РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента, доктора технічних наук, професора,

КОЧЕТОВА Геннадія Михайловича

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 актуальному науково-практичному завданню – захисту людей у виробничому та побутовому середовищі від електромагнітних полів широкого частотного діапазону за допомогою вдосконалених будівельних і облицювальних матеріалів.

1. Актуальність теми дослідження

Інтенсивний розвиток бездротових технологій, ущільнення електронного та електричного обладнання у цивільному і промисловому будівництві, а також розгортання мереж стандарту 5G супроводжуються суттєвим зростанням рівня техногенного електромагнітного випромінювання. В цих умовах забезпечення належного рівня електромагнітної безпеки населення та працюючих стає пріоритетним завданням галузі цивільної безпеки.

Традиційні екрануючі матеріали (металеві сплави) мають високі коефіцієнти відбиття електромагнітних хвиль, що створює небажані перевідбиття та вторинне навантаження усередині приміщень, а також ускладнює забезпечення електромагнітної сумісності засобів зв'язку. Дисертаційна робота А.В. Климчука,

присвячена розробленню та обґрунтуванню застосування неоднорідних будівельних та облицювальних матеріалів з регульованими захисними властивостями, є надзвичайно актуальним науково-прикладним завданням.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Робота виконана відповідно до «Концепції реформування системи управління охороною праці в Україні» (розпорядження КМУ від 12.12.2018 р. № 989-р) та у рамках виконання держбюджетної теми «Дослідження фізичних факторів техногенного походження виробничих ризиків та засоби їх зниження» (державний реєстраційний номер 0121U111535).

3. Наукова новизна отриманих результатів.

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 і поглинання випромінювання матеріалом з використанням універсального показника $ka/2\pi$, що спрощує процес обирання будівельних матеріалів необхідної ефективності.

Вперше визначено залежності захисних властивостей неоднорідних будівельних матеріалів на основі цементобетону та базальтових волокон на основі порівняння коефіцієнтів заломлення електромагнітних хвиль. Встановлено, що нанесення на поверхню базальтових волокон провідної субстанції дозволяє підвищити ефективність екранування й застосовувати для прогнозування кількісних значень відповідних коефіцієнтів математичний апарат для металевих регулярних структур.

Удосконалено технологічні підходи до проєктування композиційних магнітодіелектриків. Застосування як наповнювача карбонільного заліза у кількості 14–15 % за об'ємом за товщини матеріалу 5 мм дозволило отримати коефіцієнт

пропускання електромагнітних випромінювань ультрависоких частот не вищий за 0,40 при коефіцієнті відбиття не більше 0,25.

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.

4. Загальнонаціональне та світове значення роботи

Загальнонаціональне та світове значення дисертаційної праці Андрія Климчука полягає у вирішенні актуальної проблеми захисту населення та працюючих від шкідливого впливу техногенних електромагнітних полів, інтенсивність яких стрімко зростає через масове впровадження стандарту зв'язку 5G та ущільнення електронного обладнання. На національному рівні результати роботи сприяють реалізації Концепції реформування системи управління охороною праці та створюють наукове підґрунтя для гармонізації вітчизняних норм із міжнародними стандартами ICNIRP і директивами Європейського Союзу. Запропоновані автором інноваційні підходи до використання неоднорідних будівельних та облицювальних матеріалів із доступними наповнювачами (зокрема карбонільним залізом) дозволяють ефективно екранувати випромінювання без погіршення міцнісних характеристик споруд. У світовому контексті розробка вирішує важливе завдання покращення електромагнітної сумісності технічних засобів та запобігання небезпечному перерозподілу енергії у середовищі завдяки мінімізації коефіцієнтів відбиття хвиль. Практичне впровадження цих рішень на виробничих об'єктах та у навчальний процес підготовки фахівців із цивільної безпеки забезпечує вагомий соціально-економічний ефект для збереження здоров'я людей.

5. Відсутність академічного плагіату, фабрикації та фальсифікації

Дисертаційна робота повністю відповідає вимогам академічної доброчесності. Усі експериментальні дані отримані із застосуванням повіреного вимірювального обладнання та строгих математичних методів, що виключає можливість їх фальсифікації чи фабрикації. Теоретичні положення та обчислення спираються на коректно цитовану наукову базу. Практична достовірність здобутих результатів підтверджується їх апробацією на наукових конференціях, публікацією у фахових виданнях і наукометричній базі Scopus, а також офіційними актами впровадження у виробництво та навчальний процес.

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.

У *першому розділі* здійснено поглиблений аналіз сучасного стану проблеми забезпечення електромагнітної безпеки в умовах інтенсивного розвитку засобів зв'язку та бездротових технологій. Проведено детальну оцінку діючої нормативно-правової бази України та міжнародних стандартів щодо гранично допустимих рівнів ЕМП. Розглянуто фізико-хімічні та матеріалознавчі засади екранування електромагнітних хвиль, висвітлено переваги та недоліки існуючих однорідних і композиційних матеріалів, на основі чого сформульовано мету та задачі дослідження.

