

РЕЦЕНЗІЯ

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

Дисертаційна робота Бірук Я.І. присвячена науковому обґрунтуванню та практичному вирішенню задачі підвищення електромагнітної безпеки працюючих шляхом визначення умов, за яких рідкі екрануючі матеріали проявляють свою максимальну ефективність, а також розроблення і створення матеріалів на рідинній основі, що ефективно екранують електромагнітні поля в широкому діапазоні частот.

У дисертаційній роботі автором проаналізовано існуючі методи забезпечення електромагнітної безпеки працюючих. Визначено, що найбільш ефективним засобом захисту людей від електромагнітних впливів є екранування електромагнітних полів. 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.

Позитивним у роботі пошукувача наукового ступеня є те, що розроблено та досліджено захисні властивості рідинних матеріалів для екранування електромагнітних полів у широкому частотному діапазоні. Перевагами таких сумішей є можливість забезпечення потрібних коефіцієнтів поглинання і відбиття електромагнітних хвиль. Це дозволило регулюванням складу і кількістю нанесених шарів отримувати параметри матеріалів, необхідні у конкретній електромагнітній обстановці, та забезпечувати стабільну роботу

засобів бездротового зв'язку. Проведено дослідження щодо обґрунтування розроблення технологій.

Актуальність досліджень Бірук Я.І. полягає в тому, що розроблення, дослідження захисних властивостей і впровадження екрануючих композицій на рідких основах, ефективних у широкому частотному діапазоні є нагальною потребою через стійке підвищення останнім часом в Україні і світі електромагнітного навантаження на виробниче, побутове середовище і довкілля. Це спричинюється підвищенням кількості та ущільненням розміщення електричного та електронного обладнання в будівлях і спорудах, підвищенням навантаження на силові мережі електроживлення, збільшенням інтенсивності та розширення частотного спектра усіх видів бездротового зв'язку. Перевагами екрануючих композицій на рідких основах є можливість забезпечення потрібних коефіцієнтів поглинання і відбиття електромагнітних полів, що дозволить регулюванням складу і кількістю шарів отримувати параметри, необхідні у конкретній електромагнітній обстановці.

Наукова новизна досліджень Бірук Я.І. полягає у тому, що:

- вперше обґрунтовано застосування залізородного концентрату у якості екрануючої субстанції рідких захисних сумішей на основі стандартних лакофарбових виробів. Це дозволило з ваговим вмістом залізородного 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.

Дослідження Бірук Я.І. окрім наукового, мають вагоме **практичне значення**, яке полягає в тому, що:

– розроблені рідкі композиції виготовляються зі стандартних компонентів, що знижує собівартість кінцевого продукту і робить його придатним для облицювання поверхонь великих площ та складних конфігурацій;

– керованість коефіцієнтів екранування рідких сумішей дозволяє знизити електромагнітне навантаження на середовище перебування людей із збереженням стабільної роботи засобів бездротового зв'язку;

– малі коефіцієнти відбиття дозволяють уникнути критичного перерозподілу електромагнітних полів ультрависоких і вищих частот у приміщеннях і будівлях. Застосування рідких екрануючих сумішей дозволяє підвищити електромагнітну сумісність і стабільність роботи електричного та електронного обладнання, зокрема чутливої медичної діагностичної апаратури, електронного обладнання зв'язку, комп'ютерної техніки тощо.

Отримано 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».

У розділі 1 «Огляд наукових публікацій та розробок щодо захисту від електромагнітних полів широкого частотного діапазону» на підставі аналізу та узагальнення нормативної бази з електромагнітної безпеки, наукових публікацій і прикладних розробок вітчизняних та іноземних науковців автором було визначено заходи і засоби захисту працюючих і населення від впливу електромагнітних полів широкого частотного діапазону, дана оцінка сучасного стану питання та здійснена постановка завдань досліджень. Автором визначено невіршені питання щодо розроблення і впровадження матеріалів для екранування електромагнітних полів широкого частотного діапазону з метою зменшення їх шкідливого впливу на біологічні об'єкти, негативної дії на електричні пристрої та електронне обладнання. Встановлено необхідність отримання рідких екрануючих композицій на основі стандартних лакофарбових матеріалів і наповнювачів малої вартості з достатніми коефіцієнтами екранування електромагнітних полів у більшості виробничих умов.

У розділі 2 «Методи і методики вимірювання рівнів електромагнітних полів та визначення ефективності захисних матеріалів» Бірук Я.І. обґрунтовує особливості проведення вимірювань рівнів електричних, магнітних та електромагнітних полів у виробничих та побутових умовах для коректного проєктування захисних матеріалів і конструкцій. Авторка встановлює особливості експериментального визначення захисних властивостей коефіцієнтів екранування захисних матеріалів для екранування електромагнітних полів наднизької частоти. Обґрунтовано, що для цього необхідно застосовувати геометрично замкнені екрануючі конструкції, виготовлені із протестованого матеріалу, визначається квазістаціонарністю низькочастотних полів і унеможливорює проникнення полів за межі екрануючої конструкції.

