахисту і енергозбереження. Ступінь цього захисту і створення сприятливих санітарно гігієнічних умов залежатиме від таких властивостей матеріалів, як здатність поверхні «дихати», ступінь чорноти, теплопровідність і електропровідність поверхневого шару, коефіцієнт відображення і поглинання.

Звичайно оптичні характеристики теплозахисних і енергозберігаючих матеріалів

досліджують в лабораторних умовах на стаціонарних установках. Нам же необхідно визначити ефективність вже встановлених і працюючих у виробничих умовах засобів енергозбереження і теплозахисту. При вилученні зразка з готової працюючої конструкції, для звичайних методів дослідження, порушується структура і стан поверхні теплозахисного матеріалу, що спотворює результати досліджень. В таких випадках найефективніший експрес-метод неруйнуючого контролю. Одним з таких раніше розроблених приладів є ТП-4 і ТПМ-1 для визначення теплофізичних характеристик гірських порід методом неруйнуючого контролю [2; 3], область застосування їх спеціалізована і вузька, вимагає прямого контакту з досліджуваним матеріалом.

Для визначення оптичних характеристик теплозахисних матеріалів таких, як металеві поверхні, металізовані тканини і полімерні матеріали – потрібен інший принцип неконтактного і не руйнованого контролю. Тому був розроблений і створений прилад-рефлектометр, а його випробування і упродовження показали, що в порівнянні із звичайними лабораторними методами, значно (в 20–50 разів) збільшується продуктивність, істотно в 10–20 разів, знижуються витрати на проведення експерименту за визначенням ефективності теплозахисних матеріалів експрес-методом.

Функціональна схема рефлектометра приведена на рисунку 1.

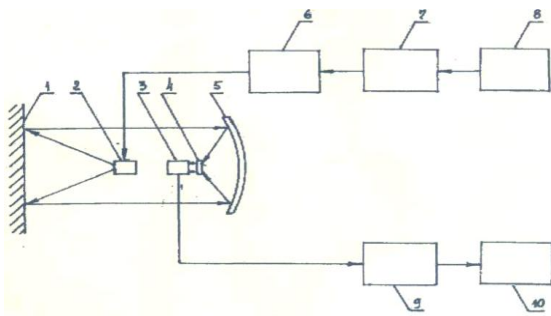


Рис. 1. Функціональна схема рефлектометра

Принцип дії рефлектометра заснований на віддзеркаленні модульованого інфрачервоного випромінювання від досліджуваної поверхні 1. Як джерело інфрачервоного випромінювання використаний інфрачервоний світлодіод (2). Інфрачервоний світлодіод живиться від

генератора імпульсів 6, модуляція здійснюється задаючим генератором 7, 8 – джерело живлення 9 В. Відбита частина інфрачервоного випромінювання потрапляє на увігнуте дзеркало 5, фокусується на конденсорі 4 прямує на фотодіод 3, сигнал з фотодіода передається на підсилювач 9 з індикацією 10.

Зовнішній вигляд рефлектометра представлений на рисунку 2. Датчик рефлектометра встановлюється для калібрування на зразковій еталонній пластині досліджувана поверхня використовувалися такі матеріали, як дерево, цеглина, скло, штукатурні стіни, пластичні маси, тканини з натуральних і штучних волокон, просочені спеціальними складами і покриті алюмінієвою фольгою, металеві поверхні – забарвлені, оброблені хімічними речовинами.

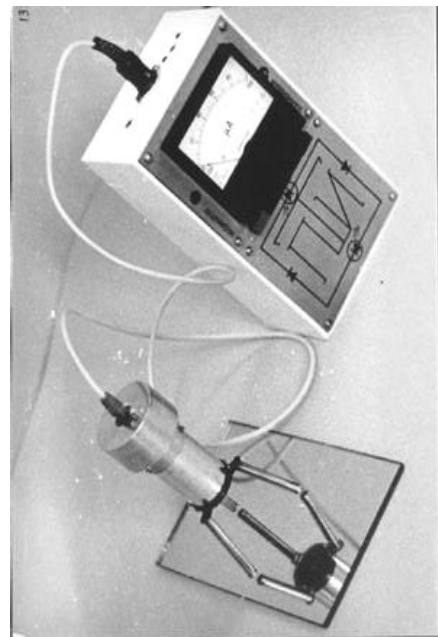


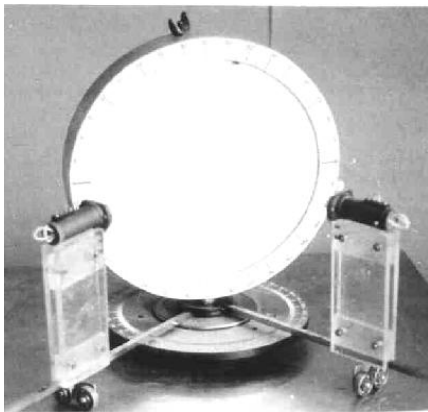
Рис. 2. Зовнішній вигляд рефлектометра

Рефлектометр має наступні характеристики:

