РЕЦЕНЗІЯ

кандидата технічних наук, старшого дослідника

САМЧЕНКА Дмитра Миколайовича

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 присвячена комплексному вирішенню актуальної задачі мінімізації негативного впливу техногенних електромагнітних випромінювань (зокрема ультрависоких частот та систем бездротового зв'язку стандарту 5G) на людський організм та забезпечення електромагнітної сумісності обладнання. В основу дослідження покладено ідею розроблення та впровадження неоднорідних будівельних та облицювальних матеріалів і конструкцій, здатних ефективно екранувати та поглинати електромагнітні поля широкого частотного діапазону з мінімальними коефіцієнтами відбиття. Автор пропонує новий погляд на використання регулярних феромагнітних і діелектричних неоднорідностей у будівельних матеріалах (зокрема арматури, базальтових волокон та наповнювачів на основі карбонільного заліза), розглядаючи їх як електромагнітні кристали та хвилеводні системи. Значна частина дослідження присвячена математичному прогнозуванню та експериментальному визначенню коефіцієнтів екранування, відбиття та поглинання, що дозволило оптимізувати склад та геометричні параметри захисних покриттів. Результати дослідження впроваджено у виробничу діяльність ТОВ «Територіальна сервісна компанія», а також у навчальний процес Київського національного університету будівництва і архітектури при підготовці здобувачів вищої освіти зі спеціальностей «Екологія», «Технології захисту навколишнього середовища» та докторів філософії зі спеціальності «Цивільна безпека».

1. Актуальність дослідження

Сучасний етап розвитку суспільства та містобудування характеризується стрімким зростанням щільності розташування електричного й електронного обладнання, розширенням електричних мереж та переходом систем мобільного зв'язку на стандарт 5G. Це призводить до суттєвого підвищення електромагнітного фону техногенного походження в житлових, громадських та виробничих приміщеннях. Високочастотні електромагнітні випромінювання створюють додаткове навантаження на середовище, а перевідбиття хвиль від традиційних суцільних металевих екранів ускладнюють електромагнітну обстановку та перешкоджають нормальній роботі засобів бездротового зв'язку.

У таких умовах виникає гостра потреба в розробці нових широкосмугових екрануючих матеріалів і конструкцій, які, поряд із високою захисною ефективністю, мали б низький коефіцієнт відбиття, не погіршували б основні конструктивні та експлуатаційні характеристики будівельних елементів і не порушували функціонування систем зв'язку. Розв'язання цього завдання вимагає вдосконалення математичного апарату прогнозування захисних властивостей гетерогенних структур і проведення натурних та лабораторних експериментів. Саме необхідність нормалізації електромагнітного навантаження на людей та забезпечення електромагнітної сумісності за рахунок раціоналізації параметрів неоднорідних матеріалів визначає високу наукову та практичну значущість дослідження.

2. Наукова новизна досліджень та практичне значення одержаних результатів

Наукова новизна досліджень. полягає у тому, що:

- *Вперше* визначено ефективність екранування електромагнітних випромінювань будівельними матеріалами з регулярно розташованими провідними лінійними структурами і встановлено, що їх можна розглядати як електромагнітні кристали; це дозволило визначити смуги прозорості й поглинання випромінювання з використанням універсального показника $ka/2\pi$, що спрощує процес вибору

матеріалів за фактичними амплітудно-частотними характеристиками. Встановлено залежності захисних властивостей неоднорідних будівельних матеріалів на основі цементобетонної матриці та базальтових волокон на основі порівняння коефіцієнтів заломлення електромагнітних хвиль; доведено, що нанесення провідної субстанції на поверхню базальту дозволяє застосовувати математичний апарат металевих регулярних структур для прогнозування їхньої ефективності.

Удосконалено: Технологічні підходи до проєктування композиційних магнітодіелектриків: застосування карбонільного заліза (14–15% за об'ємом, товщина 5 мм) дозволило отримати коефіцієнт пропускання випромінювань УВЧ не вище 0,40 при коефіцієнті відбиття не більше 0,25, що перевищує показники відомих аналогів.

Набули подальшого розвитку: Розрахункові методи прогнозування ефективності неоднорідних металевих перфорованих структур за рахунок застосування математичного апарату теорії хвилеводів, що дозволило визначити частоти резонансних поглинань і пропускань залежно від параметрів перфорації.

Практичне значення одержаних результатів полягає у наступному: Одержані результати дозволяють підвищити ефективність екранування електромагнітних випромінювань будівельними та облицювальними матеріалами без погіршення їхніх основних фізико-механічних та конструктивних характеристик. Застосування діелектричних неоднорідностей покритих провідним шаром знижує вагу конструкцій та захищає базальтову арматуру від лужного середовища бетону. Використання розрахункового апарату теорії хвилеводів дозволяє прогнозувати екрануючі властивості перфорованих екранів на принципах розумної достатності, а застосування високодисперсного карбонільного заліза забезпечує створення доступних облицювальних покриттів з низьким коефіцієнтом відбиття. Розроблено та впроваджено алгоритм проєктування та оцінки заходів електромагнітної безпеки в реальних умовах.

3. Відсутність академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації

Дисертаційна робота Климчука Андрія Васильовича виконана із суворим дотриманням принципів академічної доброчесності. Усі використані в роботі наукові ідеї, теоретичні положення, висунуті гіпотези та експериментальні дані інших авторів мають належні посилання на відповідні джерела. Усі опубліковані праці у співавторстві містять чітке розмежування та визначення особистого внеску здобувача. Робота є результатом самостійного наукового дослідження, а отримані висновки обґрунтовані коректною методологічною та емпіричною базою.

