

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну наукову працю: «**Захист працюючих від впливу електромагнітних полів із застосуванням рідинних екрануючих матеріалів**», яку подано **Бірук Яною Ігорівною** на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 263 – Цивільна безпека, галузі знань 26 – Цивільна безпека

Питання захисту працюючих та населення, комп'ютерної техніки, електричних приладів та електронних пристроїв від електромагнітних полів, не зважаючи на велику кількість теоретичних ідей та практичних розробок, є важливим в галузі цивільної безпеки, оскільки ці об'єкти є вразливими до дії зовнішніх електромагнітних полів. Окрім природного магнітного поля на них діють електромагнітні поля, що генеруються системами забезпечення і функціонування засобів бездротового зв'язку, лініями електропередачі, відкритими розподільними пристроями, радіотехнічні об'єкти, телевізійні станції, станції радіолокації і радіопеленгації, радарні установки, термічні цехи, кабіни автомашин, побутова та комп'ютерна техніка, дисплеї, в офісних та побутових приміщеннях синтетичні і полімерні поверхні та покриття тощо. Більшість матеріалів, пропонованих для екранування електромагнітних полів, мають значні коефіцієнти відбиття. Суперпозиція великої кількості електромагнітних полів, які поширюються від техногенних джерел та відбитих полів від екрануючих поверхонь призводить до наднормативних значень полів. Тому актуальним завданням є розроблення таких матеріалів, які поглинають електромагнітну енергію, не відбиваючи електромагнітні хвилі. Для екранування електромагнітних полів широкого частотного діапазону пропонують і застосовують суцільні металеві конструкції або композитні матеріали. Дані конструкції і матеріали не в повній мірі відповідають цим вимогам, оскільки тверді кристалічні і аморфні матеріали мають великий коефіцієнт відбиття електромагнітних полів. Вирішенню *актуальної науково-практичної задачі* підвищення

електромагнітної безпеки працюючих шляхом визначення умов, за яких рідкі екрануючі матеріали проявляють свою максимальну ефективність, а також розроблення і реалізації матеріалів на рідинній основі та технологій, що ефективно екранують електромагнітні поля в широкому діапазоні частот присвячено дану дисертаційна роботу.

Мета роботи полягає у забезпеченні електромагнітної безпеки працюючих та населення шляхом екранування електромагнітних полів широкого частотного діапазону.

Для досягнення поставленої мети автором визначені основні *завдання дослідження*:

- проаналізувати існуючі заходи та засоби забезпечення електромагнітної безпеки;
- проаналізувати ефективність існуючих екрануючих матеріалів, їх переваги та недоліки;
- обґрунтувати та розробити технологію виготовлення рідких екрануючих сумішей на основі стандартних лакофарбових матеріалів;
- дослідити загальні коефіцієнти екранування та внесок у захисні властивості відбиття рідких екрануючих матеріалів за їх різного складу та технологій виготовлення;
- розробити систему організаційно-технічних засобів із застосуванням екрануючих матеріалів у виробничих та побутових умовах.

Об'єкт дослідження – екранування електромагнітних полів широкого частотного діапазону композиційними захисними матеріалами.

Предмет дослідження – залежності ефективності екранування (коефіцієнтів поглинання електромагнітної енергії та коефіцієнтів відбиття електромагнітних хвиль) від амплітудно-частотних характеристик електромагнітних полів та від технологій виготовлення композиційних матеріалів.

В роботі застосовано *методи* натурних досліджень; методи математичної обробки і математичного моделювання.

Наукова новизна одержаних результатів, в основному полягає у тому, що:

– *вперше* обґрунтовано застосування залізорудного концентрату у якості екрануючої субстанції рідких захисних сумішей на основі стандартних лакофарбових виробів. Це дозволило з ваговим вмістом залізорудного концентрату 30–60 % отримати коефіцієнти екранування електромагнітного поля ультрависокої частоти від 1,3 до 7,9; магнітного поля промислової частоти до 5,7; електричного поля промислової частоти до 8,6;

– *вперше* обґрунтовано технологію виготовлення, отримано та випробувано захисні властивості екрануючих матеріалів градієнтного типу на основі рідких композицій. Це дозволило отримати коефіцієнти екранування електромагнітного поля ультрависокої частоти 6,2–6,3 для двошарового покриття та 11–12 для тришарового покриття;

