

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»

Інститут електроенергетики  
Факультет інформаційних технологій  
Кафедра безпеки інформації та телекомунікацій

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
кваліфікаційної роботи ступеня бакалавра

студента Філозова Дмитра Андрійовича  
академічної групи 125-18-3  
спеціальності 125 Кібербезпека  
спеціалізації<sup>1</sup>  
за освітньо-професійною програмою Кібербезпека

на тему Екранування електричної складової побічних електромагнітних  
випромінювань і наведень в комплексах технічного захисту інформації

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	доцент Сафаров О. О.			
розділів:				
спеціальний	ст. викл. Войцех С. І.			
економічний	доцент Пілова Д. П.			

Рецензент				
-----------	--	--	--	--

Нормоконтролер	ст. викл. Тимофеев Д. С.			
----------------	--------------------------	--	--	--

Дніпро  
2022

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**  
завідувач кафедри  
безпеки інформації та телекомунікацій  
\_\_\_\_\_ д.т.н., проф. Корнієнко В.І.

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 року

**ЗАВДАННЯ**  
**на кваліфікаційну роботу ступеня бакалавра**

студенту Філозову Д. А. академічної групи 125-18-3  
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 125 Кібербезпека

спеціалізації \_\_\_\_\_

за освітньо-професійною програмою Кібербезпека

на тему Екранування електричної складової побічних електромагнітних  
випромінювань і наведень в комплексах технічного захисту інформації

Затверджено наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 18.05.2022 № 268-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Розділ 1	Стан питання. Аналіз методів екранування. Постановка задачі.	28.04.2022
Розділ 2	Розрахунок ефективності та коефіцієнтів екранування основних екрануючих матеріалів і полімерних композитів	30.05.2022
Розділ 3	Розрахунок собівартості екрану та оцінка економічної ефективності системи	12.06.2022

Завдання видано \_\_\_\_\_  
(підпис керівника)

**Сафаров О.О.**  
(прізвище, ініціали)

Дата видачі завдання: 15.04.2022

Дата подання до екзаменаційної комісії: 15.06.2022

Прийнято до виконання \_\_\_\_\_  
(підпис студента)

**Філозов Д.А**  
(прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 69 с., 14 рис., 27 табл., 4 додатка, 32 джерела.

Об'єкт дослідження: процес екранування електромагнітних випромінювань.

Мета роботи: аналіз особливостей полімерних композитів для екранування побічних електромагнітних випромінювань технічних засобів обробки інформації.

Методи дослідження: методи індукції, аналізу і синтезу (при розкритті теоретичних положень); метод обробки інформації (при розрахунках параметрів).

В першому розділі розглянуто причини виникнення, та фізичні принципи екранування.

У спеціальній частині виконано порівняльний аналіз екрануючих матеріалів. Проведено розрахунки коефіцієнтів екранування основних екрануючих матеріалів та полімерних композитів. Надано рекомендації щодо використання полімерних композитів для екранування.

В економічному розділі проведено розрахунок економічної ефективності використання екранів із полімерних композитів.

Практичне значення роботи полягає у розробці рекомендацій по використанні полімерних композитів для екранування побічних електромагнітних випромінювань.

ПОБІЧНІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ВИПРОМІНЮВАННЯ,  
ЕКРАНУВАННЯ, ЕЛЕКТРИЧНА СКЛАДОВА, ЕФЕКТИВНІСТЬ  
ЕКРАНУВАННЯ, КОЕФІЦІЄНТ ЕКРАНУВАННЯ, ПОЛІМЕРНІ  
КОМПОЗИТИ

## ABSTRACT

Explanatory note: 69 pages, 14 figures, 27 tables, 4 appendices, 32 sources.

Object of research: the process of shielding electromagnetic radiation.

Purpose: analysis of features of polymer composites for shielding of electromagnetic radiation of technical means of information processing.

Research methods: induction, analysis and synthesis (in the disclosure of theoretical positions); information processing (when calculating parameters).

The first part discusses the causes and physical principles of screening.

The special part the comparative analysis of shielding materials.. The shielding coefficients of the main shielding materials and polymer composites were calculated. Recommendations for the use of polymer composites for shielding have been developed.

The economic section the calculation of economic efficiency of use of screens from polymeric composites is carried out.

The practical significance of the work is to evaluate the effectiveness of shielding of electromagnetic radiation by polymer composites.

The scientific novelty of the study is to develop recommendations for the use of polymer composites for shielding of electromagnetic radiation by screens made of polymer composites.

ACCIDENTAL ELECTROMAGNETIC RADIATION, SHIELDEING,  
ELECTRICAL PART, SHIELDEING EFFICIENCY, SHIELDEING  
COEFFICIENT, POLYMER COMPOSITES

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ВСШ – Відношення сигналу до шуму

ДТЗС – Допоміжні технічні засоби і системи

ЕМВ – Електромагнітне випромінювання

ЕМП – Електромагнітне поле

ІзОД – Інформація з обмеженим доступом

КСЗІ – Комплексна система захисту інформації

КТЗІ – Комплекс технічного захисту інформації

ПНЧ – Підсилювач низької частоти

ПЕМВН – Побічні електромагнітні випромінювання і наведення

ТЗПІ – Технічні засоби приймання, обробки, зберігання і передачі інформації

ТКВІ – Технічні канали витоку інформації

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	8
РОЗДІЛ 1. ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ ВІД ВИТОКУ КАНАЛАМИ ПЕМВН ...	10
1.1 Причини виникнення побічних електромагнітних випромінювань .....	10
1.2 Класифікація технічних каналів витоку інформації, яка обробляється	
ТЗП .....	11
1.2.1 Електромагнітні канали витоку інформації.....	12
1.2.2 Електричні канали витоку інформації .....	14
1.3 Магнітний і електричний диполь .....	15
1.4 Фізичні принципи екранування .....	17
1.5 Аналіз методів екранування для захисту від витоку інформації каналами	
ПЕМВН.....	23
1.5.1 Електростатичне екранування .....	25
1.5.2 Магнітностатичне екранування .....	25
1.5.3 Електромагнітне екранування.....	26
1.6 Екрануючі матеріали та покриття .....	26
1.7 Постановка задачі дослідження.....	30
1.8 Висновки .....	30
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКРАНУЮЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК	
МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЕКРАНУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СКЛАДОВОЇ	
ПОБІЧНОГО ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ.....	32
2.1 Порівняльний аналіз екрануючих матеріалів для екранування електричної	
складової побічного електромагнітного випромінювання .....	32
2.2 Розрахунок коефіцієнтів екранування основних екрануючих матеріалів.	33
2.2.1 Розрахунок коефіцієнтів поглинання екрануючих матеріалів .....	37
2.2.2 Розрахунок коефіцієнтів відбиття екрануючих матеріалів .....	45
2.2.3 Розрахунок коефіцієнту ефективності екранування основних	
екрануючих матеріалів .....	45
2.2.4 Порівняльна оцінка екрануючих характеристик основних екрануючих	
матеріалів .....	46

2.3 Перспективні напрями використання полімерних матеріалів для екранування електричної складової побічного електромагнітного випромінювання .....	47
2.4 Розрахунок коефіцієнтів екранування полімерних композитів .....	48
2.5 Порівняльна оцінка екрануючих характеристик металонаповнених полімерних композитів .....	50
2.6 Розробка рекомендації по використанню полімерних матеріалів для екранування електричної складової побічного електромагнітного випромінювання .....	51
2.7 Висновки .....	51
РОЗДІЛ 3. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....	53
3.1 Економічна оцінка.....	53
3.1.1 Витрати на придбання обладнання і матеріалів .....	53
3.1.2 Визначення трудовитрат виготовлення екрану .....	54
3.1.3 Розрахунок собівартості екрану .....	55
3.1.4 Розрахунок собівартості виготовлення екрануючого корпусу .....	56
3.2 Оцінка економічної ефективності .....	56
3.3 Розрахунок величини можливого збитку .....	57
3.4 Визначення та аналіз показників економічної ефективності системи інформаційної безпеки.....	58
3.5 Висновки .....	59
ВИСНОВКИ.....	61
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	62
ДОДАТОК А. Відомість матеріалів дипломної роботи.....	65
ДОДАТОК Б. Перелік файлів на електронному носії .....	66
ДОДАТОК В. Відгук керівника економічного розділу .....	67
ДОДАТОК Г. Відгук керівника дипломної роботи. ....	68

## ВСТУП

В зв'язку зі зростанням чисельності різних джерел електромагнітного випромінювання (ЕМВ) (системи зв'язку, системи навігації, лінії електроживлення та інше), забезпечення захисту від ЕМВ стає все більш актуальним питанням.

З боку екологічних аспектів це захист працюючих від негативного впливу ЕМВ. З боку технічних аспектів це захист технічних пристроїв, що працюють в перевантаженому електромагнітному середовищі.

Так, в умовах щільного розташування чутливих до впливу електромагнітного випромінювання електронних приладів в перевантаженому ЕМВ середовищі, можуть спостерігатись прояви нестабільності в їх роботі.

Розробка систем захисту від витоку інформації каналами ПЕМВН є складною та комплексною задачею та потребує складних розрахунків та пошуку необхідних рішень щодо захисту від ЕМВ, а в окремих випадках захисту, інформації, що міститься у каналах витоку інформації.

Одним з ефективних засобів захисту від ЕМВ є екранування. Воно дозволяє зменшити вплив зовнішніх паразитних електромагнітних полів, завад та наводок на елементи пристроїв, чутливих до ЕМВ.

Електромагнітними екранами називають конструкції, призначені для послаблення електромагнітних полів, створюваних будь-якими джерелами у деякій області простору, що не містять цих джерел[6]. У переважній більшості випадків електромагнітні екрани роблять з металів(мідь, алюміній, сталь), рідше з феритів та металополімерів.



Актуальним є питання щодо зменшення маси екрану, особливо у тих випадках коли класичні підходи не можуть бути використані через свої масо-габаритні характеристики у зв'язку з розвитком портативної техніки.

Результати проведених різними авторами[9,13,16,17] досліджень та експериментів показують, що для екранування від техногенного впливу слід обов'язково враховувати особливості захисних властивостей матеріалів, що використовуються в екрануючих конструкціях.

Мета дипломної роботи – аналіз особливостей полімерних композитів для екранування побічних електромагнітних випромінювань технічних засобів обробки інформації.

Для досягнення мети в дипломній роботі проведено:

Проведено аналіз фізичної природи виникнення побічних електромагнітних випромінювань, методів захисту інформації від витіку каналами ПЕМВН та фізичних принципів екранування.

Досліджено особливості екранувальних властивостей різних матеріалів екранів, зокрема металонаповнених полімерних композитів та надано рекомендації щодо їх використання.