В розділі здійснюється розрахункова оцінка захисних властивостей композиційних матеріалів у процесі їх розроблення. Щоб мінімізувати відбиття електромагнітних хвиль у небажаних напрямках, при визначенні захисних властивостей матеріалів, для екранування електромагнітних полів дуже високих і вищих частот, необхідно визначати загальний коефіцієнт екранування і коефіцієнт екранування за рахунок відбиття електромагнітних хвиль. Обґрунтовано, що з метою полегшення проєктування захисних матеріалів з потрібними коефіцієнтами екранування доцільним є встановлення стандартних показників матеріалу, оскільки для композиційних матеріалів відсутні довідкові дані про коефіцієнти екранування, виходячи з геометричних характеристик, електрофізичних та магнітних властивостей матеріалів.

У розділі 3 «Екранування електромагнітних полів широкого частотного діапазону та визначення умов їх максимальних ефективностей» авторкою обґрунтовано вибір матеріалів та технологій виготовлення захисних композицій. Для виготовлення рідких захисних композицій було максимально використано компоненти які серійно виробляються в Україні і є екологічно безпечними. У якості матриць використовувалися стандартні уже готові фарби двох типі - акрилова водно-дисперсійна фарба VD-AK-22W і геополімерна фарба МК 3/18-9.20. У якості екрануючих наповнювачів використовувалися: дрібнодисперсний концентрат залізної руди зі вмістом Fe – 68–72 %, Fe₃O₄ – 20–22 %; пігментна суміш GreyX зі вмістом Al₂O₃ – 50 %, TiO₂ – 25 %, Fe₂O₃ – 10 %. Для підвищення коефіцієнтів екранування в ультрависокій частині спектра у матриці додавався лускатий малозольний графіт ГСМ.

Визначення коефіцієнтів екранування однорідних матеріалів для екранування електромагнітних полів широкого частотного діапазону. Дослідження коефіцієнтів екранування матеріалів з градієнтом електрофізичних властивостей. Розрахункові методи прогнозування захисних властивостей

композиційних матеріалів для екранування електромагнітних полів широкого частотного діапазону.

Коефіцієнти екранування композиції на основі водно-дисперсійної фарби з ваговим вмістом залізородного концентрату 15–60% складають для електричної складової електромагнітного поля промислової частоти 1,1–2,9; магнітної складової – 1,2–3,8; електромагнітного поля ультрависокої частоти 2,45 ГГц – 1,2–4,1. Для геополімерної фарби коефіцієнти екранування складають відповідно 1,1–5,3; 1,4–7,8, 1,3–5,6. Для геополімерної фарби з вмістом GreyX, та залізородного концентрату у пропорції 1:1 – 1,3–8,6; 1,2–5,7; 1,7–7,9. Коефіцієнти відбиття електромагнітних хвиль ультрависокої частоти з ваговим вмістом екрануючої субстанції 45–60 % складали для водно-дисперсійної фарби – 0,1–0,23; для геополімерної – 0,15–0,29; для геополімерної з вмістом GreyX – 0,22–0,34. Встановлено, що розбіжності у захисних властивостях обумовлені різними провідностями матеріалів на межі перколяційного ефекту.

Встановлено, що додавання у наповнювач лускатого графіту з ваговим вмістом 5 % підвищує коефіцієнти екранування електромагнітного поля ультрависокої частоти на 48–52 %, а коефіцієнти екранування електричного поля промислової частоти на 38–40 %. При цьому ефективність екранування магнітного поля промислової частоти практично не змінюється. Це обумовлено відсутністю магнітних властивостей у графіту.

Обґрунтовано доцільність застосування захисного матеріалу з градієнтом електрофізичних та магнітних властивостей. Це реалізовано за рахунок нанесення на поверхню кількох шарів рідкої композиції з різними властивостями. Двошарове покриття з ваговим вмістом залізородного концентрату 45 % у зовнішньому шарі та 60 % у внутрішньому шарі має коефіцієнт екранування 6,2–6,3, а коефіцієнт відбиття – 0,10–0,15. Для тришарового покриття ці показники складають відповідно – 11–12 та 0,15–0,16.

Різке підвищення ефективності тришарової структури обумовлене розсіюванням електромагнітних хвиль на межах шарів.

Розділ 4 «Екранування електромагнітних полів широкого частотного діапазону як складова організаційно-технічних заходів з електромагнітної безпеки» присвячено особливостям розроблення заходів і засобів забезпечення електромагнітної безпеки працюючих. Доведено, що проектування електромагнітних екранів, у комплексі заходів нормалізації фізичних факторів виробничого середовища, дозволяє раціоналізувати коефіцієнти екранування на стадіях планування. В основному це відноситься до забезпечення електромагнітної безпеки людей, електромагнітної сумісності технічних засобів зі збереженням стабільної роботи усіх засобів бездротового зв'язку. Досліджено використання електромагнітних екранів у комплексі заходів з безпеки фізичних факторів техногенного походження. Запропоновано та розроблено алгоритм впровадження екранування електромагнітних полів широкого частотного діапазону.