– *удосконалено* методологічні та технологічні засади створення рідких композицій. Додавання до залізорудного концентрату лускатого графіту з ваговим вмістом 5 % дозволяє підвищити коефіцієнти екранування електромагнітного поля ультрависокої частоти на 48–50 %, електричного поля промислової частоти – на 38–40 %;

– *набули подальшого розвитку* розрахункові методи визначення захисних властивостей композиційних захисних рідинних матеріалів, що дозволяє прогнозувати коефіцієнти екранування у залежності від амплітудно-частотних характеристик екранованих електромагнітних полів з ваговим вмістом екрануючого наповнювача у діелектричній матриці.

Практичну цінність одержаних результатів підтверджено патентами на корисну модель. Патент 149126 Україна МПК 2021.01, G12B 17/00, G12B 17/02 (2006.01) «Спосіб виготовлення електромагнітного екрана з градієнтом електрофізичних властивостей». Патент 153982 Україна МПК 2023.01, G12B 17/00 G12B 17/02 «Спосіб виготовлення градієнтного композиційного електромагнітного екрана».

До практичної значимості даної роботи слід віднести, що було проведено тестування розроблених захисних рідинних матеріалів у сертифікованій лабораторії з вивчення та нормування фізичних факторів виробничого середовища Інституту медицини праці імені Ю. І. Кундієва НАМН України. Результати тестування збігаються з результатами дисертаційного дослідження у межах похибки вимірювань.

Результати дослідження були впроваджені у навчальний процес у КНУБА при навчанні фізики студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» та підготовці аспірантів зі спеціальності 263 «Цивільна безпека».

Особистий внесок здобувача полягає у формулюванні теми, мети та вирішенні основних теоретичних та експериментальних завдань, які поставлені в роботі. За безпосередньої участі автора виконано натурні та теоретичні дослідження, авторові належать основні ідеї щодо застосування вагового вмісту екрануючого наповнювача у діелектричній матриці; визначення необхідної ефективності екранів для зниження рівнів електромагнітних полів комп'ютерної техніки; дослідження зразків захисних матеріалів для екранування електромагнітних полів широкого частотного діапазону; визначення специфіки оцінювання ризиків від впливу електромагнітних полів; ідеї щодо розроблення алгоритму оцінювання електромагнітного навантаження на підприємстві.

Структура дисертації науково обґрунтована й логічно вибудована. Вона складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 137 сторінок, з них: 112 сторінок основного тексту, список використаних джерел зі 153 найменування на 21 сторінці; 2 додатків на 4 сторінках.

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і основні завдання досліджень, встановлено об'єкт, предмет та методи дослідження, визначено наукову новизну та практичну

цінність отриманих результатів. Приведено відомості про особистий внесок автора, апробацію, опубліковані результати, структуру та обсяг роботи.

У *першому* розділі виконано аналіз літературних джерел та нормативних документів, що присвячені захисту від електромагнітних полів широкого частотного діапазону. Проведено ґрунтовний аналіз впливу електромагнітних полів різних частот та рівнів щільності потоків енергії техногенного походження на несприятливі зрушення у здоров'ї людей. Здійснено аналіз європейської та національної нормативної бази з електромагнітної безпеки. Досліджено існуючі заходи і засоби захисту від впливу електромагнітних полів широкого частотного діапазону. Надано оцінку сьогоденного стану вивчення та дослідження питання та здійснено постановку завдань досліджень. Доведено, що в умовах збільшення електромагнітного навантаження і розширення частотного спектра електромагнітних полів найбільш ефективним засобом захисту людей від електромагнітних впливів є екранування електромагнітних полів. Обґрунтовано, що головними вимогами до захисних матеріалів є високі коефіцієнти загального екранування, малі коефіцієнти відбиття електромагнітних хвиль, прийнятні масогабаритні параметри і придатність до облицювання поверхонь великих площ і складних конфігурацій.