## РОЗДІЛ 1. ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ ВІД ВИТОКУ КАНАЛАМИ ПЕМВН

### 1.1 Причини виникнення побічних електромагнітних випромінювань

Електромагнітне поле є особливим видом матерії. Воно, як і речовина, має не тільки енергію, але також масу, кількість руху і момент кількості руху. Поле може перетворюватися на речовину, а речовина – на поле. Електромагнітне поле впливає з певною силою на заряджені частинки[12].

Електромагнітне випромінювання – взаємопов'язані коливання електричного і магнітного полів, що утворюють електромагнітне поле, а також процес утворення вільного електромагнітного поля за нерівномірного руху та взаємодії електричних зарядів[21].

Технічні засоби обробки, передачі, зберігання та відображення інформації (ТЗП) генерують електромагнітні випромінювання. Електромагнітні випромінювання бувають двох типів, прямі та побічні.

Прямі – випромінювання, які випромінюється антенами та іншими типами випромінювачів у процесі їх роботи. Побічні – утворюються у провідниках, лініях живлення та у колах плат ТЗП, що виступають у ролі випадкових антен.

Сформовані побічні електромагнітні випромінювання можуть бути прийнятими за допомогою приймаючої антени, у ролі якої може виступати провідники різного розміру, в залежності від очікуваної частоти та амплітуди електромагнітного випромінювання. Внаслідок взаємодії електромагнітного випромінювання та антени, на останній наводиться сигнал, подібний до того, що протікав у провіднику в якому електромагнітне випромінювання було згенероване.

Процеси обробки інформації в ТЗП супроводжується електромагнітним випромінюванням, що є причиною виникнення електромагнітних каналів витоку інформації. Побічні електромагнітні випромінювання ТЗП є причиною виникнення електромагнітних і параметричних каналів витоку інформації, а також можуть виявитися причиною виникнення наводки інформаційних сигналів в сторонніх струмопровідних лініях і конструкціях. Тому зниження рівня ЕМВ є складною та важливою задачею.

## 1.2 Класифікація технічних каналів витоку інформації, яка обробляється ТЗП

Під ТЗП розуміють технічні засоби, що безпосередньо обробляють інформацію з обмеженим доступом. До таких засобів належать: електронно-обчислювальна техніка, режимні АТС, системи оперативно-командної і гучномовного зв'язку, системи звукопідсилення, звукового супроводу і звукозапису і таке інше[23].

У залежності від фізичної природи виникнення інформаційних сигналів, а також середовища їх поширення і способів перехоплення, технічні канали витоку інформації можна поділити на електромагнітні, електричні й параметричний.



Рис. 1.1 – Класифікація технічних каналів витоку інформації, яка обробляється ТЗПІ

### 1.2.1 Електромагнітні канали витоку інформації

Електромагнітні канали витоку інформації розподіляються на такі типи[2]:

- Електромагнітні випромінювання елементів ТЗПІ;
- Електромагнітні випромінювання на частотах роботи ВЧ-генераторів ТЗПІ і ДТЗС;

- Електромагнітні випромінювання на частотах самозбудження ПНЧ ТЗП;

У ТЗП носієм інформації є електричний струм, параметри якого (сила струму, напруга, частота і фаза) змінюються за законом інформаційного сигналу. При проходженні електричного струму по струмопровідних елементах ТЗП навколо них виникають електричні й магнітні поля. За рахунок цього елементи ТЗП можна розглядати як випромінювачі електромагнітного поля, модульованого за законом зміни інформаційного сигналу.

До таких пристроїв можна віднести: задаючі генератори, генератори тактової частоти, гетеродини, радіоприймальні і телевізійні пристрої, генератори вимірювальних приладів і таке інше.

Внаслідок зовнішніх впливів електромагнітного випромінювання, яке містить інформацію, на елементи ВЧ-генераторів наводяться електричні сигнали. Приймачем магнітного поля можуть бути котушки індуктивності коливальних контурів, дроселі в колах електроживлення і таке інше. Приймачем електричного поля є провідники високочастотних кіл та інші елементи. Наведені електричні сигнали викликають ненавмисну модуляцію власних ВЧ-коливень генераторів, які випромінюються в навколишній простір.

Самозбудження підсилювачів низької частоти (ПНЧ) ТЗП (наприклад підсилювачів систем звукопідсилення і звукового супроводу) можливе за рахунок випадкових перетворень від'ємних зворотних зв'язків (індуктивних або ємнісних) у паразитні додатні, що приводить до переходу підсилювача з режиму підсилення в режим автогенерації сигналів. Частота самозбудження знаходиться в межах робочих частот нелінійних елементів ПНЧ (наприклад, напівпровідникових елементах). Сигнал на частотах самозбудження, як правило, виявляється модульованим інформаційним сигналом.

Самозбудження спостерігається, в основному, при переході ПНЧ в нелінійний режим роботи – перевантаження.

### 1.2.2 Електричні канали витоку інформації

Причинами виникнення електричних каналів витоку інформації є:

- Наведення електромагнітних випромінювань ТЗПІ на з'єднувальні лінії ДТЗС і сторонні провідники, що виходять за межі контрольованої зони;
- Витік інформаційних сигналів у колах електроживлення ТЗПІ;
- Витік інформаційних сигналів у колах заземлення ТЗПІ.

Наведення електромагнітних випромінювань ТЗПІ виникають при випромінюванні елементами ТЗПІ інформаційних сигналів, а також при наявності гальванічного зв'язку з'єднувальних ліній ТЗПІ і сторонніх провідників або ліній ДТЗС. Рівень сигналів, що наводяться, значною мірою залежить від потужності випромінюваних сигналів, відстані до провідників, а також довжини спільного пробігу з'єднувальних ліній ТЗПІ і сторонніх провідників.

Витік інформаційних сигналів у колах електроживлення можливий при наявності магнітного зв'язку між вихідним трансформатором підсилювача і трансформатором випрямляючого пристрою. Крім того, струми підсилених інформаційних сигналів замикаються через джерело електроживлення, створюючи на його внутрішньому опорі спад напруги, що при недостатньому згасанні у фільтрі випрямляючого пристрою може бути виявлений у лінії електроживлення.

### 1.3 Магнітний і електричний диполь

Електромагнітне поле (ЕМП) – особлива форма матерії, за допомогою якої здійснюється взаємодія між електрично зарядженими частинками. Воно складається з двох окремих полів – електричного та магнітного. Силкові лінії цих полів взаємно перпендикулярні. Електромагнітне поле у просторі поширюється у вигляді електромагнітної хвилі, яка переносить енергію, замкнену в електричному та магнітному полях. Електричні та магнітні поля замикаються одночасно одне з одним. При цьому співвідношення між їх миттєвими значеннями завжди залишаються сталими. Лише на близьких від джерела відстанях, у так званій зоні несформованого поля, ця закономірність порушується. Через електромагнітне поле передаються всі види електромагнітного випромінювання – від низькочастотного (радіохвилі) до високочастотного (рентгенівське та гамма-випромінювання).

Після того, як в промисловому житті стали використовуватися прилади, що працюють від електроенергії, а в побутовому житті – електроприлади, інтенсивність випромінювання підвищилася. Це призвело до появи хвиль такої довжини, яких раніше в природі не існувало.

Диполь – ідеалізована система, що використовується для опису поширення електромагнітних хвиль або статичного поля.

Електричний диполь – сукупність двох точкових зарядів  $q$ , рівних по абсолютній величині, але протилежних за знаком, розташованих на певній відстані один від одного  $l$  (рис. 1.2).

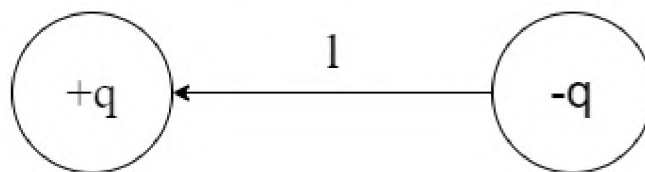


Рис. 1.2 – Схематичне зображення диполю

До диполя можна визначити вектор, який називається моментом електричного диполя. Цей вектор  $\vec{p}$  розраховується як здобуток заряду  $q$  на відстань між точковими  $\vec{l}$  зарядами, і проводиться від негативного до позитивного заряду[22].

$$\vec{p} = q\vec{l} \quad (1.1)$$

Якщо помістити електричний диполь в електричне поле напруженістю  $\vec{E}$ , то на заряди диполя відповідно діють сили:

$$\vec{F}_+ = q\vec{E} \quad (1.2)$$

$$\vec{F}_- = -q\vec{E} \quad (1.3)$$

Ці сили спрямовані протилежно один до одного і створюють сумарний момент сили:

$$\mathbf{M} = qE \sin \alpha = pE \sin \alpha \quad (1.4)$$

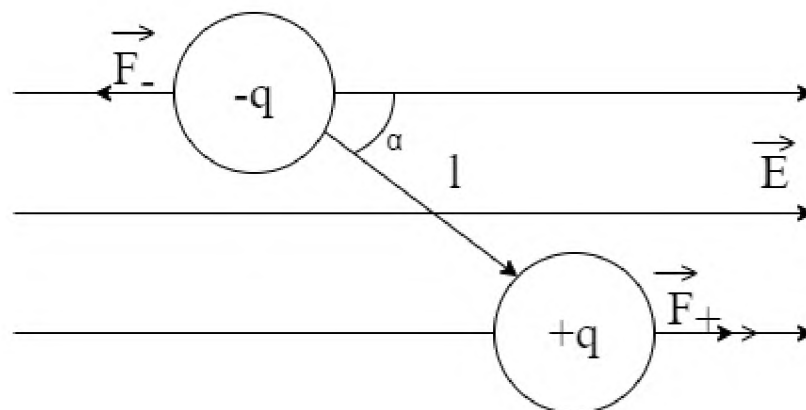


Рис 1.3 – Схематичне зображення дії електричного поля на електричні диполі

Магнітний диполь є аналогом електричного диполя, який умовно можна уявити як систему з двох «магнітних зарядів», умовно бо магнітні заряди не виявлено. В якості моделі можна розглядати невелику плоску замкнуту провідну рамку області  $S$ , через яку протікає струм  $I$ . Магнітний момент диполя  $\vec{d}_m$  розраховується за формулою:

$$\vec{d}_m = IS\vec{n} \quad (1.5)$$



Де  $\vec{n}$  – одиничний вектор, спрямований перпендикулярно площині рамки, при спостереженні у якому струм протікає за годинниковою стрілкою.

#### 1.4 Фізичні принципи екранування

Теорія екранування заснована на двох фундаментальних принципах – на відбитті і поглинанні електромагнітних хвиль при переході з одного середовища в інше. Ці обидва принципа знижують енергію електромагнітного поля, що пройшло через екран.

У процесі свого падіння на межу розділу двох середовищ з різними електрофізичними характеристиками хвиля відбивається і приломлюється, а в товщі екрану через його провідні властивості відбувається часткове поглинання енергії електромагнітного поля. Таким чином, електромагнітна хвиля при взаємодії з екраном частково відбивається від його поверхні, частково проникає в стінку екрана, зазнає там поглинання матеріалом екрану, багаторазово відбивається від його стінок і, зрештою, частково проникає в область, що екранується. При цьому всі перераховані вище процеси супроводжуються втратами енергії електромагнітної хвилі.

