ВІДГУК
офіційного опонента
доктора технічних наук, професора,
завідувача кафедри цивільної безпеки, охорони праці, геодезії та землеустрою
Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського
СУКАЧА Сергія Володимировича
на дисертаційну роботу **КЛИМЧУКА Андрія Васильовича**
«Захист населення та працюючих від впливу техногенних електромагнітних полів неоднорідними облицювальними матеріалами», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
з галузі знань 26 «Цивільна безпека» за спеціальністю 263 «Цивільна безпека».

Дисертаційна робота Климчука Андрія Васильовича на тему «Захист населення та працюючих від впливу техногенних електромагнітних полів неоднорідними облицювальними матеріалами» присвячена актуальній науково-практичній задачі зниження електромагнітного навантаження у виробничих і побутових умовах без погіршення функціональних характеристик будівельних матеріалів та забезпечення електромагнітної сумісності засобів зв'язку. Для досягнення цієї мети у роботі вперше визначено ефективність екранування випромінювань будівельними матеріалами з регулярно розташованими провідними лінійними структурами (електромагнітними кристалами), а також досліджено інноваційні композиційні матеріали на основі карбонільного заліза, які забезпечують високе поглинання за мінімальних коефіцієнтів відбиття хвиль. Отримані результати дозволяють істотно підвищити рівень цивільної безпеки середовища та успішно імплементуються в практичну діяльність профільних підприємств і навчальний процес.

1. Актуальність обраної теми

Актуальність дисертаційного дослідження зумовлена стійким підвищенням електромагнітного навантаження на людину та довкілля через масове ущільнення електронного обладнання у будівлях і спорудах, а також поступовим переходом мобільного зв’язку на стандарт 5G. Високочастотні випромінювання ультрависоких

і вищих частот створюють додаткові ризики за рахунок відбиттів і перевідбиттів. Існуючі захисні матеріали мають високі коефіцієнти відбиття електромагнітних хвиль і не дозволяють гнучко регулювати захисні властивості. Тому розробка та впровадження новітніх неоднорідних екрануючих матеріалів і конструкцій, що забезпечують екологічну безпеку населення й водночас стабільну роботу бездротового зв'язку, є надзвичайно актуальним науково-практичним завданням.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані в дисертації, є достатньо обґрунтованими й достовірними. Вони ґрунтуються на використанні фундаментальних положень електродинаміки, теорії хвилеводів та теорії неоднорідних середовищ. Достовірність результатів підтверджена застосуванням сучасних сертифікованих вимірювальних приладів і комплексів (зокрема векторних аналізаторів поля, вимірювачів напруженостей П3-31 тощо), а також порівнянням теоретичних розрахунків з результатами експериментальних випробувань у лабораторних та реальних виробничих умовах.

3. Наукова новизна отриманих результатів

Наукова новизна дисертаційної праці полягає в наступному:

Вперше: визначено ефективність екранування електромагнітного випромінювання будівельними матеріалами з регулярно розташованими провідними лінійними структурами (електромагнітними кристалами), що дозволило встановити смуги прозорості та поглинання за допомогою універсального показника $ka/2\pi$; встановлено залежності захисних властивостей неоднорідних будівельних матеріалів на основі цементобетону та базальтових волокон через порівняння коефіцієнтів заломлення хвиль, що обґрунтувало доцільність нанесення провідної субстанції на волокна.

Удосконалено: технологічні підходи до проєктування композиційних магнітодіелектриків із використанням карбонільного заліза (14–15% за об'ємом при товщині 5 мм), що дозволило досягти низьких коефіцієнтів пропускання (не вище 0,40) та відбиття (не більше 0,25) на ультрависоких частотах; розрахункові методи прогнозування ефективності перфорованих металевих структур на основі апарату теорії хвилеводів для визначення частот резонансних поглинань і пропускань

4. Практичне значення одержаних результатів

Практична цінність роботи полягає у створенні та впровадженні ефективних будівельних і облицювальних матеріалів із низькими коефіцієнтами відбиття хвиль, що запобігає небажаному перерозподілу енергії. Застосування діелектричних неоднорідностей зменшує вагу конструкцій, а провідне покриття захищає арматуру від лужного середовища бетону. Розроблений алгоритм та розрахунковий апарат дозволяють проєктувати захисні елементи на принципах розумної достатності. Результати роботи успішно впроваджені у практичну діяльність (на об'єктах ТОВ «Територіальна сервісна компанія») та у навчальний процес КНУБА.

5. Загальнонаціональне та світове значення роботи

Результати дослідження мають важливе значення для України в умовах інтенсивного розгортання сучасних систем зв'язку стандарту 5G та необхідності забезпечення надійного захисту населення й працюючих від техногенного електромагнітного навантаження. Застосування доступних вітчизняних сировинних компонентів та промислових наповнювачів забезпечує економічну доцільність і можливості для локалізації виробництва ефективних екрануючих матеріалів.

Робота робить вагомий внесок у розвиток прикладної електродинаміки та екологічної безпеки урбанізованих територій, пропонуючи інноваційні

композиційні рішення, що гармонізують вимоги електромагнітної безпеки та сумісності відповідно до провідних міжнародних стандартів (ICNIRP, IEEE).

6. Оцінка змісту та структури дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота вирізняється чіткою логічною побудовою, послідовністю викладу матеріалу та цілісністю наукового задуму. Загальний обсяг дисертації становить 122 сторінки, з яких 102 сторінки складає основний текст. Структурно робота складається з анотації, вступу, чотирьох взаємопов'язаних розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 111 найменувань та 3 додатків, що підтверджують практичне впровадження результатів.

