

DOI: 10.18372/2225-5036.31.20698

ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ ЕКРАНУВАННЯ ЯК СПОСІБ ЗАХИСТУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ОБРОБКИ ДАНИХ ВІД ВИТОКІВ ІНФОРМАЦІЇ

Валерій Козловський, Юрій Баланюк, Богдан Залевський, Діана Козловська

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Україна



КОЗЛОВСКИЙ Валерій Валерійович, д.т.н., професор

Рік та місце народження: 1971, м. Київ, Україна.

Освіта: Київське вище військове авіаційне інженерне училище.

Посада: завідувач кафедри технічного захисту інформації, ФКНТ, ДУ «Київський авіаційний інститут».

Наукові інтереси: телекомунікації, інформаційна безпека, технічна безпека, кібербезпека.

Публікації: більше 200 наукових публікацій у галузі інформаційної, технічної, кібербезпеки, серед яких наукові статті, монографії, підручники та навчально-методичні посібники, патенти на корисні моделі.

E-mail: vvkzeos@gmail.com

ORCID: 0000-0002-8301-5501



БАЛАНЮК Юрій Вікторович, д.т.н., доцент

Рік та місце народження: 1985 рік, м. Львів, Україна.

Освіта: Національний університет «Львівська політехніка».

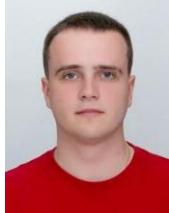
Посада: професор кафедри технічного захисту інформації, ДУ «Київський авіаційний інститут».

Наукові інтереси: інформаційна та кібербезпека.

Публікації: більше 30 наукових публікацій, серед яких наукові статті, матеріали та тези доповідей на конференціях, навчально-методичні посібники та патенти.

E-mail: yurii.balaniuk@npp.kai.edu.ua

ORCID: 0000-0003-3036-5804.



ЗАЛЕВСЬКИЙ Богдан Михайлович

Рік та місце народження: 1999, м. Київ.

Освіта: Національний авіаційний університет

Посада: аспірант кафедри технічного захисту інформації, ДУ «Київський авіаційний інститут».

Наукові інтереси: телекомунікації, інформаційна безпека, технічна безпека, кібербезпека.

Публікації: 3 наукові публікації.

E-mail: zalevskiybohdan@gmail.com

ORCID: 0009-0008-8580-7722



КОЗЛОВСЬКА Діана Валеріївна

Рік та місце народження: 2006 рік, м. Київ, Україна.

Освіта: ДУ «Київський авіаційний інститут».

Посада: студентка ДУ «Київський авіаційний інститут».

Наукові інтереси: машинне навчання, нейробіологія, квантове комп'ютування.

Публікації: більше 7 наукових публікацій, серед яких наукові статті, матеріали та тези доповідей на конференціях.

E-mail: vvkzeos@gmail.com

ORCID: 0009-0004-6223-0319.

Анотація. У роботі обґрунтовано та експериментально досліджено ефективність методів і інноваційних матеріалів щодо екранування електромагнітного випромінювання та гарантованої нейтралізації технічних каналів витоку інформації. Адже захист від цілеспрямованого перехоплення побічних електромагнітних випромінювань та наведень та забезпечення електромагнітної сумісності технічних засобів є стратегічною необхідністю, що вимагається національними та міжнародними стандартами. Доведено, що технічні засоби обробки даних є джерелами побічних електромагнітних випромінювань та наведень та створюють критичні канали витоку конфіденційної інформації. Розроблено матеріал для екранування електромагнітного випромінювання у широкомусуговому діапазоні частот. Композиційний матеріал розроблено на основі епоксидної смоли з дрібнодисперсними оксидами заліза (Fe_2O_3 та Fe_3O_4). Випробування проводилися на частоті 5 ГГц (критична для бездротового зв'язку) з метою встановлення залежності коефіцієнтів екранування та відбиття від розміру та концентрації наповнювача. Доведено, що підвищення дисперсності металовмісного наповнювача (використання частинок 50–100 нм) забезпечує вищий загальний коефіцієнт екранування порівняно з більшими частинками (200–300 нм) за однакової вагової концентрації, що свідчить про кращу дисперсію та збільшену площу взаємодії з електромагнітним полем. Встановлено пряму залежність загальної ефективності екранування від збільшення концентрації наповнювача, що підтверджує ефективність механізмів поглинання та відбиття. Зі зростанням концентрації зростає коефіцієнт відбиття, що вказує на ефективне покращення розбіжності хвильових опорів на межі розділу. Доведена ефективність розробленого композиційного матеріалу, проте його широке впровадження обмежене конструктивними недоліками (велика товщина та крихкість епоксидної матриці) та високою собівартістю спеціалізованого отримання наночастинок.