На рисунку 1.4 зображено нескінченно протяжний плоский металевий екран товщинною  $d$ , що знаходиться у повітрі, на який ліворуч падає плоска електромагнітна хвиля.

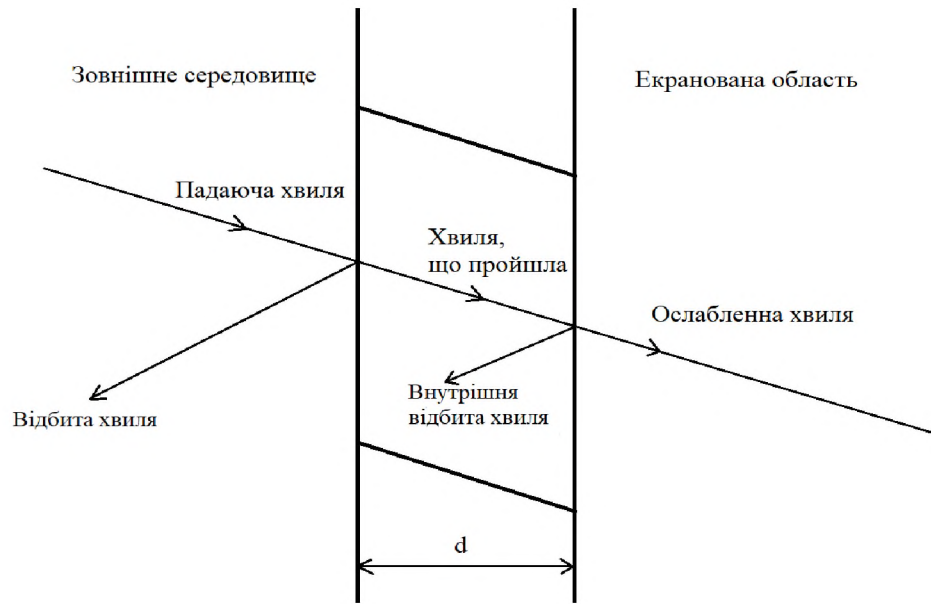


Рис. 1.4 – Відбиття і проходження через екран електромагнітної хвилі

Нормальне падіння вертикально поляризованої електромагнітної хвилі на поверхню металевого екрану

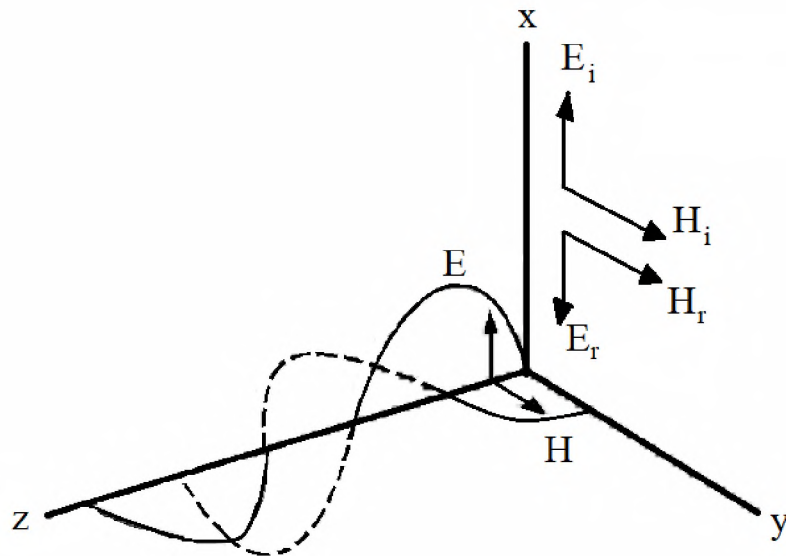


Рис – 1.5. Падіння плоскої хвилі на ідеальний екран

Вважатимемо магнітну проникність матеріалу екрана рівної одиниці. Вектори  $\vec{E}$  та  $\vec{H}$  електромагнітної хвилі лежать у площині екрана:

$$(\vec{E}_1 - \vec{E}_2) \vec{\tau}_0 = \mathbf{0} \quad (1.6)$$

Де  $\vec{\tau}_0$  – одиничний вектор дотичної до поверхні розділу середовищ;

$\vec{E}$  з індексами 1 і 2 відносяться до суміжних середовищ.

Для вектору  $\vec{H}$  повинно виконуватись наступне співвідношення:

$$(\vec{H}_1 - \vec{H}_2) \cdot \vec{\tau}_0 = \vec{\eta} \quad (1.7)$$

Де  $\vec{\eta}$  – щільність поверхневого струму.

Ідеальний випадок, коли провідність екрана нескінченно висока (імпеданс дорівнює нулю), тоді електрична компонента напруженості відбитої хвилі  $\vec{E}_1 = \vec{E}_2$  буде рівна і протилежна відповідній компоненті падаючої хвилі  $\vec{E}_1 = \vec{E}_1$

За таких ідеальних умов екранування від електричного поля буде ідеальним, тому що обидва електричні поля – падаюче і відбите взаємно компенсують один одного[23].

У реальному випадку, оскільки провідність матеріалу екрану скінченна, ефективність екранування металевим екраном теж скінченна, але може бути досить високою. Оскільки провідність матеріалу скінченна, частина енергії хвилі пройде у стінку екрана і створить у ній струм.

Ці наведені струми розсіюють падаючу електромагнітну енергію двома способами: на теплові втрати у матеріалі екрану та на втрати на випромінювання, оскільки ці струми знов випромінюють власні електромагнітні поля.

Для тонкого екрану залежність щільності струму від глибини наведена на рис. 1.6.

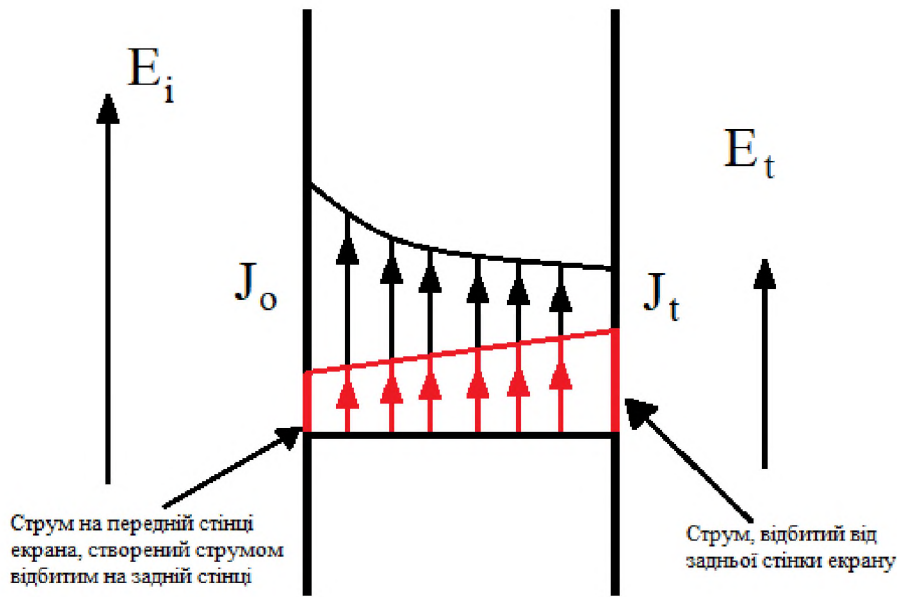


Рис 1.6 – Послаблення індукційного струму в екрані з тонкою стінкою

Будь-який провідник зі змінним струмом працює і як антена. Тому друга стінка тонкого екрана, по якій протікає цей змінний струм, може і буде випромінювати.

Механізм протікання поверхневого струму в екрані при падінні на нього електромагнітного поля можна пояснити також за допомогою рис 1.7.

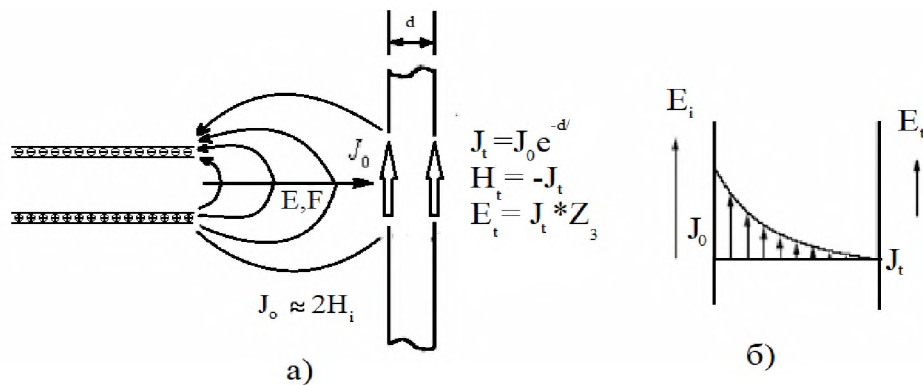


Рис. 1.7 – а) Механізм утворення поверхневого струму. б) Спад струму в екрані з товстою стінкою

Величина електричного поля за стінкою екрана дорівнюватиме

$$E_t = J_t Z_3 \quad (1.8)$$

Амплітуда поля після проходження бар'єру зменшується, але напрямок поля залишається незмінним. Згасання потужності є функцією відстані від джерела поля

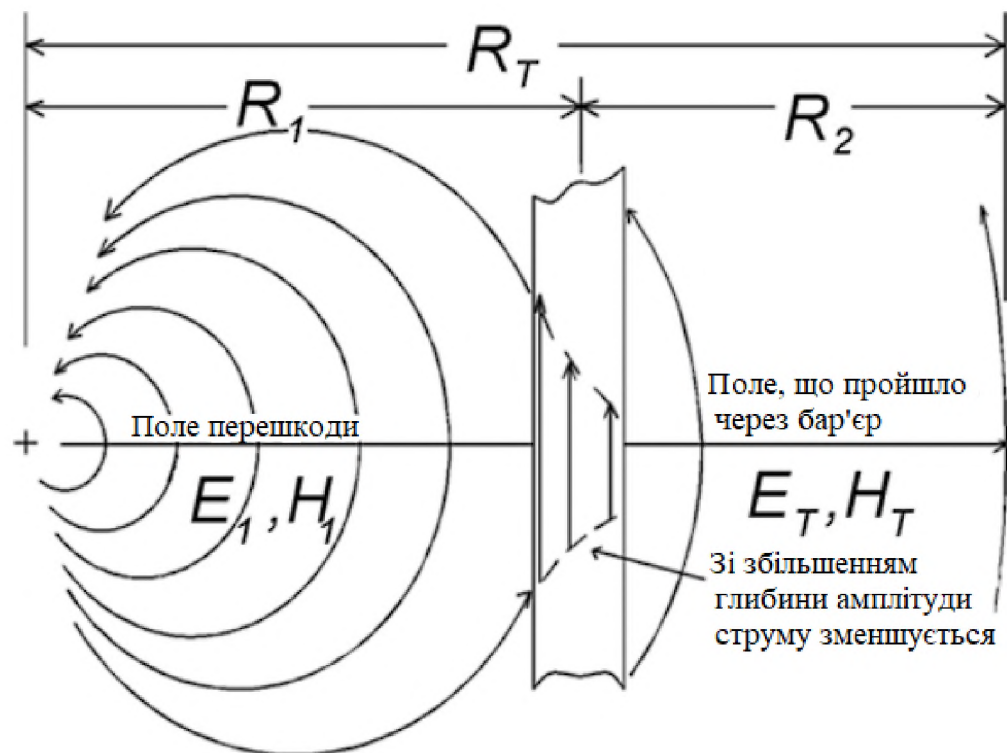


Рис. 1.8 – Проходження поля через бар'єр

Потужність на відстані  $R_2$  від бар'єру обчислюється за такою формулою:

$$P_{R2} = \left(\frac{R_1}{R_T}\right)^2 \cdot P_T \quad (1.9)$$

Де  $P_{R2}$  – щільність потужності на відстані  $R_2$ , Вт/м<sup>2</sup>;

$R_1$  – відстань до бар'єру, м;

$R_T$  – сумарна відстань, м;

$R_T$  – щільність потужності після проходження бар'єру, Вт/м<sup>2</sup>.

