РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента, доктора технічних наук, професора, професора кафедри теплотехніки Київського національного університету будівництва і архітектури Приймака Олександра Вікторовича на дисертаційну роботу Довгановського Максима Олександровича на тему "Екранування електромагнітних випромінювань інфрачервоного діапазону для забезпечення термоізоляції об'єктів", подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії галузі знань 26 Цивільна безпека за спеціальністю 263 Цивільна безпека

1. Актуальність обраної теми.

Актуальність дослідження обумовлена зростаючою потребою забезпечення термоізоляції об'єктів та захисту людини і технічних засобів від небезпечного й деструктивного термічного впливу в умовах сучасних кризових викликів. Електромагнітне випромінювання інфрачервоного діапазону є тепловим за своєю фізичною природою, тому його ефективне блокування є важливим аспектом цивільної безпеки, підтримання нормативних температурних режимів організму людини, запобігання витоку теплової енергії та підвищення загальної енергоефективності будівель і споруд.

Специфіка розповсюдження інфрачервоних випромінювань полягає у наявності кількох складних фізичних механізмів теплопереносу (радіаційного, кондуктивного та конвективного). Більшість існуючих термоізолюючих матеріалів мають значні масогабаритні параметри або високу вартість, що суттєво обмежує їх застосування для виготовлення персональних засобів захисту людини, забезпечення ергономічності захисного одягу та створення маскувальних покриттів для зниження теплової сигнатури об'єктів в умовах воєнних загроз.

У зв'язку з цим постає важливе науково-прикладне завдання щодо теоретичного обґрунтування вибору елементного складу, розроблення та дослідження інноваційних шаруватих композиційних матеріалів малої товщини й маси з високими поглинальними та розсіювальними властивостями. Це визначає високу актуальність дисертаційної роботи М.О. Довгановського як у теоретичному, так і у практичному аспектах.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій.

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані у дисертаційній роботі, є належним чином обґрунтованими, логічно узгодженими та базуються на комплексному використанні сучасних теоретичних й експериментальних методів дослідження.

У роботі застосовано системний підхід, який поєднує фундаментальні рівняння математичної фізики та термодинаміки, чисельні методи моделювання тепломасопереносу у середовищах COMSOL та MATLAB (PDE Tools), а також натурні експериментальні вимірювання за допомогою сучасних каліброваних

приладів (тепловізійних систем Testo 881-2 та UNI-T UTi120S, вимірювача рівнів електромагнітних випромінювань ПЗ-31).

Достовірність отриманих результатів забезпечується належним обсягом експериментальних даних, їх коректною статистичною обробкою та високим ступенем збіжності теоретичних розрахунків із результатами натурних випробувань розроблених шаруватих матеріалів на основі склотканини та базальтових волокон.

3. Наукова новизна одержаних результатів.

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/м² для повного блокування інфрачервоного випромінювання за градієнтів температури 20–30 К.

Удосконалено:

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 розробленні інноваційного композиційного матеріалу, малі товщина й маса якого забезпечують високу ергономічність захисного одягу та придатність для створення засобів зниження теплової сигнатури об'єктів. Результати роботи впроваджено у практичну діяльність ТОВ НВП "Талан-Пожтех" при виробництві засобів захисту для підрозділів ДСНС України, а також у навчальний процес Київського національного університету будівництва і архітектури.

4. Загальнонаціональне та світове значення роботи

Результати виконаної роботи мають істотне загальнодержавне та світове значення, особливо в умовах сучасних викликів, пов'язаних із забезпеченням цивільної безпеки, захистом персоналу підрозділів ДСНС та об'єктів критичної інфраструктури. Розробка тонкошарових захисних матеріалів з високим

коефіцієнтом поглинання ІЧ-випромінювання відкриває широкі можливості для створення високоефективних засобів термоізоляції та маскування.

Отримані наукові здобутки узгоджуються із глобальними світовими тенденціями в галузі матеріалознавства та цивільного захисту, що спрямовані на розроблення багатофункціональних захисних покриттів з електромагнітною сумісністю та підвищеною енергоефективністю.

5. Повнота викладення матеріалів у наукових публікаціях

За результатами дисертаційного дослідження опубліковано вісім наукових праць. З них дві статті надруковано у виданнях, що індексуються у наукометричних базах даних Scopus та Web of Science, дві статті – у наукових фахових виданнях України, три тез доповідей на міжнародних конференціях, а також отримано один патент України на корисну модель. Опубліковані праці у повному обсязі відображають основні наукові положення, методи та результати дисертації.