- Межа вимірювання, в %	до 100
- Погрішність вимірювання, не більш %	5
- Вага, не більш, кг	1
- Споживана потужність, не більш, Вт	1
- Час вимірювання, сек	до 5

Для перевірки рефлектометра була розроблена установка для стаціонарного дослідження властивостей теплозахисних матеріалів. Яка складається з круглої рамки, куди поміщалися зразки теплозахисних

матеріалів. Рамка має ступені свободи обертання, як навкруги вертикальної осі, так і навкруги горизонтальної. В горизонтальній площині, що проходить через центр рамки, що обертається, переміщуються на рухомих направляючих випромінювач і приймач інфрачервоного модульованого випромінювання. Приймач і випромінювач забезпечений оптичними системами і може переміщатися по дузі в  $360^\circ$ . Зовнішній вигляд дослідницької установки представлений на рисунку 3.



*Рис. 3. Загальний вид експериментальної установки для визначення оптичних характеристик в ІЧ діапазоні теплозахисних та теплоізолюючих матеріалів*

Методика підбору складу теплозахисних матеріалів і покриттів полягає в узгодженні спектрів випромінювання від джерела теплового випромінювання і спектрів поглинання (віддзеркалення) залежно від мети теплозахисту. Проте спектр джерел випромінювання частіше всього буває суцільним і має чітко виражений максимум енергії випромінювання в якомусь спектральному діапазоні. Цей максимум залежно від температури джерела випромінювання за законом Вина може зміщуватися або в короткохвильову, або довгохвильову частину спектру. На відміну від випромінювачів спектри поглинання і віддзеркалення теплозахисних матеріалів і покриттів мають дуже складну і переривисту форму у вигляді провалів і максимумів. Тому розроблена спеціальна програмний комплекс на мові програмування для обчислювальної техніки, яка дозволяє розрахувати та наглядно показати виходячи з температури джерела випромінювання його максимум випромінювальної здатності в спектральному

діапазоні. Потім на спектральну криву випромінювальної здатності джерела випромінювання накладаються спектри поглинання(віддзеркалення) теплозахисних матеріалів. Шляхом підбору компонентів добиваються повного перекриття спектру випромінювача, для цього можуть бути використано декілька компонентів. Другий етап полягає в підборі процентного змісту компоненту складових залежно від загальної енергії джерела випромінювання.

Крім того, деякі теплозахисні матеріали можуть поляризувати падаюче випромінювання і мають об'ємне віддзеркалення, відмінне від Ламбертовського розподілу. Розподіл Ламберта передбачає, що відбиття випромінювання є дифузним та ізотропним, тобто відбите випромінювання розсіюється в усіх напрямках з однаковою ймовірністю. Однак насправді багато поверхонь демонструють дзеркальне відображення, тобто відбите випромінювання концентрується в певному напрямку. Поляризація також є суттєвим фактором відбиття випромінювання. Поляризація відноситься до орієнтації вектора електричного поля випромінювання. Коли випромінювання відбивається від поверхні, вектор електричного поля відбитого випромінювання може бути орієнтований у певному напрямку. Ступінь поляризації залежить від кута падіння і властивостей поверхні. Деякі матеріали можуть відбивати випромінювання з високим ступенем поляризації, тобто вектор електричного поля відбитого випромінювання орієнтований у певному напрямку. Тому при проектуванні теплозахисних матеріалів важливо враховувати їх властивості відбиття, включаючи поляризацію та тривимірне відображення. Ця інформація може допомогти покращити характеристики матеріалів щодо відображення або поглинання випромінювання залежно від конкретного застосування.

Для зразків виготовляються плоскі диски, на які наносяться досліджувані суміші. При зміні кутів падіння і віддзеркалення при обертанні диска з рамкою ми одержуємо повну об'ємно просторову картину відбивної здатності теплозахисних матеріалів в ІК діапазоні.

На рис. 4 показані, як зразок, спектри відбивної здатності широко найрозповсюджених будівельних матеріалів, які накладаються на спектри випромінювання

джерел з різною температурою нагріву. При цьому наочно видно, які ділянки спектру джерел випромінювання необхідно «перекрити».