В основі екранування на низьких частотах лежать два фізичні принципи – поляризація та намагнічування матеріалу екрану.

На низьких частотах екранування електричних полів ґрунтується на ефекті Фарадея (рис. 1.9.). Поляризація зарядів у металевій стінці екрану створює поле, що компенсує зовнішнє низькочастотне електричне поле. Оскільки рухливість електронів у металі дуже висока, то товщина стінок екрана може бути малою.

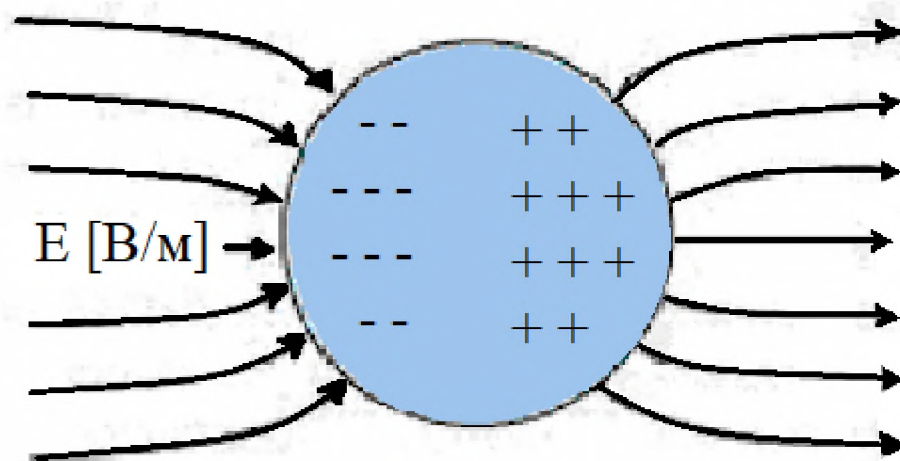


Рис. 1.9 – Принцип дії екрана Фарадея

У разі дії магнітних полів ефект поляризації не працює, оскільки в природі немає магнітних зарядів. Однак ослаблення низькочастотного магнітного поля можна досягти, якщо взяти метал з високою магнітною проникністю ( $\mu \gg 1$ ) як матеріал екрану з достатньою товщиною, щоб силові лінії магнітного поля пройшли в основному у стінках екрана, де реактивний опір для магнітного поля мінімальний.

В екрані з металу з високою провідністю високочастотне магнітне поле викликає вихрові струми, які у свою чергу створюють магнітне поле, спрямоване назустріч зовнішньому та компенсуючому його. Товщина екрана

в цьому випадку може бути досить тонкою в порівнянні з товщиною екрана для низькочастотних магнітних полів і магнітна проникність матеріалу екрана не обов'язково повинна бути високою. Тут важлива насамперед висока провідність металу екрана[23].

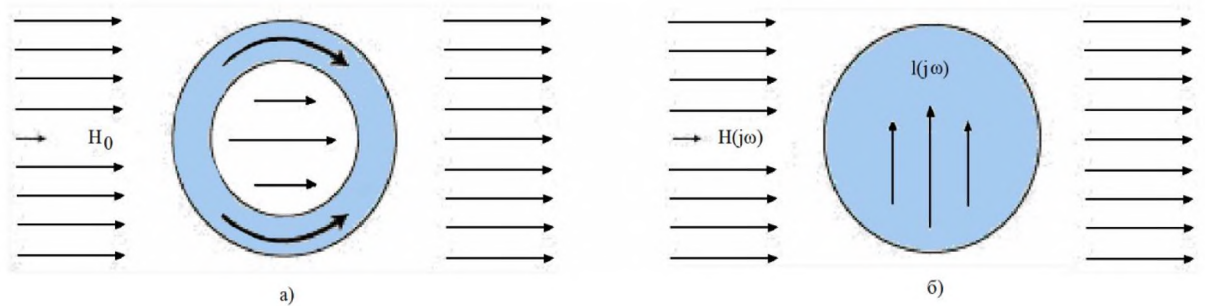


Рис. 1.10 – Принципи екранування від магнітного поля. а) Шунтування магнітного потоку стінками екрана с  $\mu \gg 1$ . б) Утворення вихрових струмів у високопровідних стінках екрану

### 1.5 Аналіз методів екранування для захисту від витoku інформації по каналу ПЕМВН

Захист інформації від витoku каналами ПЕМВН здійснюється із застосуванням пасивних та активних методів і засобів.

Мета пасивних та активних методів захисту – зменшення відношення сигналу до шуму (ВСШ) на межі контрольованої зони до величин, що забезпечують неможливість виділення засобом розвідки супротивника небезпечного інформаційного сигналу. У пасивних методах захисту зменшення ВСШ досягається зменшенням рівня небезпечного сигналу, а у активних методах – шляхом збільшення рівня шуму.

Пасивні методи захисту спрямовані на:

- Послаблення побічних електромагнітних випромінювань ТЗП на межі контрольованої зони;

- Послаблення наведень побічних електромагнітних випромінювань в сторонніх провідниках, з'єднувальних лініях, ланцюгах електроживлення і заземлення, що виходять за межі контрольованої зони.

Послаблення небезпечного сигналу необхідно здійснювати до величин, що забезпечують неможливість його відділення засобом розвідки на фоні природного шуму.

До пасивних методів захисту відносять:

- Застосування роздільних трансформаторів і фільтрів для подавлення перешкод;
- Екранування;
- Заземлення усіх пристроїв, як необхідна умова ефективного захисту інформації;
- Доопрацювання пристроїв обчислювальної техніки з метою мінімізації рівня випромінювання.

Активні методи захисту спрямовані на:

- Створення маскуючих просторових електромагнітних перешкод;
- Створення маскуючих електромагнітних перешкод у сторонніх провідниках, з'єднувальних лініях, ланцюгах електроживлення та заземлення.

До активних методів захисту відносять просторове і лінійне зашумлення.

Екранування електромагнітних хвиль.

Теоретичне рішення задачі екранування і визначення значення напруженості полів в загальному випадку надзвичайно складне[10]. Через це в залежності від типу задачі простіше розглядати окремі види екранування:

- Електростатичне екранування – пригнічення ємнісних паразитних зв'язків;



- Магнітностатичне екранування – пригнічення індуктивних паразитних зв'язків;
- Електромагнітне екранування – пригнічення електромагнітного поля.

### 1.5.1 Електростатичне екранування

Електростатичне екранування – застосовується для зниження паразитної ємності між електричними ланцюгами: вводиться струмопровідний екран, з'єднаний із заземленням.

Сутність електростатичного екранування полягає в замиканні електростатичного поля на поверхню металевих екранів і відведення електричних зарядів на землю (корпус приладу) за допомогою контуру заземлення. Застосування металевих екранів дуже ефективно і дозволяє повністю усунути вплив електростатичного поля.

При екрануванні електричного поля дуже важливо створити низький опір екрану відносно корпусу (загального дроту) не більше 4 Ом[10].

### 1.5.2 Магнітностатичне екранування

Магнітностатичне екранування застосовується для пригнічення паразитних індуктивних зв'язків між двома електричними ланцюгами через ближнє магнітне поле. Для зниження величини магнітних полів використовують два види екранування: магнітностатичне і електромагнітне.

Магнітностатичне екранування (екранування шунтуванням магнітного поля) використовується при наведеннях низької частоти в діапазоні від 0 до

10 кГц. Воно засноване на застосуванні екранів з феромагнітних матеріалів з великою магнітною проникністю.

Ефективність магнінностатичного екранування не залежить від частоти у тих межах, в яких від частоти не залежить магнітна проникність матеріалу екрану. Магнінностатичне екранування використовують в основному на низьких частотах, на яких ефективність електромагнітного екранування недостатня[10].

### 1.5.3 Електромагнітне екранування

Принцип дії електромагнітного екранування полягає в тому, що змінне магнітне поле послабляється по мірі проникнення в метал, оскільки внутрішні шари екранується вихровими струмами зворотного напрямку, що виникають в шарах, розташованих ближче до поверхні. Екрануюча дія вихрових струмів визначається двома чинниками:

- Зворотним полем, що створюється струмами, що протікають в екрані;
- Поверхневим ефектом у матеріалі екрану.

Внаслідок екранування внутрішніх шарів вихровими струмами, циркулюючими в поверхневих шарах, змінне магнітне поле послабляється по товщині матеріалу екрана.

Електромагнітне випромінювання застосовується на високих частотах. Цей спосіб екранування може послабляти як магнітні, так і електричні поля і через це називається електромагнітним[10].

### 1.6 Екрануючі матеріали та покриття

Складний механізм поширення електромагнітних хвиль та поглинання ЕМВ, а також технологічні складності синтезу матеріалів з заздалегідь заданими електромагнітними властивостями в широкому діапазоні частот обумовлюють велику різноманітність існуючих екрануючих матеріалів і покриттів (рис. 1.11), основний розподіл яких можна провести за їх елементним складом і мікроструктурою. За фазовим складом матеріали можна розділити на гомогенні та гетерогенні, а саме, що складаються з однієї або двох фаз та більше. Гомогенні матеріали відрізняються ізотропністю властивостей внаслідок однорідності структури і відповідно до електромагнітних властивостей поділяються на провідні, магнітні та діелектричні. Найбільш яскравими представниками гомогенних екрануючих матеріалів є метали, що мають високу провідність, а деякі з них (такі, як метали підгрупи заліза) – ще й магнітними властивостями. Експлуатаційні властивості металевих матеріалів можуть змінюватися шляхом використання різних сплавів, що являють собою тверді розчини.