4. Аналіз основного змісту роботи

У вступі автором обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету, завдання, об'єкт, предмет дослідження, розкрито наукову новизну та практичну значущість результатів, а також наведено дані про апробацію та публікації здобувача.

У першому розділі проведено ґрунтовний аналіз сучасного стану нормативно-правової бази та наукових розробок у сфері електромагнітної безпеки. Автор розглянув спектральні особливості техногенного електромагнітного впливу (зокрема від мереж 5G), виявив неузгодженості в чинних вітчизняних нормах та порівняв їх із рекомендаціями ICNIRP та IEEE. Встановлено недостатність використання внутрішніх неоднорідностей будівельних конструкцій та висвітлено необхідність розробки облицювальних композитів із низьким коефіцієнтом відбиття.

Другий розділ присвячено розробці та обґрунтуванню методології експериментальних досліджень та теоретичних методів прогнозування. Автор систематизував вирази для обчислення комплексних діелектричної та магнітної проникностей гетерогенних середовищ. Описано експериментальні стенди (замкнені камери, фольговані стенди, векторний аналізатор FieldFox N9916A, антени Вівальді та лінзи Люнеберга), що забезпечили високу точність вимірювання коефіцієнтів екранування, відбиття та пропускання у широкому діапазоні частот.

У третьому розділі викладено основні теоретичні та експериментальні результати дослідження захисних властивостей неоднорідних матеріалів. Проаналізовано характеристики матеріалів із лінійними та сітчастими феромагнітними неоднорідностями, виявлено ефекти «електромагнітних кристалів» та встановлено аналітичні залежності коефіцієнта пропускання від кількості шарів арматури. На основі теорії хвилеводів обґрунтовано резонансні явища та «вікна прозорості» в перфорованих структурах. Досліджено цементобетонні композиції з базальтовим армуванням та доведено ефективність застосування тонкошарового покриття на основі карбонільного заліза (14–15% за об'ємом), яке забезпечує високе поглинання та низьке відбиття хвилі.

У четвертому розділі сформульовано загальні засади та алгоритм проєктування й впровадження заходів електромагнітної безпеки. Автор запропонував комплексний підхід, який враховує вимоги електромагнітної сумісності, захист від шуму та підвищення енергоефективності. Надано обґрунтовані пропозиції щодо гармонізації національної нормативної бази із європейськими стандартами. Наведено практичні результати впровадження розроблених засобів екранування на об'єкті ТОВ «Територіальна сервісна компанія», де вдалося суттєво знизити рівні ЕМП без погіршення якості мобільного зв'язку.

5. Зауваження до дисертаційної роботи

1. У розділі 2.1 не варто надавати усі теоретичні засади прогнозування ефективності екранування. Достатньо надати співвідношення, які використовуються у роботі.
2. Що практично дає визначення магнітних проникностей за поглинаннями та заломленнями конкретного матеріалу, у даному випадку це сталь марки 45?
3. При розгляданні загальних засад розроблення неоднорідних захисних матеріалів занадто багато конкретики, посилань на конкретні компоненти, конкретні результати (розділ 4.1). Доцільно надати загальні межі властивостей, зокрема для феромагнітних регулярних структур.

4. У розділі 4.2 – електромагнітні екрани у комплексі заходів з безпеки фізичних факторів не варто розглядати різні механізми захисту від впливу низькочастотних та високочастотних електромагнітних полів. Вони відомі. Краще надати умови застосування конкретних матеріалів в залежності від амплітудно-частотних характеристик екранованих полів.
5. Доцільно більш повно описати можливості одночасного захисту від електромагнітних полів і шуму, (розділ 4.2), ці фактори у багатьох випадках є супутніми.
6. Надаючи пропозиції щодо вдосконалення нормативної бази з електромагнітної безпеки доцільно надати пропозиції вдосконалення будівельних нормативів, зокрема, визначення їх захисних властивостей.
7. У загальних висновках бажано надавати більше кількісних даних, наприклад, у пункті 5 надати дані щодо базальтових волокон, які є в роботі. У пункті 6 надати кількісні дані щодо екранів з отворами, для яких отримані конкретні кількісні дані.

Зазначені зауваження мають переважно рекомендаційний характер і не знижують науково-практичного рівня роботи та не перешкоджають її високій позитивній оцінці.

6. Висновки по дисертаційному дослідженні

Узагальнюючи результати аналізу дисертаційної роботи Климчука Андрія Васильовича, можна констатувати, що це є завершене, самостійне та глибоке наукове дослідження, яке має вагоме значення для галузі цивільної безпеки. Автору вдалося реалізувати системний підхід до розв'язання актуальної науково-практичної задачі нормалізації електромагнітного середовища та захисту населення й працюючих від впливу техногенних електромагнітних полів.

Наукова новизна підтверджується виявленням ефектів електромагнітних кристалів у армованих конструкціях, вдосконаленням хвилеводних моделей перфорованих екранів та розробкою магнітодіелектриків із мінімальним коефіцієнтом відбиття.

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 рецензент,
кандидат технічних наук, старший дослідник,
начальник відділу інноваційної діяльності
Київського національного університету
будівництва і архітектури Дмитро САМЧЕНКО

Підпис Дмитра САМЧЕНКА засвідчую:
Проректор з наукової роботи
та інноваційного розвитку Олександр КОВАЛЬЧУК