Ключові слова: захист інформації, електромагнітний екран, ефективність екранування, електромагнітна безпека

Вступ. Сучасне середовище насичене електромагнітними полями та випромінюваннями.

Джерела електромагнітних полів включають стільниковий зв'язок, Wi-Fi, Bluetooth, промислове

обладнання та навіть самі технічні засоби її обробки. Постійне зростання кількості електромагнітних перешкод загрожує стабільності та надійності роботи технічних засобів обробки даних, спричиняючи збої, помилки в обробці даних і вихід з ладу обладнання. За рахунок екранування можливо забезпечити не тільки захист інформації, а й електромагнітну сумісність пристроїв у складному середовищі. Будь-який електронний пристрій, що обробляє дані, генерує побічні електромагнітні випромінювання, які можуть бути перехоплені (так звані «побічні електромагнітні випромінювання та наведення»). Ці витоки містять конфіденційну інформацію. Екранування може стати основним фізичним бар'єром для запобігання несанкціонованому дистанційному зчитуванню цих випромінювань.

Уряди та міжнародні організації постійно посилюють вимоги до кібербезпеки та захисту персональних даних (наприклад, GDPR, HIPAA та національні стандарти з технічного захисту інформації). В Україні це, зокрема, стосується захисту інформації з обмеженим доступом (державна таємниця, службова інформація, комерційна таємниця, персональні дані). Для роботи з конфіденційною інформацією технічні засоби обробки даних повинні відповідати суворим стандартам, які вимагають, зокрема, екранування для обмеження рівня побічних електромагнітних випромінювань до допустимого рівня (наприклад, вимоги Tempest у військово-промисловій сфері та галузі держуправління).

Проблема захисту від витоків інформації через електромагнітні канали є актуальною практично для усіх галузей, що свідчить про високу економічну та стратегічну значущість дослідження. Зокрема для захисту державної та військової таємниці, захисту банківських транзакцій, даних клієнтів та фінансової звітності, захисту комерційної таємниці, інновацій, науково-технічних розробок, захисту медичної інформації та персональних даних пацієнтів, захисту систем управління енергетикою, транспортом та зв'язком.

Постановка проблеми

В умовах цифрової трансформації забезпечення інформаційної безпеки переходить із площини прикладних інженерних рішень у ранг критичної умови, необхідної для стійкого функціонування та розвитку усіх ключових соціально-економічних і політичних систем. Усі сучасні технічні засоби обробки даних є джерелами побічних електромагнітних випромінювань. Ці випромінювання, по суті, є небажаними «радіосигналами», що генеруються високочастотними процесами (тактові імпульси, обмін даними) і модулюються конфіденційною інформацією, яка обробляється пристроєм. Засоби екранування, передбачені для забезпечення

електромагнітної сумісності обладнання (зменшення взаємних перешкод), часто є недостатніми для забезпечення електромагнітної безпеки, тобто захисту від цілеспрямованого перехоплення.

