

АНОТАЦІЯ

Довгановський М.О. Екранування електромагнітних випромінювань інфрачервоного діапазону для забезпечення термоізоляції об'єктів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 26 – «Цивільна безпека», за спеціальністю 263 – «Цивільна безпека» – Київський національний університет будівництва і архітектури, МОН України, Київ, 2026.

Електромагнітні випромінювання є вагомим чинником впливу на людей і технічні засоби. Електромагнітне випромінювання інфрачервоного діапазону є тепловим, тому його блокування є важливим аспектом цивільної безпеки. через необхідність захисту людини від термічних впливів, витоку теплової енергії й підвищення енергоефективності будівель і споруд. Розповсюдження інфрачервоних випромінювань має декілька фізичних механізмів, тому створення ефективної теплоізоляції об'єктів є складною технічною задачею. Більшість існуючих термоізолюючих матеріалів мають великі масогабаритні параметри або складну структуру й характеризуються високою вартістю. Особливо це стосується засобів захисту людини від термічних впливів низьких температур та інфрачервоного камуфляжу. Тому постає задача створення інноваційних матеріалів достатньої ефективності й прийнятної вартості для захисту людей та підвищення енергоефективності об'єктів будівництва.

У першому розділі розглянуто біологічну дію інфрачервоних випромінювань та проаналізовано чинну нормативну базу з блокування електромагнітних випромінювань та термоізоляції об'єктів. Досліджено сучасний стан питання щодо блокування електромагнітних випромінювань інфрачервоного діапазону й практики розроблення і впровадження захисних матеріалів. Визначено низку невирішених й недостатньо вирішених питань. Найбільш важливими з них є необхідність вдосконалення засобів моделювання теплопереносу крізь шаруваті структури й розроблення теоретичних засад застосування певних матеріалів для виготовлення захисних конструкцій. Відсутні напрацювання щодо захисного

матеріалу малої товщини й прийнятних ефективності та вартості.

У другому розділі розроблено методи і методики визначення ефективності матеріалів для блокування електромагнітних випромінювань інфрачервоного діапазону.

У третьому розділі обґрунтовано обирання компонентів для розроблення матеріалів і конструкцій для блокування інфрачервоних випромінювань. Показана прийнятність застосування для блокування інфрачервоного випромінювання склотканини та базальтової тканини. Визначено засади розмиття теплової сигнатури захисними матеріалами. Розроблено й випробувано матеріал для одночасного захисту об'єктів від впливу електромагнітних випромінювань інфрачервоного діапазону та радіочастот.

У четвертому розділі надані базові засади проєктування захисних матеріалів методами моделювання поширення теплових потоків крізь шаруваті структури й проведено верифікацію результатів проєктування. Наведено результати впровадження досліджень у практичну діяльність компанії ТОВ НВП «Талан-Пожтех» під час проєктування та виготовлення сучасних групових та індивідуальних засобів захисту з обґрунтованими технічними характеристиками, які виготовляються для пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС України та інших об'єктів критичної інфраструктури. Результати досліджень впроваджено у навчальний процес Київського національного університету будівництва і архітектури.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у наступному:

Вперше:

- теоретично обґрунтовано застосування скловолокна для блокування випромінювань усього інфрачервоного діапазону шляхом врахування поглинальних властивостей скловолокна у діапазоні довжин хвиль 8–10 мкм;
- експериментально визначено ефективність застосування матеріалів на основі склотканини для теплоізоляції об'єктів та інфрачервоного камуфляжу, що дозволило використовувати захисний шар завтовшки 1–2 мм з поверхневою

густиною 200 г/м^2 для повного блокування інфрачервоного випромінювання за градієнтів температури 20–30 К.

Вдосконалено:

– методичні засади проєктування одягу для захисту людей від термічних впливів та підтримання теплового режиму шляхом визначення температурних параметрів окремих шарів одягу та захисного шару, що дозволяє раціоналізувати обрання матеріалів для їх виготовлення.

