

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію «Захист працюючих від впливу електромагнітних полів із застосуванням рідинних екрануючих матеріалів», представленої на здобуття наукового ступеня доктора філософії

БІРУК ЯНИ ІГОРІВНИ

за спеціальністю 263 – Цивільна безпека

Стале підвищення електромагнітного навантаження широкого частотного діапазону на довкілля і виробниче середовище, що спостерігається в останні роки, вимагає комплексного удосконалення заходів і засобів електромагнітної безпеки як складової розвитку цивільної безпеки в Україні. Захисту від негативного впливу з боку зовнішніх електромагнітних полів широкого частотного діапазону потребують працюючі та населення, а також комп'ютерна техніка, електронні прилади і пристрої. В умовах підвищення частки високочастотних електромагнітних полів у загальне навантаження на середовище традиційні металеві матеріали мають суттєвий недолік – великі коефіцієнти відбиття електромагнітних хвиль. Тому виникає потреба розроблення, дослідження і впровадження сучасних і ефективних екрануючих композиційних матеріалів від захисту впливу електромагнітних полів у широкому частотному діапазоні.

Дисертаційне дослідження присвячене вирішенню актуальної науково-прикладної задачі – підвищенню електромагнітної безпеки працюючих шляхом визначення умов, за яких рідкі екрануючі матеріали проявляють свою необхідну ефективність, а також розробленню та реалізації матеріалів на рідинній основі для ефективного екранування електромагнітних полів в широкому діапазоні частот.

Мета роботи полягає в забезпеченні електромагнітної безпеки працюючих та населення шляхом екранування електромагнітних полів широкого частотного діапазону. *Об'єкт* дослідження – екранування електромагнітних полів широкого частотного діапазону композиційними

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

У роботі застосовано *методи* статистичного аналізу, методи системного математичного аналізу, метод натурних вимірювань. Коректність отриманих результатів підтверджується використанням каліброваних вимірювальних приладів вимірювача напруженості електричного та магнітного поля ПЗ-50 для значень електричної та магнітної складових електромагнітного поля промислової частоти та вимірювача напруженості електричних та магнітних полів ПЗ-31 для вимірювання коефіцієнтів екранування електромагнітних полів, які нормуються за щільністю потоку енергії вище 300 МГц. Значення виробничого ризику для безпеки працюючих за різними небезпечними впливовими факторами визначалося за діючими національними та міжнародними нормативними документами.

Достовірність отриманих результатів, їх аналіз, висновки та рекомендації зумовлені задовільною збіжністю результатів теоретичних та експериментальних досліджень.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

- вперше обґрунтовано застосування залізородного концентрату у якості екрануючої субстанції рідких захисних сумішей на основі стандартних лакофарбових виробів. Це дозволило за вмісту залізородного концентрату 30–60 % (за вагою) 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 залізородного концентрату лускатого графіту (5 % за вагою) 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 матеріалів що дозволяє прогнозувати коефіцієнти екранування у залежності від амплітудно-частотних характеристик екранованих електромагнітних полів та вагового вмісту екрануючого наповнювача у діелектричній матриці.

Особистий внесок здобувача полягає у формулюванні теми, мети та вирішенні основних теоретичних завдань та натурних вимірів, які поставлені в роботі. Авторіві належать основні ідеї опублікованих праць, аналіз та узагальнення результатів роботи. Дисертаційні дослідження, наукові результати автором отримані самостійно, а саме: 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.

Обґрунтованість наукових положень дисертаційної роботи, висновків та рекомендацій, повнота їх висвітлення в наукових працях. Наукові положення дисертаційної роботи забезпечуються всебічним глибоким аналізом проблеми безпеки працюючих від впливу електромагнітних полів широкого частотного діапазону із застосуванням рідинних екрануючих матеріалів, всебічним аналізом літературних та нормативних джерел з цього

питання; відповідністю методів дослідження поставленим у роботі меті і завданням; коректним застосуванням комплексу сучасних взаємодоповнюючих принципів, методів та засобів проведення дослідження, апробацією результатів 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.

Висновки роботи відповідають поставленій меті та завданням дослідження. Вони логічно впливають з реалізації програми досліджень.

Результати роботи доповідались на міжнародних науково-практичних конференціях.

Матеріали дисертаційної роботи у повній мірі висвітлені у 22 наукових працях, 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.

Структура та обсяг дисертації – вступ, чотири розділи, основна частина, загальні висновки, список використаних літературних джерел та двох додатків. Текст наведений на 137 сторінках комп'ютерного набору, з них: 112 сторінок основного тексту, список використаних джерел зі 153 найменувань на 21 сторінці; 2 додатки на 4 сторінках.

У **вступі** дисертації обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету, завдання, предмет і об'єкт дослідження. Зазначені положення, що визначають наукову новизну і практичну цінність отриманих результатів, вказаний особистий внесок здобувача і надано інформацію про апробацію результатів дослідження.