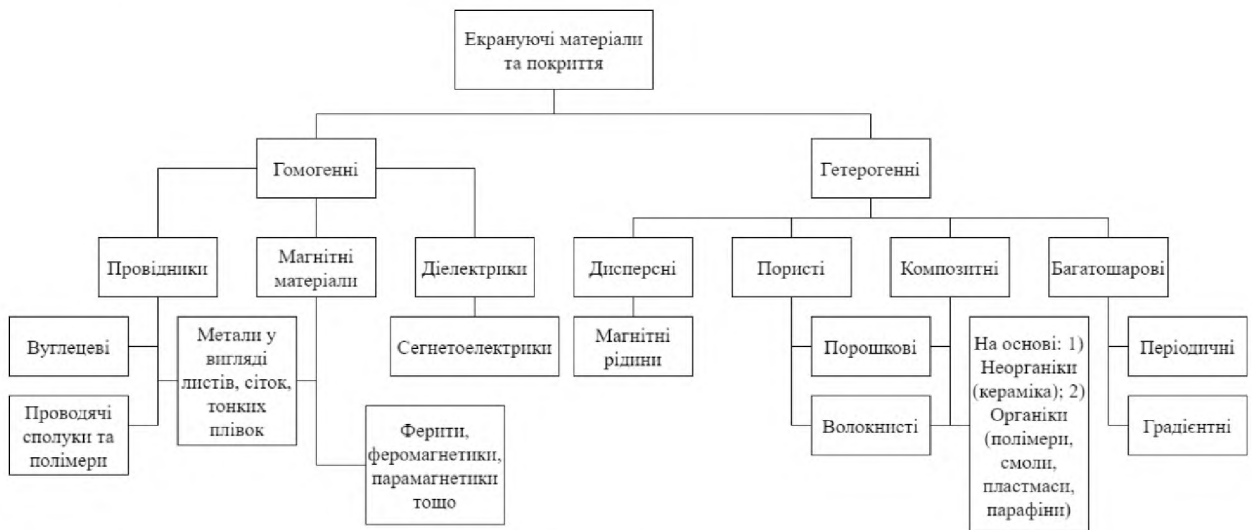


Рис 1.11 – Екрануючі матеріали та покриття

Металеві екрани відрізняються високою ефективністю, що збільшується у разі підвищення частоти падаючого ЕМВ, і технологічно виконуються у вигляді суцільних і перфорованих листів та сіток і можуть бути нанесені у вигляді тонких плівок. Металеві екрани мають один істотний недолік,

пов'язаний з їх високою електропровідністю: високий коефіцієнт відбиття, обумовленим великою відмінністю хвильових опорів вільного простору та екрану. Крім того, ефективність таких екранів залежить від якості та надійності монтажу електричних контактів, при порушенні яких з'являються області перевипромінювання електромагнітної хвилі. В свою чергу, ефективність перфорованих та сітчастих екранів падає з підвищенням частоти, що також обмежує сферу їх застосування (табл. 1)[25].

Таблиця 1.1. Порівняльні характеристики ефективності екранування в дБ сітчастих та металевих екранів з різними параметрами

Вид екрану	Матеріал екрану	Частота кГц				
		10	100	1000	10000	100000
Металеві листи товщиною 0.5 мм	Сталь	64	87	120	120	120
	Мідь	67	70	88	120	120
	Алюміній	65	66	80	120	120
Металеві сітки	Мідь, дріт діаметром 0.1мм, осередки розміром 1*1 мм	65	55	50	42	32
	Сталь, дріт діаметром 0.1мм, осередки розміром 1*1 мм	48	47	42	36	29,5

Для екранування електромагнітного поля за рахунок відбиття ЕМВ можуть застосовуватись і інші матеріали, що проводять струм, такі як вуглецеві волокна, провідні полімери і тощо.

Явище відображення ЕМВ при використанні провідних екранів часто носить негативний вплив, пов'язаний з формуванням перевідбитої хвилі, яка впливає на об'єкт, що екранується, викликаючи зміну його параметрів. Це зумовлює необхідність враховувати параметри екрана при розробці радіоелектронних пристроїв, а також вживати спеціальні заходи щодо захисту біологічних об'єктів. Тому особливе увага приділяється розробці екранів та покриттів, ефективність яких досягається за рахунок поглинання ЕМВ[25].

У конструкціях поглинаючих ЕМВ екранів та покриттів застосовуються явища розсіювання ЕМВ при проходженні через провідні матеріали, а також магнітні та діелектричні втрати в середовищі, прямо пропорційні значенням відносної діелектричної ( $\epsilon$ ) та магнітної ( $\mu$ ) проникності матеріалу. В ідеальному випадку величини  $\epsilon$  і  $\mu$  повинні бути максимізовані та рівні між собою, щоб зменшити рівень відбитої хвилі. В якості поглиначів ЕМВ використовуються ферити, феромагнітні матеріали та діелектрики. Також ведуться розробки нових радіо–поглинаючих покриттів на основі сегнетоелектриків, проте їх ефективність ще невисока, і вони далекі від практичного використання[25].

У зв'язку з розвитком технології отримання композиційних матеріалів, властивості яких можуть змінюватись у широких межах шляхом підбору зв'язувального матеріалу та наповнювача, особлива увага приділяється гетерогенним радіопоглинаючим середовищам. Матеріали для поглиначів ЕМВ отримують методами порошкової металургії та з використанням технології композитних матеріалів. Як вихідна сировина застосовуються неорганічні порошки та волокна, закріплені у зв'язувальному матеріалу на основі неорганічних (оксидів алюмінію, титану та ін.) або органічних (смоли, полімери, пластмаси, парафіни). Такі матеріали мають як високу ефективність екранування, так і великі значення коефіцієнту поглинання ЕМВ, однак їх застосування часто обмежено вузьким частотним діапазоном. Останні дослідження в галузі розробки композиційних матеріалів спрямовані на розширення частотного діапазону електромагнітних екранів та створення багатофункціональних конструкцій.

Проблема розробки нових матеріалів та технологій створення широкосмугових та більш ефективних гнучких та малих за габаритами електромагнітних екранів дуже актуальна, особливо в даний час, коли число діючих радіоелектронних засобів постійно збільшується, призводить до загострення екологічних проблем захисту живих організмів,

електромагнітної сумісності радіоелектронних засобів, забезпечення захисту інформації, скритності об'єктів та ін.

### 1.7 – Постановка задачі дослідження

Для створення рекомендацій щодо використання полімерних композитів для екранування електричної складової побічного електромагнітного випромінювання необхідно вирішити наступні задачі:

1. Проведення аналізу екрануючих матеріалів для екранування електричної складової побічного електромагнітного випромінювання;
2. Проведення порівняльної оцінки екрануючих характеристик основних екрануючих матеріалів та полімерних композитів;
3. Розробка рекомендацій щодо використання полімерних композитів для екранування побічних електромагнітних випромінювань.

### 1.8 Висновки

Функціонування будь-якого технічного засобу обробки інформації супроводжується випромінюванням електричного і магнітного полів, які називають побічними ЕМВ[23]. Ефективним способом захисту є екранування джерел ЕМВ. Електромагнітне екранування широко використовується, для послаблення електричної і магнітної складової електромагнітного поля

В залежності від спектру частот для виготовлення екрану використовують різні матеріали. Найбільш високі показники мають суцільні металеві листи, однак їх недолік пов'язаний з складністю монтажу та конструктивними

обмеженнями. Металеві сітки мають менші показники екранування за суцільні листи, але не мають недоліків металевих листів зі складністю монтажу і конструктивними обмеженнями.

Перспективним є використання металонаповнених полімерних композитів для екранування, у зв'язку розповсюдження легких та мобільних пристроїв для яких маса має значення і не може бути високою.

## РОЗДІЛ 2.

### ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКРАНУЮЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЕКРАНУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СКЛАДОВОЇ ПОБІЧНОГО ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

#### 2.1 Порівняльний аналіз екрануючих матеріалів для екранування електричної складової побічного електромагнітного випромінювання

Для екранування електромагнітних полів застосовуються спеціальні конструкції і різноманітні матеріали. Спеціальні конструкції включають екрановані споруди, приміщення та камери. Вони можуть бути стаціонарними, збірно-розбірними і мобільними.

Для екранування електромагнітних випромінювань застосовуються екрани з матеріалів, які повинні мати певні властивості: на низьких частотах рекомендується використовувати матеріали з великим значенням магнітної проникливості, на високих частотах - з високою провідністю.

Це пов'язано з тим, що на низьких частотах принцип екранування полягає в тому, щоб силові лінії магнітного поля пройшли в основному в стінках екрана. На високих частотах електромагнітне поле викликає вихрові струми, що створюють поле, спрямоване назустріч зовнішньому і компенсує його.

Зараз для зменшення рівня електромагнітного випромінювання використовують: полімери, композити, фарби, покриття, метали (сталь, мідь, нікель, сплави, тощо) у вигляді листів, сіток.

В даний час у матеріалах для виготовлення корпусів (екранів від ЕМВ) електронного обладнання переважає перехід від металів до пластику, обумовлений їхньою меншою вартістю та простотою в експлуатації. Основною проблемою застосування пластику є те, що він, будучи діелектриком, вільно пропускає через себе ЕМВ. Однак існує багато технологій, які дозволяють вирішити цю проблему, використовуючи



комбінацію металів і полімерів, а їх з'єднання використовуються як матеріал для екранування в електронних пристроях, а також використовують металеві покриття для пластику, що застосовуються з використанням провідних фарб або хімічної металізації, шляхом нанесення шару металу гальванічним способом або через вакуумну металізацію. Крім того, до внутрішньої частини пластикових корпусів для електроустаткування може бути застосована металева фольга[26].

Головним фактором, що визначає якість екрана, є радіофізичні властивості матеріалу і конструкційні особливості. Для розрахунків екранів електромагнітних випромінювань використовується спрощене уявлення їх форми: сфера, циліндр, плоский лист. Така заміна конструкції не призводить до значних відхилень реальної ефективності від розрахункової, тому що основною причиною, що обмежує досягнення високих значень ефективності екранування, є наявність в екрані технологічних отворів (пристрої введення-виведення, вентиляції), а в екранованих приміщеннях - пристроїв життєзабезпечення, що зв'язують приміщення з зовнішнім середовищем[42].

## 2.2 Розрахунок коефіцієнтів екранування основних екрануючих матеріалів

Теоретичні та експериментальні дослідження показали, що форма екрану слабо впливає на його ефективність[27]. Головним фактором, що визначає якість екрана, є радіофізичні властивості матеріалу та конструкційні особливості. Це дозволяє при розрахунку ефективності екрана в реальних умовах користуватися найпростішим його уявленням: сфера, циліндр, плоского листа тощо. Така заміна реальної конструкції не призводить до скільки-небудь значних відхилень реальної ефективності від розрахункової, оскільки основною причиною, що обмежує досягнення високих значень ефективності екранування, є наявність в екрані технологічних отворів [27].