У *другому розділі* обґрунтовано методологію проведення експериментальних та теоретичних досліджень. Детально описано сучасний вимірювальний комплекс, що включає високоточний векторний аналізатор кіл Keysight FieldFox N9916A,

вимірювальні антени Вівальді, фокусуючу лінзу Люнеберга та вимірювач напруженості поля П3-31. Наведено методики виготовлення зразків неоднорідних матеріалів та оцінки їхніх електродинамічних властивостей (коефіцієнтів відбиття, пропускання та поглинання) у широкому діапазоні частот.

У *третьому розділі* викладено основні теоретичні та експериментальні результати дослідження. Проведено аналіз екрануючих властивостей регулярних будівельних структур із провідними включеннями (арматурні сітки, лінійні провідники), що дозволило інтерпретувати їх як електромагнітні кристали з притаманними їм смугами пропускання та затримування. Досліджено композиційні магнітодіелектрики на основі дисперсного карбонільного заліза FeC, виявлено оптимальні об'ємні концентрації наповнювача (14–15 %) та параметри товщини, які забезпечують мінімальне перевідбиття хвилі. Досліджено перфоровані металеві системи за допомогою математичного апарату теорії хвилеводів.

У *четвертому розділі* висвітлено практичну реалізацію отриманих результатів. Розроблено та алгоритмізовано інженерну методику розрахунку та проєктування неоднорідних екрануючих конструкцій для цивільних і промислових будівель із дотриманням принципу «розумної достатності». Продемонстровано можливість суміщення функцій електромагнітного екранування та акустичного шумопоглинання. Сформовано обґрунтовані пропозиції щодо вдосконалення санітарних норм та будівельних правил у галузі захисту від впливу ЕМП.

7. Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

1. Оцінку сучасного складу питання (розділ 1.4) краще надати у вигляді висновків з переліком невирішених задач.

2. Не наведено пояснень щодо достатності кількості рядів арматури для повного екранування випромінювання (рис. 3.2). Зокрема, у даному випадку 5 рядів дає практично нульове значення.

3. У роботі досліджено вплив діелектричних неоднорідностей у будівельних матеріалах, зокрема базальтової арматури на ефективність екранування. Він незначний (рис. 3.9). Чи має такий підхід практичну перспективу?

4. Не слід наводити у основній частині роботи загальновідомих співвідношень, наприклад, 3.21, 3.24, 3.25. Достатньо привести експериментальні й розрахункові дані.

5. На мою думку, недостатньо приділено уваги узгодженості магнітних та діелектричних властивостей матеріалів. Це є основний аспект високих поглинальних властивостей композицій.

6. Чим обумовлене застосування лаку ХС у якості діелектричної матриці композиту. Не показано, як визначався питомий об'єм матриці внаслідок висихання суміші.

7. У роботі не наведено, за яких умов композиційний матеріал набуває поверхневого електростатичного заряду й впливає на концентрації іонів.

Висловлені зауваження та побажання мають дискусійний та рекомендаційний характер. Вони не применшують отриманих наукових результатів, не впливають на їхню новизну й практичну цінність, а також загалом не змінюють високої позитивної оцінки дисертаційного дослідження.

8. Висновки по дисертаційній роботі

Дисертаційна робота Климчука Андрія Васильовича на тему «Захист населення та працюючих від впливу техногенних електромагнітних полів неоднорідними облицювальними матеріалами» є завершеною самостійною кваліфікаційною працею, яка містить нові обґрунтовані наукові результати, що розв'язують важливе науково-прикладне завдання галузі – підвищення ефективності екранування та захисту від випромінювання за рахунок використання перспективних неоднорідних матеріалів.

Основні результати та положення дисертації повною мірою висвітлені у наукових працях здобувача, зокрема у фахових виданнях України та публікаціях, що індексуються у міжнародних наукометричних базах, а також пройшли належну апробацію на науково-технічних конференціях. Дисертаційна робота Климчука Андрія Васильовича «Захист населення та працюючих від впливу техногенних електромагнітних полів неоднорідними облицювальними матеріалами» є завершеною кваліфікаційною працею.

Враховуючи актуальність обраного напряму, наукову новизну та прикладну значущість отриманих результатів, дисертаційне дослідження 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».

Рецензент,
доктор технічних наук, професор,
професор кафедри хімії
Київського національного університету
будівництва і архітектури Геннадій КОЧЕТОВ

Підпис професора Геннадія КОЧЕТОВА засвідчую:
Проректор з науково-роботи
та інноваційного розвитку Олександр КОВАЛЬЧУК