Отже, головним завданням дослідження є розробка та впровадження ефективних, надійних та економічно доцільних методів електромагнітного екранування, які б гарантовано знизили рівень побічних електромагнітних випромінювань до показників, що не дозволяють відновити інформацію. Проблема електромагнітного екранування безпосередньо пов'язана з низкою критично важливих завдань у галузі науки, технологій та національної безпеки. Пошук і дослідження нових, легких, гнучких та високоефективних екранувальних матеріалів (композитів, наноматеріалів, прозорих покриттів), які забезпечують високе загасання електромагнітного поля в широкому частотному діапазоні, не порушуючи при цьому функціональність обладнання. Отже, за рахунок екранування джерел можна створити фізичний бар'єр для досягнення повної інформаційної безпеки. З цієї метою необхідно дослідити можливості забезпечення електромагнітної сумісності електронного обладнання, принаймні на об'єктах критичної інфраструктури з використанням інноваційних матеріалів з керованими коефіцієнтами екранування електромагнітних полів широкого частотного діапазону. На сьогодні актуальність розробки високоефективних, широкосмугових та технологічних екрануючих і радіопоглинаючих матеріалів зумовлена їхньою постійною потребою при створенні й удосконаленні радіоелектронних приладів, засобів захисту інформації та військової техніки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Наразі підвищенню ефективності електромагнітного екранування та дослідженню його характеристик для забезпечення електромагнітної сумісності та з метою його оптимізації присвячено багато сучасних досліджень та розробок.

У роботі [1] наведені математичні моделі та методи розрахунку ефективності екранування для різних типів матеріалів і конфігурацій (суцільні екрани, екрани зі щілинами, багатопарові структури) у широкому діапазоні частот. Окрема увага приділена досягненню необхідного коефіцієнта послаблення, достатнього для виконання нормативних вимог захисту інформації.

Дослідження [2] присвячене комплексному аналізу методів екранування електромагнітного поля з метою захисту інформації від витоків через технічні канали. У першій частині роботи розкрито теоретичні основи екранування, включаючи його визначення, види, класифікацію, основне завдання та поняття ефективності екранування, а також відповідні розрахункові залежності, зокрема для глибини проникнення. У другій частині детально розглянуто окремі види екранування (електричного,

низькочастотного та високочастотного магнітного, електромагнітного полів), вимоги до екранів та формули для обчислення їхньої ефективності. Третя частина містить практичні розрахунки ефективності екранування та глибини проникнення електромагнітного поля для різних матеріалів, але у цьому дослідженні немає інформації щодо практичних аспектів реалізації екранування в реальних умовах (наприклад, ущільнення швів, введення кабелів, вплив отворів) або до сучасних викликів у сфері технічного захисту інформації.

У дослідженні [3] запропоновано метод оптимізації розташування шарів матеріалів з високою проникністю для посилення магнітного екранування. Експериментально було досліджено ефективність циліндричних мідних та плетених екранів у діапазоні 10 кГц – 1 ГГц, а також представлено нову модель плетеного екрану.

У роботі [4] розроблено засади проектування магнітних та електромагнітних екранів для забезпечення електромагнітної сумісності електричного та електронного обладнання особливо важливих об'єктів. Показано, що для підвищення стабільності роботи обладнання, яке забезпечує важливі функції (керування повітряним рухом, робота електрогенеруючих підприємств тощо) доцільно екранувати технічні засоби та окремі їх компоненти. На прикладі розроблення циліндричної захисної конструкції наведено основні засади проектування. Доведено, що для проектування захисної конструкції необхідно мати дані щодо реальної електромагнітної обстановки.

У [5] наведено результати дослідження захисту від електромагнітного випромінювання текстильним матеріалом з низькою поверхневою масою для його захисту від електромагнітного випромінювання, який підходить для технічного та інтер'єрного застосування. Доведена висока ефективність екранування тканини, зв'язаної з поліамідних ниток, покритих сріблом, у діапазоні частот від 0,9 ГГц – 2,4 ГГц.