В даному конкретному випадку нам необхідно до складу покриття внести компоненти будівельних матеріалів, що мають максимум спектрального віддзеркалення в діапазоні 1,8–4,0 мкм, при дії високотемпературного джерела. При захисті від теплового випромінювання низькотемпературних джерел необхідно додавати компоненти з відповідними оптичними характеристиками, які перекривають ІК діапазоні від 4 до 9 мкм.

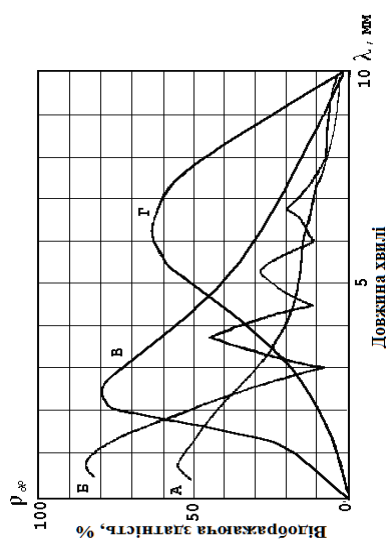


Рис. 4. Спектральні характеристики будівельних матеріалів та джерел теплового випромінювання: А – керамічна плитка; Б – гіпсова штукатурка; В – джерело теплового випромінювання з температурою 1723 К; Г – джерело теплового випромінювання з температурою 573 К

Все це дозволяє, ще на стадії проектування будівельних, теплозахисних конструкцій, підбирати теплозахисні матеріали, покриття, обмазки і ін. залежно від кліматичних, техногенних і інших чинників.

Технічне підключення та електроніка датчиків для експрес-дослідження теплозахисних властивостей матеріалів і конструкцій буде залежати від конкретних вимог використовуваного методу дослідження. Ось деякі загальні кроки та міркування щодо розробки технічної провідки та електроніки датчиків і стенду:

– Для нашого прилада оберемо інфрачервоний світло діод та інфрачервоний датчик. Визначаємо систему збору даних:

система збору даних відповідає за збір даних із датчиків і передачу їх на комп'ютер або інший пристрій зберігання даних. Система може бути дротовою або бездротовою, а конкретні компоненти залежатимуть від використовуваних датчиків і використовуваного методу дослідження.

– Розробляємо систему контролю: система контролю відповідає за регулювання дослідницького стенду та забезпечення послідовного та точного проведення експерименту. Система керування може бути як ручною, так і автоматизованою, а конкретні компоненти залежатимуть від датчиків, що використовуються, і методу дослідження, який використовується.

– Розробляємо інтерфейс програмного забезпечення: інтерфейс програмного забезпечення є інтерфейсом користувача для дослідницького стенду та відповідає за відображення даних від датчиків, керування експериментом і зберігання даних. Програмний інтерфейс можна розробити на замовлення або створити за допомогою комерційних пакетів програмного забезпечення.

– Конструюємо фізичний стенд: Фізичний стенд залежатиме від використовуваного методу дослідження та розміру матеріалів або конструкцій, що тестуються. Стенд має бути сконструйований для розміщення датчиків, системи керування та системи збору даних і має бути виготовлений із матеріалів, стійких до тепла та корозії.

Загалом технічна розводка та електроніка датчиків і стенду для експрес-дослідження теплозахисних властивостей матеріалів і конструкцій потребують ретельного обмислення та планування для отримання точних і надійних результатів. Конкретні компоненти та конструкція залежатимуть від використовуваного методу дослідження та вимог експерименту.

## Висновки

На основі залежності основних оптичних і теплофізических характеристик, електропровідності від відбивної здатності поверхневого шару теплозахисних матеріалів розроблений прилад рефлектометр для експрес-аналізу цих характеристик. Рефлектометр дозволяє

визначати ефективність енергозберігаючих проектування матеріалів на стадії їх експлуатації і