Набули подальшого розвитку:

– методичні підходи до моделювання поширення теплового потоку крізь шарувату структуру у просторі і часі за рахунок врахування наявності повітряних прошарків між окремими шарами конструкції, що дозволяє знизити похибки у процесах проєктування шаруватих матеріалів для блокування інфрачервоних випромінювань.

Практичне значення одержаних результатів полягає у наступному:

- Розроблений матеріал придатний для виготовлення захисного одягу для підтримання теплового режиму тіла людини;
- Мала товщина й питома вага матеріалу забезпечує ергономічність одягу, виготовленого з такого матеріалу.
- Високі поглинальні властивості у інфрачервоному діапазоні дозволяють використати його для створення засобів непомітності людей і технічних засобів детекторами інфрачервоного випромінювання.
- Розроблення моделей поширення теплового потоку крізь шарові структури у 2D та 3D форматі дозволяє спростити процеси проєктування засобів блокування інфрачервоних випромінювань на принципах розумної достатності. Отримані моделі скорочують час і матеріальні витрати на розроблення засобів захисту.

Ключові слова: електромагнітне випромінювання, інфрачервоне випромінювання, термоізоляція, моделювання, тепломасоперенос, енергоефективність.

ABSTRACT

Dovhanovskyi, M.O. Shielding of infrared electromagnetic radiation to ensure thermal insulation of structures. – Qualification thesis in the form of a manuscript.

Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in the field of knowledge 26 – ‘Civil Safety’, specialisation 263 – ‘Civil Safety’ – Kyiv National University of Construction and Architecture, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2026.

Electromagnetic radiation is a significant factor affecting people and technical equipment. Electromagnetic radiation in the infrared range is thermal in nature, so its blocking is an important aspect of civil safety due to the need to protect people from thermal effects, heat loss and to improve the energy efficiency of buildings and structures. The propagation of infrared radiation involves several physical mechanisms, making the creation of effective thermal insulation for structures a complex technical challenge. Most existing thermal insulation materials are bulky or have a complex structure and are characterised by high cost. This is particularly true for means of protecting people from the thermal effects of low temperatures and infrared camouflage. Therefore, the task arises of creating innovative materials of sufficient effectiveness and acceptable cost to protect people and improve the energy efficiency of buildings.

The first chapter examines the biological effects of infrared radiation and analyses the current regulatory framework for blocking electromagnetic radiation and the thermal insulation of structures. The current state of the art regarding the blocking of infrared electromagnetic radiation and the practice of developing and implementing protective materials has been investigated. A number of unresolved and insufficiently resolved issues have been identified. The most important of these are the need to improve methods for modelling heat transfer through layered structures and the development of theoretical foundations for the application of specific materials in the manufacture of protective structures. There is a lack of research on protective materials of small thickness with acceptable efficiency and cost.

The second chapter develops methods and techniques for determining the effectiveness of materials for blocking electromagnetic radiation in the infrared range.

The third chapter justifies the selection of components for the development of materials and structures for blocking infrared radiation. The suitability of glass fabric and basalt fabric for blocking infrared radiation is demonstrated. The principles of thermal signature blurring using protective materials are established. A material has been developed and tested for the simultaneous protection of objects from the effects of electromagnetic radiation in the infrared range and radio frequencies.

The fourth chapter presents the basic principles of designing protective materials using methods for modelling the propagation of heat fluxes through layered structures, and the design results have been verified. The results of applying the research to the practical activities of the company LLC Scientific and Technological Enterprise "Talan-Pozhtech" during the design and manufacture of modern group and individual protective equipment with substantiated technical characteristics, which is produced for the fire and rescue units of the State Emergency Service of Ukraine and other critical infrastructure facilities, are presented. The research results have been incorporated into the teaching programme at the Kyiv National University of Construction and Architecture.

The scientific novelty of the results obtained lies in the following:

For the first time:

- the use of glass fibre to block radiation across the entire infrared spectrum has been theoretically substantiated by taking into account the absorption properties of glass fibre in the 8–10 μm wavelength range;
- the effectiveness of using glass fabric-based materials for thermal insulation of objects and infrared camouflage has been experimentally determined, enabling the use of a protective layer 1–2 mm thick with a surface density of 200 g/m² to completely block infrared radiation across temperature gradients of 20–30 K.