Екран у вигляді плоского листа в електромагнітному випадку можна характеризувати нормальним імпедансом матеріалу екрана, що визначається як відношення тангенціальних складових електричного та магнітного полів. Коефіцієнт проходження через шар є ефективність екранування, так як дорівнює відношенню амплітуд хвилі що пройшла і падаючої на екран хвилі. Якщо середовищем з обох боків екрана є вакуум, то коефіцієнт проходження  $D$  можна розрахувати за формулою[27](2.1):

$$D = \frac{4z_m}{(1 + z_m)^2 e^{-(i\alpha d)} - (1 - z_m)^2 e^{(i\alpha d)}} \quad (2.110)$$

$$z_m = \sqrt{\frac{\mu_m}{\epsilon_m}} \quad (2.2)$$

$$\alpha = \frac{2\pi}{\lambda_0} \sqrt{\epsilon\mu} \quad (2.3)$$

Де  $D$  – коефіцієнт проходження хвилі;

$d$  – товщина екрану, м;

$\lambda_0$  – довжина хвилі у вільному просторі, м;

$\epsilon_m$  – відносна діелектрична проникність матеріалу екрану;

$\mu_m$  – відносна магнітна проникність матеріалу екрану.

У загальному випадку - при комплексних діелектричній і магнітній проникливості матеріалу – теоретичний аналіз наведеного виразу є важким, тому використовується розрахунок ефективності екранування за поглинанням і відбиттям падаючої хвилі екраном.

Коефіцієнт ефективності екранування визначається за формулою, [16] (2.4):

$$S = \frac{1}{\operatorname{ch}(\mathbf{k}_m \cdot \mathbf{d})} + \frac{1}{1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{z_d}{z_m} \cdot \operatorname{th}(\mathbf{k}_m \cdot \mathbf{d})} \quad (11)$$

$$k_m = \sqrt{j\omega\mu\gamma} \quad (2.512)$$

$$z_d = j\omega\mu_d \frac{1}{2} \quad (2.6)$$

$$z_M = \sqrt{\frac{j\omega\mu_M}{\gamma}} \quad (2.7)$$

де  $S$  – коефіцієнт екранування, дБ;

$k_M$  – коефіцієнт розповсюдження в металі, 1/м;

$d$  – товщина екрана, м;

$Z_d$  – хвильовий опір діелектрика, Ом;

$Z_M$  – хвильовий опір металу, Ом;

$l$  – відстань між стінками екрана, м.

Вираз (2.4) складається з двох частин (2.8):

$$S = S_B + S_P \quad (13)$$

Де

$$S_B = \frac{1}{1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{Z_d}{Z_M} \cdot \text{th}(k_M \cdot d)} \quad (2.9)$$

екранування відбиттям, дБ,(2.9),

$$S_P = \frac{1}{\text{ch}(k_M \cdot d)} \quad (2.10)$$

екранування поглинанням, дБ,(2.10),

По мірі проникнення ЕМВ вглиб провідникового середовища відбувається ефект зменшення амплітуди електромагнітного випромінювання, що називається поверхневими ефектом або скін-ефектом.

Поверхневий ефект посилюється не тільки при збільшенні частоти  $f$ , а й при збільшенні магнітної проникності  $\mu$  і питомої провідності  $\gamma$  матеріалу. Це пояснюється тим, що збільшення  $\mu$  викликає збільшення потоку всередині провідника, тобто до збільшення індуктивності провідника, а збільшення  $\gamma$  підсилює вплив ЕРС самоіндукції. Зв'язок глибини проникнення поля  $\Delta$  з фізичними характеристиками речовини визначається виразом(2.11)[29].

$$\Delta = \sqrt{\frac{1}{\pi f \gamma \mu \mu_0}} \quad (2.11)$$

де  $\Delta$  – товщина скін-шару, м;

$f$  – частота, Гц;

$\gamma$  – питома провідність, См м;

$\mu$  – магнітна проникливість матеріалу;

$\mu_0$  – магнітна постійна вакууму ( $4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м).

У таблиці 2.1 наведено базові характеристики основних екрануючих матеріалів[28].

Таблиця 2.1 – магнітна проникливість і питома провідність основних екрануючих матеріалів.

Матеріал	Магнітна проникливість, $\mu$ Гн/м	Питома провідність, $\gamma$ , См м
Мідь	1	$5,96 \cdot 10^7$
Алюміній	1	$3,5 \cdot 10^7$
Залізо	1500	$1 \cdot 10^7$
Сталь електротехнічна	4000	$2,17 \cdot 10^6$
Нікель	600	$1,43 \cdot 10^7$
Пермалой	25000	$5 \cdot 10^6$

У таблиці 2.2 наведено розраховані значення товщини поверхневого ефекту основних екрануючих матеріалів розраховані для частот від  $10^3$  до  $10^6$  за допомогою застосунку “MathCAD prime 8”

Таблиця 2.2 – товщина поверхневого ефекту  $\Delta$ , мкм основних екрануючих матеріалів.

Матеріал	Частота, Гц			
	$10^3$	$10^4$	$10^5$	$10^6$
Мідь	2061,6	651,9	206,2	65,2
Алюміній	2690,2	850,7	269	85,1
Залізо	129,9	41,1	13	4,1
Сталь електротехнічна	170,8	54	17,1	5,4

Нікель	171,8	54,3	17,2	5,4
Пермалой	45	14,2	4,5	1,4

### 2.2.1 Розрахунок коефіцієнтів поглинання екрануючих матеріалів

Приведено розрахунок коефіцієнта екранування поглинанням для міді при частоті випромінювань  $f = 100$  Гц, товщині шару  $d = 1$  мм:

$$S_{\Pi} = \frac{1}{ch\left(\sqrt{100 \cdot 1 \cdot 5,95 \cdot 10^7 \cdot 10^{-3}}\right)} = 3,6.$$

Результати розрахунків  $S_{\Pi}$  при  $f = 100$  Гц для екрануючих матеріалів представлені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Коефіцієнти ефективності екранування поглинанням для екрануючих матеріалів при  $f = 100$  Гц

Матеріал	$S_{\Pi}$ , дБ
Мідь	3,6
Сталь	11,8
Алюміній	2,6
Залізо	13,8
Нікель	15,7
Пермалой	31,6

Приведено розрахунок коефіцієнта екранування поглинанням для сталі електротехнічної при частоті випромінювань  $f = 500$  Гц, товщині шару  $d = 1$  мм:

$$S_{\Pi} = \frac{1}{ch\left(\sqrt{500 \cdot 4000 \cdot 2,5 \cdot 10^6 \cdot 10^{-3}}\right)} = 17,4.$$

Результати розрахунків  $S_{\Pi}$  при  $f = 500$  Гц, товщині шару  $d = 1$  мм для екрануючих матеріалів представлені в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Коефіцієнти ефективності екранування поглинанням для екрануючих матеріалів при  $f = 500$  Гц

Матеріал	$S_{\Pi}$ , дБ
Мідь	7,2
Сталь	17,4
Алюміній	5,4
Залізо	18,2
Нікель	19
Пермалой	33,45

Приведено розрахунок коефіцієнта екранування поглинанням для пермалойу при частоті випромінювань  $f = 1$  кГц, товщині шару  $d = 1$  мм:

$$S_{\Pi} = \frac{1}{ch(\sqrt{2\pi \cdot 1 \cdot 10^3 \cdot 10000 \cdot 5 \cdot 10^6 \cdot 10^{-3}})} = 28,1.$$

Результати розрахунків  $S_{\Pi}$  при  $f = 1$  кГц для екрануючих матеріалів представлені в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Коефіцієнти ефективності екранування поглинанням для екрануючих матеріалів при  $f = 1$  кГц

Матеріал	$S_{\Pi}$ , дБ
Мідь	14
Сталь	23
Алюміній	12

Залізо	19,1
Нікель	21
Пермалой	28,1

Приведено розрахунок коефіцієнта екранування поглинанням для заліза при частоті випромінювань  $f = 5$  кГц, товщині шару  $d = 1$  мм:

$$S_{\Pi} = \frac{1}{ch(\sqrt{5 \cdot 10^3 \cdot 1400 \cdot 1 \cdot 10^7 \cdot 10^{-3}})} = 22,9.$$

Результати розрахунків  $S_{\Pi}$  при  $f = 5$  кГц для екрануючих матеріалів представлені в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Коефіцієнти ефективності екранування поглинанням для екрануючих матеріалів при  $f = 5$  кГц

Матеріал	$S_{\Pi}$ , дБ
Мідь	25
Сталь	27
Алюміній	26
Залізо	22,9
Нікель	28,7
Пермалой	22

Приведено розрахунок коефіцієнта екранування поглинанням для нікелю при частоті випромінювань  $f = 10$  кГц, товщині шару  $d = 1$  мм:

$$S_{\Pi} = \frac{1}{ch(\sqrt{10 \cdot 10^3 \cdot 1120 \cdot 1,15 \cdot 10^7 \cdot 10^{-3}})} = 32,4.$$

Результати розрахунків  $S_{\Pi}$  при  $f = 10$  кГц для екрануючих матеріалів представлені в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Коефіцієнти ефективності екранування поглинанням для екрануючих матеріалів при  $f = 10$  кГц

Матеріал	$S_{\Pi}$ , дБ
Мідь	28,9
Сталь	16,4

Продовження таблиці 2.7

Матеріал	$S_{\Pi}$ , дБ
Алюміній	31,5
Залізо	30,5
Нікель	32,4
Пермалой	16,77

Приведено розрахунок коефіцієнта екранування поглинанням для алюмінію при частоті випромінювань  $f = 30$  кГц, товщині шару  $d = 1$  мм:

$$S_{\Pi} = \frac{1}{ch\left(\sqrt{30 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 3,7 \cdot 10^7 \cdot 10^{-3}}\right)} = 36,4.$$

Результати розрахунків  $S_{\Pi}$  при  $f = 30$  кГц для екрануючих матеріалів представлені в табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Коефіцієнти ефективності екранування поглинанням для екрануючих матеріалів при  $f = 30$  кГц

Матеріал	$S_{\Pi}$ , дБ
Мідь	32,5
Сталь	40
Алюміній	36,4
Залізо	34
Нікель	36
Пермалой	12,46



Приведено розрахунок коефіцієнта екранування поглинанням для міді при частоті випромінювань  $f = 90$  кГц, товщині шару  $d = 1$  мм:

$$S_{\text{п}} = \frac{1}{ch\left(\sqrt{90 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 5,25 \cdot 10^7 \cdot 10^{-3}}\right)} = 40,3.$$

Результати розрахунків  $S_{\text{п}}$  при  $f = 90$  кГц для екрануючих матеріалів представлені в табл. 2.9.