У **першому** розділі проаналізовано літературні джерела та нормативно-правову базу, що стосуються наукових публікацій та розробок щодо захисту від електромагнітних полів широкого частотного діапазону. Здійснено детальний аналіз впливу електромагнітних полів різних частот та рівнів

щільності потоків енергії техногенного походження на біологічні об'єкти. Наголошено, що електричні, магнітні та електромагнітні поля можуть викликати несприятливі зрушення у здоров'ї людей. Проведено аналіз європейської та національної нормативної бази з електромагнітної безпеки. Розглянуто існуючі заходи і засоби захисту працюючих і населення від впливу електромагнітних полів широкого частотного діапазону. Дано оцінку сучасного стану вивчення та дослідження питання та здійснено постановку завдань досліджень.

На основі проведеного аналізу сучасного стану галузі електромагнітної безпеки переконливо доведено, що в умовах підвищення електромагнітного навантаження на виробниче і побутове середовище та довкілля, в цілому, і розширення частотного спектра електромагнітних полів найбільш ефективним засобом захисту людей від електромагнітних впливів є екранування електромагнітних полів. Показано, 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 роботи присвячено методам і методикам вимірювання рівнів електромагнітних полів та визначення ефективності захисних матеріалів. Визначено особливості вимірювання рівнів електричних, магнітних та електромагнітних полів у виробничих та побутових умовах. Відображено особливості визначення захисних властивостей коефіцієнтів екранування захисних матеріалів для екранування електромагнітних полів. Для отримання коефіцієнтів екранування електричної та магнітної складових електромагнітного поля наднизької частоти автор пропонує застосовувати геометрично замкнені конструкції, виготовлені із досліджуваних матеріалів.

У цьому розділі здійснена розрахункова оцінка захисних властивостей композиційних матеріалів у процесі їх розроблення дисертанткою. Показано, що для коректного 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. Доведено доцільність оцінювання коефіцієнтів екранування, виходячи з геометричних характеристик, магнітних та електрофізичних властивостей матеріалу.

У **третьому** розділі дисертанткою представлено матеріали та технології виготовлення захисних композицій. Обґрунтовано, що для виготовлення рідких композицій для екранування електромагнітних полів прийнятними є стандартні акрилові водно-дисперсійні та геополімерні фарби, для виготовлення металополімерного матеріалу застосовувався рідкий латекс.

Визначено коефіцієнти екранування однорідних матеріалів для екранування електромагнітних полів широкого частотного діапазону. Описано розрахункові методи прогнозування захисних властивостей композиційних матеріалів для екранування електромагнітних полів широкого частотного діапазону. У якості екрануючих наповнювачів використовувалася 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, для тих же кількостей 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 склали для водно-дисперсійної фарби при ваговому вмісті залізородного 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 залізородного 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 залізородного 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.

Вдосконалені розрахункові методи прогнозування електрофізичних і магнітних властивостей на основі вагових вмістів наповнювача у діелектричній матриці спрощує процес проектування захисних сумішей з потрібними коефіцієнтами відбиття та загального екранування.

У **четвертому** розділі проведено апробацію 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. 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 захисні властивості захисних матеріалів градієнтного типу на основі рідких композицій, обґрунтовано методологічні та технологічні засади створення рідких композицій.

Достовірність отриманих результатів у дисертаційних дослідженнях статистично доведено. За текстом дисертації є посилання на літературні джерела. Структура, зміст і обсяг дисертації відповідає встановленим вимогам і являє собою завершену структуровану науково-дослідну роботу, яка поєднує прикладні, теоретичні дослідження за результатами яких отримано науково обґрунтовані висновки.

Висновки, що наведені в дисертації достатньо обґрунтовані.

До тексту дисертації є такі зауваження:

1. У оглядовій частині роботи доцільно було показати невідповідності у національних та міжнародних нормах щодо гранично допустимих рівнів (розділ 1,2).

2. На мою думку, наприкінці 1 розділу доцільно обмежитися висновками, тому що наведена оцінка сучасного стану питання частково дублює викладене вище.
3. Як можна обґрунтувати обирання вагового вмісту екрануючого матеріалу у процесі досліджень – 15, 30, 45, 60 %?
4. На мою думку усе, що стосується електрофізичних та магнітних властивостей матеріалів, доцільно об'єднати в одному розділі, тому що зміни діелектричної проникності розглядаються як у розділі 3.1 (рис. 3.2), так і 3.2, де надано співвідношення щодо її розрахунку.
5. Потрібно було більш детально розглянути захисні властивості матеріалів з градієнтом електрофізичних та магнітних властивостей, що можливо використати і для галузей електромагнітної сумісності обладнання та технічного захисту інформації.
6. Чи досліджувався експериментально вплив морфології наповнювача на захисні властивості композиції?
7. До пропозицій щодо вдосконалення нормативної бази доцільно додати необхідність впровадження у електромагнітну безпеку ризик-орієнтованого підходу.

Вказані зауваження не знижують, в цілому, якість наукових досліджень та отриманих результатів. Дисертація повністю відповідає встановленим вимогам щодо отримання наукового ступеня доктора філософії, а її автор Бірук Яна Ігорівна заслуговує на присвоєння їй наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 263 – Цивільна безпека.

Офіційний опонент, д.т.н., проф.,
завідувач кафедри цивільної безпеки,
охорони праці, геодезії та землеустрою
Кременчуцького національного
університету імені Михайла Остроградського

Сергій СУКАЧ