The following have been improved:

- methodological principles for designing clothing to protect people from thermal effects and maintain thermal conditions by determining the temperature parameters of individual layers of clothing and the protective layer, which allows for the rational selection of materials for their manufacture.

The following have been further developed:

- methodological approaches to modelling the propagation of heat flux through a layered structure in space and time by taking into account the presence of air gaps between individual layers of the structure, which allows for a reduction in errors in the design processes of layered materials for blocking infrared radiation.

The practical significance of the results obtained lies in the following:

- The developed material is suitable for the manufacture of protective clothing to maintain the human body's thermal regime;
- The material's low thickness and specific weight ensure the ergonomics of clothing made from it.
- High absorption properties in the infrared range allow it to be used for creating means of rendering people and technical equipment invisible to infrared radiation detectors.
- The development of models for heat flux propagation through layered structures in 2D and 3D formats simplifies the design of infrared radiation blocking devices based on the principle of reasonable sufficiency. The resulting models reduce the time and material costs involved in developing protective equipment.

Keywords: electromagnetic radiation, infrared radiation, thermal insulation, modelling, heat and mass transfer, energy efficiency.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових виданнях, що включені до міжнародних наукометричних баз (Scopus)

1. Burdeina, N., Levchenko, L., Korduba, I., Shamanskyi, S., Biruk, Y., Dovhanovskyi, M., Zozulya, S., Klymchuk, A., Nikolaiev, K., & Osadchyi, D. (2024). Applying heterogeneous building materials for the protection of people against electromagnetic radiation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(10 (131), 45–52. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.313629>

2. V. Glyva, N. Burdeina, L. Levchenko, G. Krasnianskyi, Y. Biruk, M. Dovhanovsky. (2024). Modelling the thermal resistance of layered structures for blocking infrared radiation. *Strength of Materials and Theory of Structures*, (113), pp. 329–336, DOI: <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2024.113.329-336>

Статті у наукових фахових виданнях України

3. Glyva, V., Krasnianskyi, G., Dovhanovskyi, M., & Krasnianskyi, T. (2024). Розроблення і дослідження захисних властивостей матеріалів для блокування електромагнітних випромінювань інфрачервоного діапазону. Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць, 3(77), 203-205. <https://doi.org/https://doi.org/10.26906/SUNZ.2024.3.203>

4. В. А. Глива, М. О. Довгановський (2025). Проектування одягу для захисту від термічних впливів та збереження тепла. Системи управління, навігації та зв'язку, 1 (79), с. 169-171, <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2025.1.169-171>

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

5. Глива В. А., Довгановський М.О. Композиційні матеріали для відновлення термоізоляції ушкоджених будівель і споруд. Тези доповідей міжнародної науково-методичної конференції «Захист населення, територій та об'єктів критичної інфраструктури – освіта, наука, практика»: НАУ, Київ, Україна, Лечче, Італія, 23 - 24 травня 2024 року – С.30

6. G. Krasnianskyi, I. Aznauryan, M. Dovhanovskyi, O. Besarab, V. Okhrysko. Evaluation of the effectiveness of infrared radiation shielding with glass fiber. REPORTS of the 5th INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE ENERGY. RESOURCES. ECOLOGY, November 27-29, 2024, KYIV, p. 102

7. Grygorii Krasnianskyi, Iryna Aznauryan, Maksym Dovhanovskyi, Denys Kurylo. Calculation of thermal insulation efficiency of a building wall. REPORTS of the 6th INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE ENERGY. RESOURCES. ECOLOGY, December 3-5, 2025, KYIV, p. 84-85.

Авторські свідоцтва, дипломи, патенти

8. Патент України на корисну модель МПК G02B5/20, C03C27/12. № 158878. Екран для інфрачервоного випромінювання / Винахідники: Глива В.А., Краснянський Г.Ю., Довгановський М.О., Олексин А.В. — заявл: 21.02.2024, опубл. 02.04.2025, Бюл. № 14/2025.