Дослідження [6, 7] стосуються блокування локальних електромагнітних полів мобільних телефонів і не вирішують проблем за наявності багатьох технічних засобів у приміщенні та необхідності застосовувати бездротові технології для передачі інформації.

В умовах наявності різноманітних джерел випромінювання [8] виникає потреба у використанні екрануючих матеріалів і конструкцій, що дозволяють оптимізувати співвідношення між коефіцієнтами екранування магнітних та електромагнітних полів. Цим вимогам найкраще відповідають композиційні металополімерні матеріали. Їх можна спроектувати для досягнення необхідних коефіцієнтів екранування та, що особливо важливо, високого коефіцієнта відбиття. Цей параметр є критичним для забезпечення електромагнітної сумісності та усуває

обмеження щодо відстані захисної конструкції до джерела поля.

Мета дослідження

Наукове обґрунтування ефективних методів та інноваційних матеріалів електромагнітного екранування для нейтралізації технічних каналів витоку інформації, що виникають внаслідок побічних електромагнітних випромінювань та наведень від технічних засобів обробки даних.

Виклад основного матеріалу

Екранування електромагнітного поля є критично важливим заходом для захисту інформації від несанкціонованого доступу та навмисних чи ненавмисних електромагнітних завад. Це відбувається завдяки створенню фізичних бар'єрів, які послаблюють або блокують поширення електромагнітних хвиль.

Принципи екранування електромагнітного поля базуються на взаємодії електромагнітної хвилі з провідним або магнітним матеріалом. Ефективність екранування досягається за допомогою двох основних механізмів, які застосовуються залежно від типу поля та його частоти.

Загальна ефективність екранування (SE , дБ) є сумою втрат від відбиття та поглинання:

$$SE = R + A + B,$$

де R – ослаблення електромагнітного поля за рахунок відбиття хвилі від зовнішньої та внутрішньої поверхонь екрана (дБ);

A – ослаблення електромагнітного поля за рахунок поглинання енергії хвилі матеріалом, коли вона проходить крізь його товщину (дБ);

B – коефіцієнт, що який враховує ефект багаторазового відбиття хвилі всередині самого екрана (дБ).

Було досліджено основні принципи та ефективність екранування, що залежить від частоти поля, матеріалу екрана та його конструкції (табл. 1).

Екранування електричного поля базується переважно на принципі відбиття та перерозподілу зарядів і є відносно простим. Коли електричне поле падає на поверхню провідного матеріалу, вільні електрони в ньому миттєво переміщуються. Цей рух створює вторинне електричне поле, яке за фазою протилежне зовнішньому полю, і нейтралізує (компенсує) його всередині екрана. Для ефективного екранування достатньо, щоб матеріал був хорошим провідником електричного струму, тобто мав високу електропровідність, σ .

Особливості екранування магнітного поля суттєво відрізняються від екранування електричного поля, оскільки для них потрібен інший фізичний механізм, який залежить від частоти поля. Екранування магнітного поля на низьких частотах, включно з промисловою частотою 50 – 60 ГГц є найскладнішим. Для екранування магнітного поля використовуються матеріали з високою магнітною проникністю

(наприклад, феромагнетики). Ці матеріали зазвичай повинні мати велику товщину, високу магнітну проникність та створювати геометрично замкнену конструкцію. На відміну від екранування електричного поля, для магнітного поля будь-які щілини, отвори або

розриви у феромагнітному екрані різко знижують його ефективність. Звичайні провідні матеріали, такі як мідь та алюміній для надвисокочастотного поля не є ефективними.

Таблиця 1

Особливості екранування електромагнітного поля

Тип поля	Принципи екранування	Матеріал
Електричне поле (100 кГц до 30 МГц)	Відбиття хвилі від поверхні екрана. Вимагає високої провідності.	Тонкі провідні матеріали (мідь, алюміній, срібло)
Магнітне поле (≤ 1 кГц)	Поглинання енергії в матеріалі екрана за рахунок його високої магнітної проникності	Феромагнітні матеріали (пермалой) або спеціальні композити із високою магнітною проникністю.
Електромагнітне поле (30 кГц – 30 ГГц)	Однотимчасне відбиття та поглинання	Матеріали із високою провідністю для відбиття та магнітними або діелектричними втратами для поглинання (наприклад, композити, наноматеріали).