Другий розділ присвячено методам і методикам вимірювання рівнів електромагнітних полів та визначенню ефективності захисних матеріалів. Встановлено особливості вимірювання рівнів електричних, магнітних та електромагнітних полів у виробничих та побутових умовах. Представлено особливості визначення захисних властивостей коефіцієнтів екранування захисних матеріалів для екранування електромагнітних полів. Для отримання коефіцієнтів екранування електричної та магнітної складових електромагнітного поля наднизької частоти авторка запропонувала застосовувати замкнені конструкції, виготовлені із досліджуваних матеріалів. Проведена розрахункова оцінка захисних властивостей композиційних матеріалів у процесі їх розроблення дисертанткою. Доведено, що для

визначення захисних властивостей матеріалів для екранування електромагнітних полів дуже високих і вищих частот необхідно визначати як загальний коефіцієнт екранування, так і коефіцієнт екранування за рахунок відбиття електромагнітних хвиль. Показано доцільність оцінювання коефіцієнтів екранування, виходячи з геометричних характеристик, магнітних та електрофізичних властивостей матеріалу.

У *третьому* розділі описано матеріали та технології виготовлення захисних композицій. Аргументовано, що при виготовленні рідких композицій для екранування електромагнітних полів доцільним є використання стандартних акрилових водно-дисперсійних та геополімерних фарб, при виготовленні металополімерного матеріалу застосовувався рідкий латекс. В роботі визначено коефіцієнти екранування однорідних матеріалів для екранування електромагнітних полів широкого частотного діапазону. Наведено розрахункові методи прогнозування захисних властивостей композиційних матеріалів для екранування електромагнітних полів широкого частотного діапазону. У якості екрануючих наповнювачів використовувався дрібнодисперсний залізорудний концентрат з частинками розмірами 45–50 мкм, пігментний наповнювач GreyX та лускатий графіт.

Додавання до водно-дисперсійної фарби залізорудного концентрату, у ваговому вмісті 15–60 %, створює коефіцієнти екранування електричного поля промислової частоти 1,1–2,9; магнітної складової промислової частоти – 1,2–3,8; електромагнітного поля ультрависокої частоти 2,45 ГГц – 1,2–4,1. Додавання до геополімерної фарби з таким же вмістом залізорудного концентрату, показує коефіцієнти екранування по електричному полю промислової частоти – 1,1–5,3; магнітному полю промислової частоти – 1,4–7,8; електромагнітному полю ультрависокої частоти – 1,3–5,6. Для геополімерної фарби з вмістом GreyX та залізорудного концентрату у пропорції 1:1, при тому ж ваговому вмісті наповнювача, коефіцієнти екранування складають по електричному полю промислової частоти – 1,3–8,6; по магнітному полю промислової частоти – 1,2–5,7; електромагнітному

полю ультрависокої частоти – 1,7–7,9. При цьому коефіцієнти відбиття електромагнітного поля ультрависокої частоти складали для водно-дисперсійної фарби при ваговому вмісті залізорудного концентрату 15–60 % – 0,1–0,23; для геополімерної фарби – 0,15–0,29; геополімерної з вмістом GreyX – 0,22–0,34. Визначено фізичні механізми розбіжностей захисних властивостей. Головним з них є зміна провідності матеріалів на межі перколяційного ефекту.

Додавання у екрануючу композицію лускатого графіту з ваговим вмістом 5 % підвищує ефективність матеріалу. Коефіцієнти екранування електромагнітного поля ультрависокої частоти зростають на 48–52 % за однакового вмісту залізорудного концентрату. Коефіцієнти екранування електричного поля промислової частоти – на 38–40 %. Коефіцієнти екранування магнітного поля здійснюються у межах похибки вимірювань, що пояснюється відсутністю у графіту магнітних властивостей.

Обґрунтовано і досліджено захисні властивості матеріалів з градієнтом електрофізичних властивостей. Двошарове покриття з ваговим вмістом залізорудного концентрату 45 % у зовнішньому шарі та у внутрішньому шарі 60 % має коефіцієнти відбиття 0,10–0,15, коефіцієнти екранування 6,2–6,3. Для тришарового покриття ці показники складають 0,15–0,16, 11–12 відповідно. Значне підвищення коефіцієнта екранування порівняно з одношаровими покриттями пояснюється додатковим розсіюванням електромагнітних хвиль на границях шарів.