Перший розділ присвячений аналізу нормативної бази з електромагнітної безпеки та існуючих підходів до захисту людини від техногенних електромагнітних полів. У розділі критично оцінено сучасний стан проблеми, визначено вплив електромагнітних випромінювань (зокрема від 5G та електронного обладнання) та обґрунтовано недостатнє використання природних і структурних неоднорідностей будівельних матеріалів і конструкцій для екранування без втрати їхнього основного функціоналу.

Другий розділ описує теоретичні засади прогнозування ефективності екранування, комплексні діелектричні та магнітні проникності середовищ, а також розрахункові рівняння електродинаміки. Наведено експериментальні методики й обладнання (зокрема вимірювачі П3-31, векторний аналізатор FieldFox N9916A, антени Вівальді та лінзи Люнеберга), які використовувалися в лабораторних і наближених до реальних умовах для визначення коефіцієнтів відбиття, пропускання та поглинання хвиль.

У *третьому розділі* досліджено захисні властивості будівельних матеріалів із регулярними феромагнітними (арматура) та діелектричними неоднорідностями (базальтові волокна), перфорованих провідних структур (на основі теорії хвилеводів), а також пласких облицювальних матеріалів на основі карбонільного

заліза. Визначено смуги прозорості й поглинання, а також оптимальні концентрації наповнювачів для досягнення мінімальних коефіцієнтів відбиття.

Четвертий розділ містить узагальнені засади і розроблений алгоритм проєктування та впровадження неоднорідних захисних матеріалів на принципах розумної достатності. Розглянуто інтеграцію електромагнітних екранів у комплекс заходів із безпеки фізичних факторів (суміщення з шумозахистом та енергоефективністю), надано пропозиції щодо вдосконалення національної нормативно-правової бази, а також наведено результати практичного впровадження розробок на виробничому об'єкті (ТОВ «Територіальна сервісна компанія») та в навчальний процес університету.

7. Відсутність академічного плагіату, фабрикації та фальсифікації

Дисертаційна робота є самостійним завершеним дослідженням. Використані ідеї, результати й тексти інших авторів мають обов'язкові посилання на відповідні джерела. Ознаки академічного плагіату, фабрикації чи фальсифікації даних у роботі відсутні.

8. Зауваження до дисертації

1. У розділі 1.2 необхідно було розглянути не тільки нормативи з електромагнітної безпеки, а й вимоги до будівельних та облицювальних матеріалів.
2. У розділі 2.2 показано стенд для вимірювання ефективності екранування електромагнітних полів наднизької частоти, але не наведено вимірювального обладнання, яке використовувалося.
3. Яким чином отримані співвідношення для визначення частоти зрізу і ефективності поглядання конструкцій з отворами (3.8–3.11)? Чи є вони емпіричними?
4. Не зрозуміло, що саме ілюструють частотні залежності, наведені на рисунках 3.10, 3.11. Який склад цих матеріалів?

5. На мою думку, визначення зон напівтіні для більшості довжин хвиль, які використовуються у радіотехнічних засобах, не є актуальним, особливо це стосується будівельної галузі.

6. Наголошується, що для отримання прийнятного ефекту екранування необхідно враховувати співвідношення електричної та фізичної товщин, але не показано, як вони зв'язані і як пов'язані з товщиною узгодження.

7. У заключній частині роботи не варто наводити характеристики конкретного наповнювача – карбонільного заліза. Такі матеріали різноманітні. Графіти, алюмінієві пудри тощо також можуть бути використані.

Висловлені зауваження не є принциповими і не зачіпають фундаментальних положень дослідження. Вони жодним чином не применшують наукової новизни та практичної цінності здобутих результатів і не впливають на підсумкову позитивну оцінку роботи.

9. Висновок по дисертації

Дисертаційна робота Климчука Андрія Васильовича на тему «Захист населення та працюючих від впливу техногенних електромагнітних полів неоднорідними облицювальними матеріалами» є завершеною науковою працею, у якій на основі системного підходу розв'язано актуальне завдання цивільної безпеки щодо захисту населення і працюючих від впливу техногенних електромагнітних полів за допомогою неоднорідних облицювальних матеріалів і конструкцій. На основі вдосконалених математичних моделей, застосування теорії хвилеводів та експериментальних досліджень встановлено закономірності екранування електромагнітних випромінювань неоднорідними структурами, що дозволило оптимізувати захисні параметри матеріалів. Випробування розроблених композиційних матеріалів на основі карбонільного заліза та перфорованих і регулярних структур підтвердили їхню високу екрануючу ефективність за мінімальних коефіцієнтів відбиття. Сформульовані інженерні методики, алгоритми

проєктування та практичні рекомендації мають безпосереднє значення для забезпечення нормативних вимог електромагнітної безпеки у будівлях і спорудах, що свідчить про високу достовірність та практичну цінність отриманих наукових результатів.

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 Климчук Андрій Васильович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 26 «Цивільна безпека» за спеціальністю 263 – «Цивільна безпека».

Офіційний опонент
доктор технічних наук, професор
завідувач кафедри цивільної безпеки,
охорони праці, геодезії та землеустрою
Кременчуцького національного
університету імені Михайла Остроградського Сергій СУКАЧ

ПІДПИС Сергія СУКАЧА ЗАСВІДЧУЮ
Вчений секретар С.М. Чернецо
11.11.2026