На середніх і високих частотах магнітне поле ослаблюється завдяки іншому механізму. Змінне магнітне поле індукуює у провідному матеріалі сильні вихрові струми. Ці струми, згідно з правилом Ленца, генерують вторинне магнітне поле, яке компенсує зовнішнє поле. Це по суті те саме, що відбиття. Для екранування високочастотного магнітного поля (МГц і вище) потрібні матеріали з високою електропровідністю (σ).

Екранування електромагнітного поля у діапазоні від 30 кГц до 30 ГГц охоплює середні, високі, ультрависокі частоти. У цьому широкому діапазоні поле переважно поширюється як плоска хвиля, а механізм екранування зосереджений на провідності матеріалів. Існує тенденція до створення матеріалів, які максимізують поглинання електромагнітної енергії, а не відбиття. Такий підхід вважається кращим для електромагнітної сумісності технічних засобів, оскільки він запобігає вторинному відбиттю хвилі та її подальшій інтерференції з іншим обладнанням у складному середовищі.

Використання нанокompозитів для екранування електромагнітного поля (ЕМП) є одним із найбільш перспективних і актуальних напрямків досліджень, оскільки ці матеріали вирішують ключові проблеми традиційних екранів: вагу, товщину та гнучкість.

Нанонаповнювачі забезпечують ефективне екранування при значно меншій вазі та товщині порівняно з масивними металевими листами, що критично для невеликих та мобільних пристроїв. Полімерна матриця надає матеріалу гнучкості, дозволяючи використовувати його як покриття, фарби, текстиль або плівки, що легко інтегруються в складні конструкції.

Для ефективного екранування як магнітного поля промислової частоти, так і високочастотних електромагнітних полів був розроблений композиційний матеріал на основі металевих та металовмісних наноструктур.

Для отримання дослідних зразків використовувалися дрібнодисперсні оксиди заліза

Fe_2O_3 та Fe_3O_4 з середніми розмірами 50–300 нм. У якості матриці застосовувалася епоксидна смола з полімеризацією ретельно перемішаної суміші за допомогою поліамідного затверджувача. Товщина зразків складала 5 мм. Випробування здійснювалися для електромагнітного поля частотою 5 ГГц – максимальної частоти існуючих та перспективних засобів бездротового зв'язку. Головною метою було встановити залежність захисних властивостей композитного матеріалу (зокрема, його коефіцієнтів екранування та відбиття) від двох змінних параметрів наповнювача – розмірів та концентрації металовмісних частинок. Результати вимірювань представлені на рис. 1 та 2.

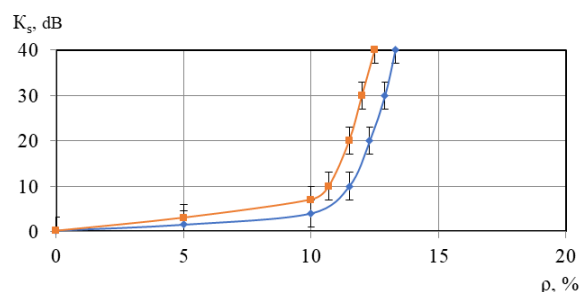


Рис. 1. Залежність коефіцієнта екранування композиційного матеріалу від розмірів металовмісних частинок та їх концентрації (за вагою):