Для спрощення процесу проектування захисних сумішей з потрібними коефіцієнтами відбиття та загального екранування дисертанткою вдосконалено розрахункові методи прогнозування електрофізичних і магнітних властивостей на основі вагових вмістів наповнювача у діелектричній матриці.

Четвертий розділ присвячений апробації дослідження екранування електромагнітних полів широкого частотного діапазону як складової організаційно-технічних заходів з електромагнітної безпеки. Проектування

електромагнітних екранів, у комплексі заходів нормалізації фізичних факторів виробничого середовища, дозволяє раціоналізувати коефіцієнти екранування на стадіях проектування. Головним чином це стосується забезпечення електромагнітної безпеки людей, електромагнітної сумісності технічних засобів зі збереженням стабільної роботи усіх засобів бездротового зв'язку.

Розроблення та впровадження екранування електромагнітних полів широкого частотного діапазону доцільно здійснювати за певним алгоритмом, що у загальному випадку складається з трьох етапів. На першому етапі здійснюється електромагнітний моніторинг. На другому етапі визначаються амплітудно-частотні характеристики електромагнітних полів, які потребують екранування, і визначаються потрібні ступені зниження полів різних частотних діапазонів. На третьому – здійснюються виготовлення і впровадження екрануючих конструкцій з урахуванням всіх критичних чинників.

Надано пропозиції щодо вдосконалення національної нормативно-правової бази з електромагнітної безпеки. Незалежне тестування розроблених рідких сумішей для екранування електромагнітних полів широкого частотного діапазону свідчить про коректність результатів, отриманих у процесі дисертаційного дослідження.

У дисертаційному дослідженні теоретично і за допомогою вимірів обґрунтовано застосування залізорудного концентрату у якості екрануючої субстанції рідких захисних сумішей на основі стандартних лакофарбових виробів, технологію виготовлення, отримано та випробувано властивості захисних матеріалів градієнтного типу на основі рідких композицій, обґрунтовано методологічні та технологічні засади створення рідких композицій.

До тексту дисертації за змістом та по суті є такі зауваження:

1. У методичній частині роботи не пояснено чому для визначення захисних властивостей матеріалів використовується коефіцієнт екранування, а не ефективність екранування.
2. У роботі не пояснено, яким чином обиралися розміри отворів та замкнених конструкцій для проведення досліджень щодо захисних властивостей матеріалів (рис. 2.1, рис. 2.2).
3. Потребує пояснення, чому не виконано дослідів із з'ясування залежності коефіцієнтів екранування від дисперсності екрануючого наповнювача.
4. Відомо, що механізми екранування електромагнітних полів промислової частоти та ультрависокої частоти різні. Яким чином це узгоджувалося у процесі розроблення захисних матеріалів?
5. У роботі не наведено, чому у частині щодо екранування електромагнітного поля промислової частоти наголос робиться на екрануванні магнітної складової поля.
6. У дисертаційній роботі використовується термін «ваговий вміст», але коректніше говорити «масовий вміст», що відповідає стандартній термінології.

Дисертаційна робота написана державною мовою. Структура, зміст і обсяг дисертації відповідає встановленим вимогам і являє собою завершену структуровану науково-дослідну роботу.

За текстом дисертації є посилання на усі літературні джерела. Текст дисертації читається легко і зрозуміло.

Висновки дисертації є достатньо обґрунтованими і мають практичну цінність для розробки теорії і практики захисту працюючих від впливу електромагнітних полів із застосуванням рідинних екрануючих матеріалів.

Вказані зауваження не знижують, в цілому, якість наукових досліджень та отриманих результатів. Дисертація повністю відповідає встановленим вимогам щодо отримання наукового ступеня доктора філософії, а авторка

Бірук Яна Ігорівна заслуговує присвоєння їй наукового ступеня
доктора філософії за спеціальністю 263 – Цивільна безпека, галузі знань
26 – Цивільна безпека.

Рецензент, начальник відділу
інноваційної діяльності
к.т.н., старший дослідник

Дмитро САМЧЕНКО

Підпис к.т.н. Д. Самченка засвідчую
Вчений секретар КНУБА

Микола КЛИМЕНКО