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шаленний В. Т., Шаломов В. А., Папірник Р. Б. Напрямки удосконалення сучасних технологій, матеріалів і обладнання із врахуванням енергетичних витрат та умов праці будівельних робітників. *Строительство. Материаловедение. Машиностроение*. 2010. Вип. 52. С. 127-131.
2. Беліков А. С., Шаломов В. А., Рагімов С. Ю., Михайлов М. О. Фізичне моделювання зміни енергетичного впливу на робочі місця з урахуванням високотемпературного випромінювання. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2017. Вип. 4. С. 10-17.
3. Стрежекуров Э. Е. Комплексное решение задач теплозащиты рабочих мест и охраны окружающей среды от теплового загрязнения. *Приборы для экологии-92*. 1992.
4. Біляєв М. М. Математичне моделювання розрахунку параметрів мікроклімату в робочих зонах. *Проблеми математичного моделювання*. 2020. С. 6-8.
5. Стрежекуров Ю. Е. Аналіз впливу негативних та шкідливих факторів на виникнення професійних захворювань. *Безпека життєдіяльності в XXI столітті*. 2024.
6. Стрежекуров Ю. Е. Ukrainian research schools negative thermal factors at workplaces. *Виклики та проблеми сучасної науки*. 2023. С. 598-610.
7. Беліков А. С., Стрежекуров Ю. Е., Шаломов В. А., Рагімов С. Ю. До питання комплексного впливу негативних та шкідливих факторів на виникнення професійних захворювань. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2024. Вип. 1. С. 26-32.
8. Беліков А. С., Стрежекуров Ю. Е., Рагімов С. Ю., Харченко В. В. До питання комплексного оцінки впливу теплового випромінювання на робочих місцях з урахуванням забруднення повітряного середовища. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2023. Вип. 6. С. 7-15.

### REFERENCES

1. Shalennyy V.T., Shalomov V.A. and Papirnyuk R.B. *Napriamki udoskonalennia suchasnykh tekhnologiy, materialiv i obladannia iz vrakhuvanniam energetychnykh vutrat ta umov pratsi budivel'nykh robnyukiv* [Directions for improving modern technologies, materials and equipment, taking into account energy costs and working conditions of construction workers]. *Stroitelstvo. Materialovedenie. Mashinostroenie* [Construction Materials science. Mechanical engineering]. 2010, no. 52, pp. 127-131.
2. Bilikov A.S., Shalomov V.A., Ragimov S.Yu. and Mukhaylov M.O. *Fizychne modeliuвання zminu energetychnogo vplivu na robochi mista z urakhuvanniam vysokotemperaturnogo vuprominiuvannia* [Physical modeling of changes in energy impact on workplaces taking into account high-temperature radiation]. *Visnuk Prudniprovs'koi derzhpavoi akademii budivnytstva ta arkhitekturn* [Bulletin of the Dnipro State Academy of Construction and Architecture]. 2017, no. 4, pp. 10-17.
3. Strezhekurov E.E. *Kompleksnoie reshenie zadach teplozashchity rabochikh mest i ohrany okruzhaiushchei sredy ot teplovogo zagriaznaniia* [A comprehensive solution to the problems of thermal protection of workplaces and environmental protection from thermal pollution]. *Priboru dlia ekologii-92* [Devices for ecology-92]. 1992.
4. Bilaiev M.M. *Matematichne modeliuvanriia rozrachku parametriv mikroklimatu v robochikh zonakh* [Mathematical modeling of the calculation of microclimate parameters in working areas]. *Problemu matematichnogo modeliuвання* [Problems of mathematical modeling]. 2020, pp. 6-8.
5. Strezhekurov Yu.E. *Analiz vplivu negativnih ta shkidlivih faktoriv na viniknennia profesiynih zahvoryuvan* [Analysis of the influence of negative and harmful factors on the emergence of occupational diseases]. *Bezpeka zhitediyalnosti v XXI stoliti* [Life Safety in the XXI Century]. 2024.
6. Strezhekurov Yu.E. [Ukrainian research schools negative thermal factors at workplaces]. *Viklyki ta problemi suchasnoy nauki* [Challenges and problems of modern science]. 2023, pp. 598-610.
7. Bielikov A.S., Strezhekurov Yu.E., Shalomov V.A. and Ragimov S.Yu. *Do pitanya kompleksnogo vplivu negativnih ta shkidlivih faktorivna viniknennia profesiynih zahvoryuvan* [To the question of the complex impact of negative and harmful factors on the emergence of occupational diseases]. *Visnuk Prudniprovs'koi derzhpavoi akademii budivnytstva ta arkhitekturn* [Ukrainian Journal of Construction and Architecture]. 2024, no. 1, pp. 26-32.
8. Bielikov A.S., Strezhekurov Yu.E., Ragimov S.Yu. and Kharchenko V.V. *Do pitanya kompleksnogo ocinki vplivu teplovogo viprominyuvannya na robochih miscyah z urahuvanyam zabrudnennia povitryanogo seredovisha* [To the question of the complex assessment of the impact of heat radiation at workplaces taking into account air pollution]. *Visnuk Prudniprovs'koi derzhpavoi akademii budivnytstva ta arkhitekturn* [Ukrainian Journal of Construction and Architecture]. 2023, no. 6, pp. 7-15.

Надійшла до редакції: 21.10.2024.