◆ – 50–100 нм; ■ – 200–300 нм

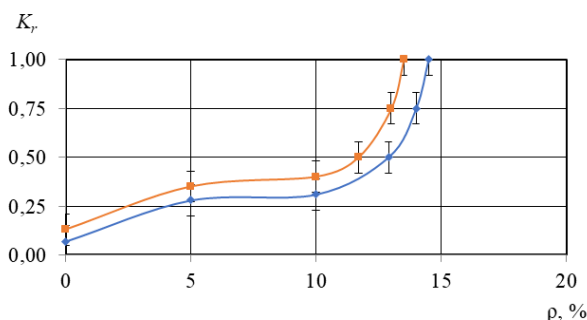


Рис. 2. Залежність коефіцієнта відбиття композиційного матеріалу від розмірів металовмісних частинок та їх концентрації (за вагою):

◆ – 50–100 нм; ■ – 200–300 нм

За результатами досліджень встановлено, що підвищення дисперсності металовмісного наповнювача підвищує захисні властивості композиційного матеріалу. Частинки розміром 50–100 нм забезпечують вищий загальний коефіцієнт екранування порівняно з частинками 200–300 нм за однакової вагової концентрації. Це свідчить про кращу дисперсію та більшу площу поверхні наночастинок, що підвищує взаємодію з електромагнітним полем.

Також це свідчить про пряму залежність збільшення концентрації оксидів заліза (за вагою) у композиті на підвищення загального коефіцієнту екранування (Рис. 1), що логічно для матеріалів, дія яких базується на поглинанні та відбитті. Різке зростання захисних властивостей металополімерного композиційного матеріалу з наповнювачем з FeO, Fe₃O₄ відбувається за різкого зростання провідності матеріалу, коли концентрація провідних частинок складає близько 15 % (за вагою), але зі зростанням концентрації частинок коефіцієнт відбиття також зростає (Рис. 2). Це вказує на те, що збільшення об'єму провідної/магнітної фази покращує розбіжність хвильових опорів на межі розділу та призводить до збільшення коефіцієнта відбиття.

Висновки

Доведено критичну важливість електромагнітного екранування як необхідного фізичного заходу для захисту інформації від витоків через побічні електромагнітні випромінювання та наведення, що генеруються технічними засобами обробки даних. Забезпечення гарантованої електромагнітної безпеки, особливо на об'єктах критичної інфраструктури, вимагає впровадження ефективних, широкосмугових та економічно доцільних екранувальних рішень.

Проаналізовано частотно-залежні принципи електромагнітного екранування. Ефективний захист від низькочастотного магнітного поля (≤ 1 кГц) вимагає використання матеріалів з високою магнітною проникністю (ферромагнетиків) та геометрично замкненої конструкції. Натомість екранування високочастотних електромагнітних полів (30 кГц–30 ГГц) базується на принципі відбиття

(висока провідність) та поглинання (ефект скинування), що дозволяє використовувати тонші провідні матеріали.