Таблиця 2.9 – Коефіцієнти ефективності екранування поглинанням для екрануючих матеріалів при  $f = 90$  кГц

Матеріал	$S_{\text{п}}$ , дБ
Мідь	40,3
Сталь	49,7
Алюміній	42
Залізо	42,9
Нікель	45,8
Пермалой	5,2

### 2.2.2 Розрахунок коефіцієнтів відбиття екрануючих матеріалів

Розрахунок коефіцієнту екранування відбиттям проведено за формулою (2.9):

$$S_{\text{в}} = \frac{1}{1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{Z_{\text{д}}}{Z_{\text{м}}} \cdot \text{th}(k_{\text{м}} \cdot d)}$$

Приведено розрахунок коефіцієнта екранування відбиттям для міді при частоті випромінювань  $f = 100$  Гц,  $d = l$ :

$$S_{\text{в}} = \frac{1}{1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{2\pi \cdot 100 \cdot 1 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{2\pi \cdot 100 \cdot 1}} \cdot \text{th}\left(\sqrt{2\pi \cdot 100 \cdot 1 \cdot 5,95 \cdot 10^7 \cdot 10^{-3}}\right)} = 0,45.$$

Результати розрахунків  $S_v$  при  $f = 100$  Гц для екрануючих матеріалів представлені в табл. 2.10.

Таблиця 2.10 – Коефіцієнти ефективності екранування відбиттям для екрануючих матеріалів при  $f = 100$  Гц

Матеріал	$S_v$ , дБ
Мідь	0,45
Сталь	0,32
Алюміній	0,43
Залізо	0,24
Нікель	0,28
Пермалой	0,3

Результати розрахунків  $S_v$  при  $f = 500$  Гц для екрануючих матеріалів представлені в табл. 2.11.

Таблиця 2.11 – Коефіцієнти ефективності екранування відбиттям для екрануючих матеріалів при  $f = 500$  Гц

Матеріал	$S_v$ , дБ
Мідь	0,7
Сталь	0,65
Алюміній	0,62
Залізо	0,6
Нікель	0,7
Пермалой	0,54

Результати розрахунків  $S_v$  при  $f = 1$  кГц для екрануючих матеріалів представлені в табл. 2.12.

Таблиця 2.12 – Коефіцієнти ефективності екранування відбиттям для екрануючих матеріалів при  $f = 1$  кГц

Матеріал	$S_B$ , дБ
Мідь	0,93
Сталь	1,03
Алюміній	0,9
Залізо	0,87
Нікель	0,98
Пермалой	0,88

Результати розрахунків  $S_B$  при  $f = 5$  кГц для екрануючих матеріалів представлені в табл. 2.13.

Таблиця 2.13 – Коефіцієнти ефективності екранування відбиттям для екрануючих матеріалів при  $f = 5$  кГц

Матеріал	$S_B$ , дБ
Мідь	1,02
Сталь	1,18
Алюміній	1,1
Залізо	1,12
Нікель	1,16
Пермалой	1,08

Результати розрахунків  $S_B$  при  $f = 10$  кГц для екрануючих матеріалів представлені в табл. 2.14.

Таблиця 2.14 – Коефіцієнти ефективності екранування відбиттям для екрануючих матеріалів при  $f = 10$  кГц

Матеріал	$S_v$ , дБ
Мідь	1,12
Сталь	1,64
Алюміній	1,4
Залізо	1,52
Нікель	1,62
Пермалой	1,21

Результати розрахунків  $S_v$  при  $f = 30$  кГц для екрануючих матеріалів представлені в табл. 2.15.

Таблиця 2.15 – Коефіцієнти ефективності екранування відбиттям для екрануючих матеріалів при  $f = 30$  кГц

Матеріал	$S_v$ , дБ
Мідь	1,45
Сталь	1,96
Алюміній	1,62
Залізо	1,85
Нікель	1,9
Пермалой	1,54

Результати розрахунків  $S_v$  при  $f = 90$  кГц для екрануючих матеріалів представлені в табл. 2.16.

Таблиця 2.16 – Коефіцієнти ефективності екранування відбиттям для екрануючих матеріалів при  $f = 90$  кГц

Матеріал	$S_B$ , дБ
Мідь	1,65
Сталь	2,3
Алюміній	1,8
Залізо	2,15
Нікель	2,1
Пермалой	1,7

### 2.2.3 Розрахунок коефіцієнту ефективності екранування основних екрануючих матеріалів

Приведено розрахунок коефіцієнта ефективності екранування  $S$ , дБ для міді при частоті випромінювань  $f = 100$  Гц за формулою (2.8):

$$S = S_{\pi} + S_B$$

Результати розрахунків коефіцієнтів ефективності екранування екрануючих матеріалів для діапазону частот 100 Гц - 90 кГц представлені в табл. 2.17.

Таблиця 2.17 – Коефіцієнти ефективності екранування  $S$ , дБ екрануючих матеріалів в діапазоні частот 100 Гц - 90 кГц

Частота, Гц	$S$ , дБ					
	Мідь	Сталь	Алюміній	Залізо	Нікель	Пермалой
100	4,05	12,12	3,03	14,04	15,98	31,9
500	7,9	18,05	6,02	18,8	19,7	33,99
$10^3$	14,93	24,03	20	12,87	23,98	17,88
$5 \cdot 10^3$	26,02	28,18	27,1	24,02	29,86	23,08

## Продовження таблиці 2.17

Частота, Гц	S, дБ					
	Мідь	Сталь	Алюміній	Залізо	Нікель	Пермалой
$10 \cdot 10^3$	30,02	18,04	32,9	32,02	34,02	18,01
$30 \cdot 10^3$	33,95	41,96	38,02	35,85	37,9	14
$90 \cdot 10^3$	41,95	52	43,8	45,05	47,9	6,9

Аналіз результатів розрахунків і таблиць показує, що найвищий коефіцієнт ефективності екранування  $S$  на частотах до 1 кГц має пермалой, він становить 31,9 дБ, а на частотах 1 кГц – 30 кГц - сталь електротехнічна із показником 52 дБ.

#### 2.2.4 Порівняльна оцінка екрануючих характеристик основних екрануючих матеріалів

Для графічного аналізу проведених розрахунків побудовано залежності коефіцієнтів ефективності екранування екрануючих матеріалів від частоти електромагнітного випромінювання, побудованого за допомогою застосування “Microsoft Excel 2022” (рис. 2.1).

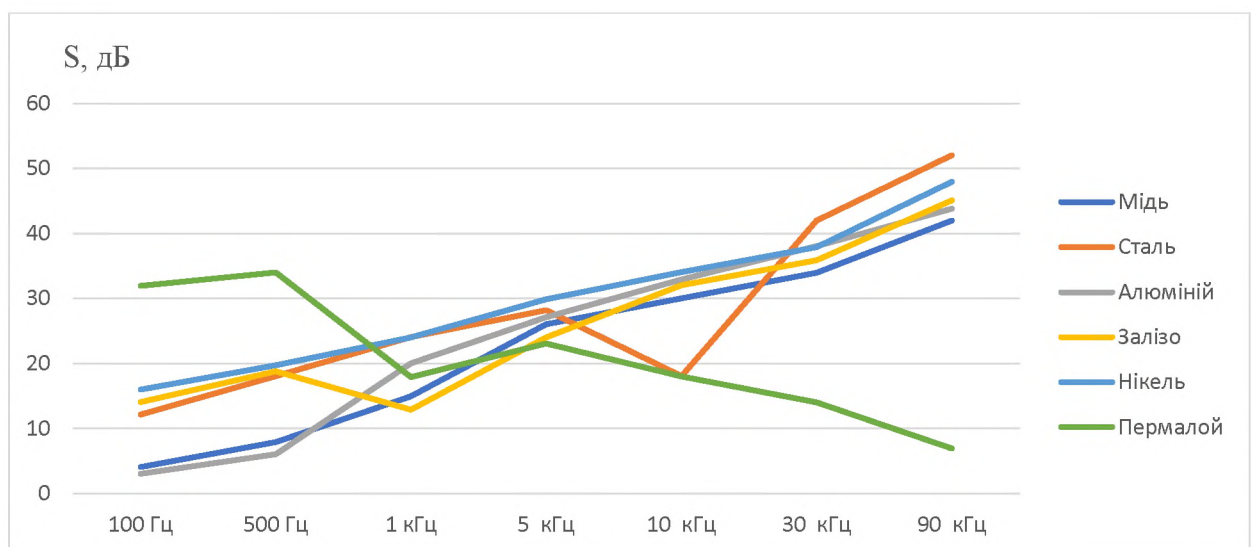


Рис. 2.1 – Графіки залежності коефіцієнтів ефективності екранування екрануючих матеріалів від частоти електромагнітного випромінювання

На графіках залежності коефіцієнту ефективності екранування від частоти електромагнітного випромінювання наочно видно, що на частотах до 500 Гц найвищим показником екранування володіє пермалой і становить 18...34 дБ, але на частотах більше 1 кГц його коефіцієнт екранування різко знижується на 11...27 дБ. На частотах 1 кГц – 10 кГц найвищий коефіцієнт екранування має нікель, він становить 23...34 дБ. На частотах вище 10 кГц найвищий коефіцієнт ефективності екранування має сталь електротехнічна - 30...52 дБ.

### 2.3 Перспективні напрями використання полімерних матеріалів для екранування електричної складової побічного електромагнітного випромінювання

Перспективним напрямом для екранування електричної складової є використання металонаповнених полімерних композитів, особливо для корпусів портативних пристроїв, через їх масу в порівнянні з металами.

На даний момент проводяться дослідження та експерименти зі складом і змістом металевих наповнювачів та матеріалу основи полімерного композиту.

Перспективним є використання в якості наповнювача дисперсної міді дендритної форми з розміром частинок у 50-70 мкм і карбонільного нікелю сферичної форми з діаметром частинок у 8-12 мкм. Оптичні зображення частинок наповнювача представлено на рис. 2.2. Концентрація дисперсної фази в композиті становить 8-25% від об'єму для міді та 2-40% від об'єму для нікелю[30].