Надано пропозиції щодо вдосконалення національної нормативно-правової бази з електромагнітної безпеки. Головними з них є: необхідність узгодження порядку розрахунку сумарного електромагнітного навантаження на виробниче середовище у різних чинних санітарних нормах і правилах; необхідність внесення до переліку екрануючих матеріалів, рекомендованих санітарними нормами і правилами, композиційних захисних матеріалів та надання загальних рекомендацій щодо застосування тих чи інших захисних матеріалів і конструкцій у залежності від амплітудно-частотних характеристик екранованого поля; необхідність узгодження застосування вимірювання електромагнітного навантаження з міжнародними нормативами у частині, де застосовується питома поглинена енергія (SA) та питома поглинена потужність (SAR).

Отримані результати можуть бути використані для розробки інженерно-технічних заходів щодо захисту організму людини від впливу електромагнітних полів на робочих місця відповідно до Наказу МОЗ від 13.01.2023 «Про затвердження Мінімальних вимог до охорони здоров'я та безпеки працівників, які піддаються впливу електромагнітних полів» та Директиви ЄС Directive 2013/35/EU. Результати незалежного тестування розроблених рідких сумішей для екранування електромагнітних полів широкого частотного діапазону свідчить про коректність результатів, отриманих у процесі дисертаційного дослідження. Розбіжності у значеннях коефіцієнтів екранування перебувають у межах похибок вимірювань.

У висновках роботи узагальнено результати досліджень з обґрунтування та наукового вирішення мети дослідження.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, що сформульовані в дисертації, їх достовірність. Автором всебічно проаналізована нормативна база та наукова література за напрямом досліджень, досконало обґрунтовано програму досліджень, вдало визначено їх мету та завдання, які включають:

- аналіз існуючих заходів та засобів забезпечення електромагнітної безпеки;
- аналіз ефективності існуючих екрануючих матеріалів, їх переваги та недоліки;
- обґрунтування та розроблення технологій виготовлення рідких екрануючих сумішей на основі стандартних лакофарбових матеріалів;
- дослідження загальних коефіцієнтів екранування та внеску у захисні властивості відбиття рідких екрануючих матеріалів за їх різного складу та технологій виготовлення;
- розроблення системи організаційно-технічних засобів із застосуванням екрануючих матеріалів у виробничих та побутових умовах.

Повнота викладення матеріалів дисертації в опублікованих працях.

За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 22 наукові праці, серед яких 2 статті у наукометричній базі «SCOPUS», 7 статей у наукових фахових періодичних виданнях рекомендованих Міністерством освіти і науки України; 3 статті у інших виданнях України, 8 тез доповідей у збірниках матеріалів наукових конференцій, 2 патенти на корисну модель. Матеріали, представлені у наукових статтях та тезах, викладені і узгоджуються з результатами дисертаційної роботи, до того ж вони представлені досить повно і всебічно.

Зміст дисертації. Дисертаційну роботу викладено на 137 сторінках комп'ютерного набору, складається вона із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку джерел літератури (153) та 2 додатків.

Разом з тим до змісту дисертаційної роботи є окремі **зауваження та дискусійні питання:**

1. У роботі деякі величини, наприклад, імпеданс середовища мають різні позначення (η , Z).
2. На мою думку, необхідно було пояснити, чому для визначення коефіцієнтів екранування магнітного поля застосовувалося вимірювання індукції магнітного поля, а не напруженість.
3. У дослідженні бажано було б пояснити, чому саме залізорудний концентрат обраний основним екрануючим наповнювачем.
4. Чи розглядалася можливість застосування для створення захисних сумішей більше сучасних порошкових фарб?
5. Відомо, що багато металовмісних сполук отримується у процесі очищення стічних промислових вод, зокрема магнетиту. Чи розглядалася можливість використання цих матеріалів для виготовлення захисних композицій?
6. На сьогодні багато уваги приділяється нанотехнологіям. Чи розглядалася можливість розроблення рідких наноконпозицій? Якщо не розглядалося, то чому?

7. Потребує більш чіткого пояснення, чому багат шарова структура з різними електрофізичними властивостями має перевагу щодо одношарової структури з градієнтом цих властивостей.

Заключення (загальний висновок про роботу)

Кваліфікаційна робота «Захист працюючих від впливу електромагнітних полів із застосуванням рідинних екрануючих матеріалів», відповідає вимогам Постанови Кабінету Міністрів України № 44 від 12.01.2022 р., а її авторка Бірук Яна Ігорівна заслуговує на присудження їй наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 263 – Цивільна безпека, галузі знань 26 – Цивільна безпека.

Рецензент, професор кафедри хімії
Київського національного університету
будівництва і архітектури, д.т.н, професор



Геннадій КОЧЕТОВ

Підпис професора Г. Кочетова засвідчую:
Вчений секретар КНУБА



Микола КЛИМЕНКО