Література

- [1] Pavlenko Y., Stepanov M. Electromagnetic shielding as a way of protecting information from its leakage by technical channels. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences. 2023. 319. PP. 231–239. DOI: 10.31891/2307-5732-2023-319-1-240-246
- [2] Chien T. T., Minh Tu B. T. and Do T. N. Improvement of shielding for electromagnetic compatibility. 2016 International Conference on Electronics, Information, and Communications (ICEIC), Danang, Vietnam, 2016, PP. 1–4. DOI: <https://doi.org/10.1109/ELINFOCOM.2016.7562954>.
- [3] Guan Wang, Mang He, Tianwen Wang, Yanhui Guo, Xihong Ye and Xiaowen Xu. Simulation of the electric field Shielding Effectiveness in the range of 10kHz–1GHz. 2013 IEEE International conference on microwave technology & computational electromagnetics, Qingdao, 2013. PP. 12–15. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICMTCE.2013.6812470>.
- [4] Zhang W., Zhu W., Luo T., Shen H. and Huang S. Research on Magnetic Shielding Effectiveness of Different Materials Hollow Cylinder with Slits. 2018 IEEE 2nd International Electrical and Energy Conference (CIEEC), Beijing, China, 2018. PP. 365–370. DOI: <https://doi.org/10.1109/CIEEC.2018.8745967>.
- [5] Mikołajczyk Z., Nowak I., Januszkiewicz Ł., Szweczyk M., Junak J. Modern Electromagnetic-Radiation-Shielding Materials Made Using Different Knitting Techniques. Materials. 2024. 17(13), 3052. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma17133052>
- [6] Christopoulos, C. Principles and Techniques of Electromagnetic Compatibility; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2022; ISBN 9780367533618.
- [7] Касаткіна Н.В., Левченко Л.О., Панова О.В., Тихенко О.М., Ченчевой В.В. Оптимізація параметрів екранування електромагнітних полів різномірних джерел у виробничих будівлях. Вісті Донецького гірничого інституту, 2020. Вип. № 1(46). С. 181–188. DOI: <https://doi.org/10.31474/1999-981x-2020-1-181-188>
- [8] Glyva V., Kasatkina N., Nazarenko V., Burdeina N., Karaieva N., Levchenko L., Panova O., Tykhenko O., Khalmuradov B., Khodakovskyy O. Development and research of protective properties of composite materials for screening electromagnetic fields of a wide frequency range. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. Iss. 2/12 (104). PP. 40–47. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.201330>

УДК 681.3:621.396

Kozlovsky V., Balanyuk Y., Zalevskiy B., Kozlovskaya D. Electromagnetic shielding as a method of protecting data processing equipment from information leaks

The paper substantiates and experimentally investigates the effectiveness of methods and innovative materials for shielding electromagnetic radiation and guaranteed neutralization of technical channels of information leakage. After all, protection from targeted interception of side electromagnetic radiation and interference and ensuring electromagnetic compatibility of technical means is a strategic necessity required by national and international standards. It is proven that data processing equipment is a source of side electromagnetic radiation and interference and creates critical channels for leakage of confidential information. A material for shielding electromagnetic radiation in a broadband frequency range has been developed. Nanocomposite material, developed on the basis of epoxy resin with finely dispersed iron oxides (Fe₂O₃ and Fe₃O₄). Tests were conducted at a frequency of 5 GHz (critical for wireless communication) in order to establish the dependence of the shielding and reflection coefficients on the size and concentration of the filler. It is proven that increasing the dispersion of the metal-containing filler (using particles of 50–100 nm) provides a higher overall shielding coefficient compared to larger particles (200–300 nm) at the same weight concentration, which indicates better

dispersion and an increased area of interaction with the electromagnetic field. A direct dependence of the overall shielding efficiency on increasing the filler concentration has been established, which confirms the effectiveness of the absorption and reflection mechanisms. With increasing concentration, the reflection coefficient increases, which indicates an effective improvement in the divergence of wave impedances at the interface. The effectiveness of the developed composite material has been proven, however, its widespread implementation is limited by design shortcomings (large thickness and fragility of the epoxy matrix) and the high cost of specialized production of nanoparticles.

Keywords: *information protection, electromagnetic shield, shielding efficiency, electromagnetic safety.*

Козловський Валерій Валерійович, д.т.н., професор, завідувач кафедри технічного захисту інформації, Державний університет «Київський авіаційний інститут».

Kozlovsky Valeriy, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Technical Information Protection, State University «Kyiv Aviation Institute».

Баланюк Юрій Вікторович д.т.н., доцент, професор кафедри технічного захисту інформації, Державний університет «Київський авіаційний інститут».

Balanyuk Yuriy, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Technical Information Protection, State University «Kyiv Aviation Institute».

Залевський Богдан Михайлович, аспірант Державного університету «Київський авіаційний інститут»

Zalevskyi Bohdan, PhD student, State University «Kyiv Aviation Institute».

Козловська Діана Валеріївна студентка Державного університету «Київський авіаційний інститут».

Kozlovska Diana, student, State University «Kyiv Aviation Institute».