6. Відсутність академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації

У дисертаційній роботі відсутні ознаки академічного плагіату, фабрикації чи фальсифікації результатів. Робота містить результати власних досліджень здобувача. Використання наукових ідей, результатів та текстових фрагментів інших авторів супроводжується коректними посиланнями на відповідні джерела з дотриманням вимог академічної доброчесності.

7. Оцінка мови, стилю та оформлення дисертації

Дисертаційна робота виконана державною мовою на належному науковому та методичному рівні. Текст характеризується чіткістю, послідовністю викладу та грамотним використанням спеціальної термінології. Робота загальним обсягом 116 сторінок має логічну структуру (анотація, вступ, 4 розділи, висновки, список джерел та додатки), а її оформлення повністю відповідає вимогам МОН України.

8. Аналіз основного змісту роботи

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми, визначено мету, завдання, об'єкт, предмет дослідження, наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

У *розділі 1* проведено аналіз чинної нормативної бази та сучасних підходів до блокування електромагнітних полів інфрачервоного діапазону. Розглянуто ІЧ-випромінювання як біологічно активний фактор та виявлено невирішені питання в галузі термоізоляції й маскування.

У *розділі 2* обґрунтовано математичний апарат аналітичного визначення ефективності матеріалів на основі рівнянь теплопровідності та термодинаміки, сформульовано граничні умови третього роду та описано методику експериментальних вимірювань інфрачервоних сигнатур.

У *розділі 3* наведено результати розроблення композиційних матеріалів на основі нітриду бору, оксиду хрому, магнетиту, склотканини та базальтових волокон. Доведено виключно високу ефективність склотканини поверхневою густиною 200 г/м² завдяки ефекту розсіювання ІЧ-випромінювання у волокнах.

У *розділі 4* розроблено базові засади конструювання шаруватих матеріалів та захисного одягу з урахуванням повітряних прошарків, здійснено чисельне моделювання у MATLAB/COMSOL та наведено результати впровадження у виробництво ТОВ НВП «Талан-Пожтех» та навчальний процес КНУБА.

У висновках узагальнено основні результати дослідження, що мають важливе наукове та прикладне значення.

9. Зауваження та дискусійні питання.

1. При огляді існуючих досліджень з тематики роботи бажано було розділити питання створення захисного одягу та енергоефективності будівель.
2. У розділі 3.1 не вказано, чи є розрахунки термічного опору матеріалів оригінальними, зробленими дисертантом .
3. Для рис. 3.1 необхідно було надати температурну шкалу. Зниження температури поверхні зразка на 25–28 % не є очевидним.
4. У результатах моделювання термічного опору шаруватої структури не наведено теплофізичні характеристики кожного шару.
5. У розділі 3.3 наведене фото виробу для інфрачервоного камуфляжу та результати його випробування. Чи є перспективи його серійного вироблення?
6. Треба було б більш грунтовно порівняти ефективність склотканини та базальтової тканини.
7. Якими міркуваннями обумовлені фізичні навантаження людини 120 та 400 Вт, закладені у модель (рис. 4.6)?

Зазначені зауваження та дискусійні питання мають рекомендаційний характер, стосуються перспектив подальших досліджень і не знижують високої наукової та практичної цінності дисертаційної роботи.

10. Висновок

Дисертаційна робота Довгановського Максима Олександровича на тему "Екранування електромагнітних випромінювань інфрачервоного діапазону для забезпечення термоізоляції об'єктів", подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії галузі знань 26 Цивільна безпека за спеціальністю 263 Цивільна безпека, є цілісним, завершеним і повністю самостійним науковим дослідженням, у якому отримано нові обґрунтовані результати, що вирішують актуальне науково-прикладне завдання забезпечення термоізоляції та захисту об'єктів від інфрачервоного випромінювання.

За актуальністю, науковою новизною, практичною цінністю, рівнем та обсягом проведених досліджень, якістю оформлення, дисертаційна робота відповідає вимогам, що передбачені пп. 5-9 "Порядку присудження ступеня доктора

філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії", затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44, а її автор Довгановський Максим Олександрович заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії галузі знань 26 Цивільна безпека за спеціальністю 263 Цивільна безпека.

Офіційний рецензент,
доктор технічних наук, професор, професор кафедри теплотехніки
Київського національного університету
будівництва і архітектури Олександр ПРИЙМАК

Підпис Олександра ПРИЙМАКА засвідчую
секретар Вченої ради КНУБА Микола КЛИМЕНКО

12.11.2026