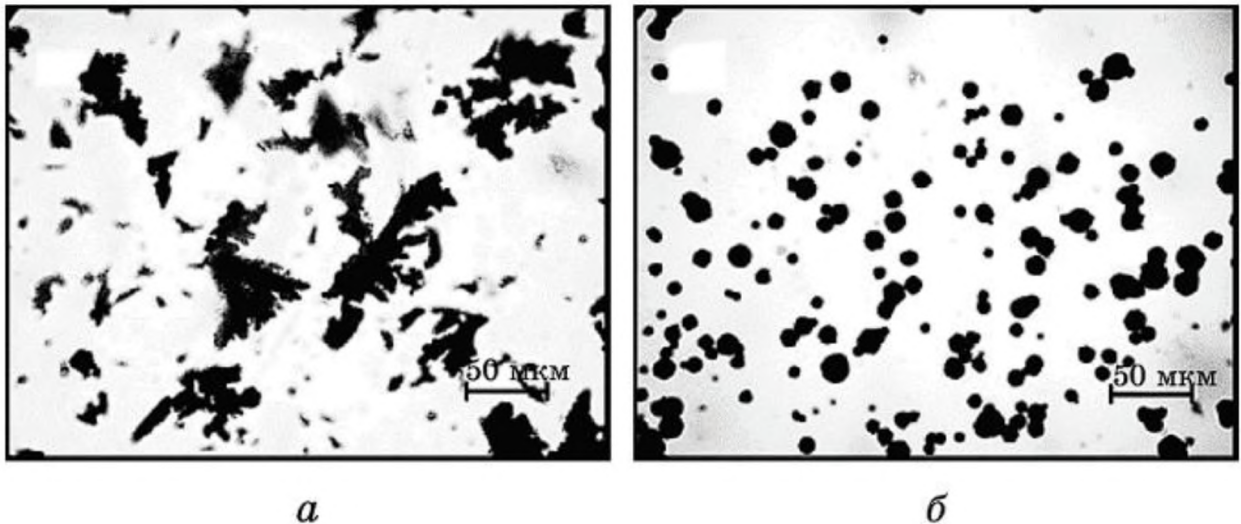


Рис. 2.2 – оптичні зображення частинок наповнювача міді (а) та нікелю (б)

#### 2.4 Розрахунок коефіцієнтів екранування полімерних композитів

В табл. 2.18 представлені розрахунки товщини скін-шару для металонаповнених полімерних композитів в залежності від частоти.

Таблиця 2.18 – Товщина в мкм скін-шару  $\Delta$  металонаповнених полімерних композитів

Матеріал	Частота, Гц			
	$10^3$	$10^4$	$10^5$	$10^6$
ЕС-Cu	425	134	42	13
ЕС-Ni	277	87	27	8

Приведено розрахунок коефіцієнта ефективності екранування поглинанням  $S_{\text{п}}$  дБ для ЕС-CU при частоті електромагнітного випромінювання  $f = 100$  Гц, товщині шару  $d = 5$  мм:

$$S_{\text{п}} = \frac{1}{ch(\sqrt{50 \cdot 14 \cdot 1 \cdot 4 \cdot 10^{-3}})} = 91.$$

Результати розрахунків за допомогою застосування “MathCAD prime 8” коефіцієнтів ефективності екранування поглинанням для металонаповнених



полімерних композитів в діапазоні частот 100 Гц – 90 кГц представлені в табл. 2.19.

Таблиця 2.19 – Коефіцієнти ефективності екранування поглинання  $S_{\Pi}$ , дБ металонаповнених полімерних композитів

Матеріал	Частота						
	100 Гц	500 Гц	1 кГц	5 кГц	10 кГц	30 кГц	90 кГц
ЕС-Cu	98	91	84	49	30	7	0,07
ЕС-Ni	96	82	23,7	25	0,11	0,01	0,003

Приведено розрахунок коефіцієнта ефективності екранування відбиттям  $S_{\text{в}}$ , дБ для ЕС-Cu при частоті електромагнітного випромінювання  $f = 500$  Гц:

$$S_{\text{в}} = \frac{1}{1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{2\pi \cdot 500 \cdot 1 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-3}}{2}}{\sqrt{\frac{2\pi \cdot 100 \cdot 1}{14}}} \cdot th(\sqrt{2\pi \cdot 500 \cdot 1 \cdot 14 \cdot 4 \cdot 10^{-3}})} = 0,79.$$

Результати розрахунків коефіцієнтів ефективності екранування відбиттям феритових сплавів на частотах 100 Гц – 90 кГц представлені в табл. 2.20.

Таблиця 2.20 – Коефіцієнти ефективності екранування відбиттям  $S_{\text{в}}$ , дБ металонаповнених полімерних композитів.

Матеріал	Частота						
	100 Гц	500 Гц	1 кГц	5 кГц	10 кГц	30 кГц	90 кГц
ЕС-Cu	95	83	74	54	46	32	22
ЕС-Ni	90	72	64	44	35	24	15

Результати розрахунків коефіцієнтів ефективності екранування  $S$  для металонаповнених полімерних композитів на частотах 100 Гц – 90 кГц приведені в табл. 2.21

Таблиця 2.21 – Коефіцієнти ефективності екранування  $S$ , дБ металонаповнених полімерних композитів

Матеріал	Частота						
	100 Гц	500 Гц	1 кГц	5 кГц	10 кГц	30 кГц	90 кГц
ЕС-Cu	193	174	158	103	76	39	22,07
ЕС-Ni	186	154	87,7	69	35,11	24,01	15,003

### 2.5 Порівняльна оцінка екрануючих характеристик металонаповнених полімерних композитів.

Аналіз результатів розрахунків коефіцієнтів ефективності екранування металонаповнених полімерних композитів зображених у вигляді графіку на рис. 2.2 побудованого за допомогою застосунку “Microsoft Excel 2022” показав, що показники ефективності екранування вище при низьких частотах і що полімер ЕС-Cu на основі міді вищі за ЕС-Ni на основі нікелю.

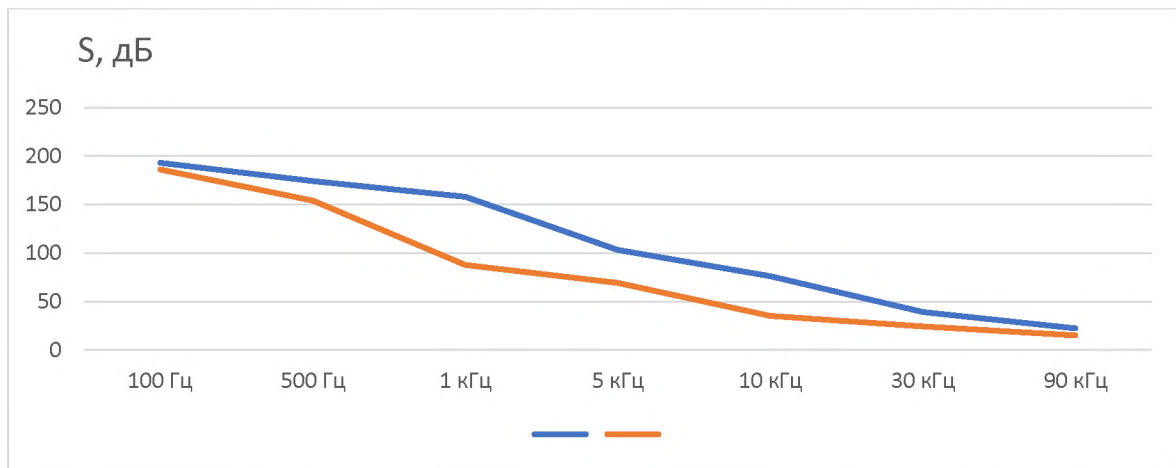


Рис. 2.2 – Графіки залежності коефіцієнта ефективності екранування металонаповнених полімерних композитів від частоти випромінювання

## 2.6 Розробка рекомендації по використанню полімерних матеріалів для екранування електричної складової побічного електромагнітного випромінювання

На основі проведеного аналізу екрануючих характеристик різних матеріалів сформовано рекомендації по підвищенню ефективності екранування побічного електромагнітного випромінювання. Способи екранування побічних електромагнітних випромінювань відрізняються на високих і низьких частотах, тому пред'являються різні вимоги до екрануючих матеріалів.

Для екранування побічних електромагнітних випромінювань в широкому діапазоні частот використовують такі основні екрануючі матеріали: мідь, сталь, алюміній, нікель. Вони мають великі значення питомої електропровідності, що складають до  $5,96 \cdot 10^7$  См/м.

Для екранування високочастотних електромагнітних випромінювань у якому переважає електрична складова, можливе зменшення товщини шару екрануючого матеріалу, тому що екранування досягається за рахунок відбиття електромагнітної хвилі від поверхні екрана. Чим вище частота випромінювання, тим тоншим може бути шар екрануючого матеріалу.

Для випадків, коли важлива мала маса, доцільне використання металонаповнених полімерних композитів, але треба враховувати показники екранування композиту, щоб уникнути можливого витоку інформації через недостатню ефективність екранування.

## 2.7 Висновки

Для оцінки екранування електричної складової побічного електромагнітного випромінювання:

Проведено аналіз основних екрануючих матеріалів для екранування електричної складової побічного електромагнітного випромінювання;

Проведено порівняльну оцінку характеристик основних екрануючих матеріалів;

Проведено порівняльну оцінку екрануючих характеристик матеріалів на базі металонаповнених полімерних композитів;

Розроблено рекомендації щодо використання полімерних матеріалів для екранування електричної складової побічного електромагнітного випромінювання.

## РОЗДІЛ 3. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

В дипломному проекті були дослідженні властивості різних металів та сплавів, що використовуються для екранування побічних електромагнітних випромінювань. Було запропоновано застосовувати полімерний композит для виготовлення екрануючих поверхонь і конструкцій для захисту інформації від витоку і цілісність самої інформації. Щоб оцінити економічний ефект, порівняємо собівартість виготовлення екрануючого корпусу розміром 191x280x68 мм з пластин вироблених з полімерного композиту із аналогічними, що представлені на ринку.

### 3.1 Економічна оцінка

Проведемо оцінку витрат на проектування і побудову екрануючого корпусу на основі точного методу розрахунку собівартості виробу. В основі точного методу розрахунку собівартості лежить використання системи техніко-економічних норм і нормативів всіх видів поточних витрат. Вихідними даними для проведення цього розрахунку є: специфікація основних матеріалів і обладнання; норми трудомісткості за видами робіт, витрати на електроенергію та амортизація устаткування.

#### 3.1.1 Витрати на придбання обладнання і матеріалів

Для виготовлення екрануючого корпусу необхідно лист плівкового матеріалу із поліаміду з графітовим наповнювачем площею 17200 мм<sup>2</sup>, або 0,172 м<sup>2</sup>. Ціна одного квадратного метру становить 680 грн. Таким чином, витрати на закупівлю матеріалів складають 116 грн (ціни на закупівлю матеріалів приведені станом на 10.06.2022 року в магазині "Suzhou Dasen Electronics Material Co., Ltd.").

Витрати на обладнання та матеріали представлені в табл. 3.1

Таблиця 3.1 – Витрати на обладнання та матеріали

Виріб	Кількість	Ціна за одиницю, грн/шт.	Сума, грн
Ніж сегментний Tolsen	1	105	105
Оренда 3D принтеру Witbox 2	1	1300	1300
ABS-пластик ABS Prime	1	250	250
		Разом:	1655

Сумарні витрати на оренду обладнання і закупівлю матеріалів складають 1771 грн.

### 3.1.2 Визначення трудовитрат виготовлення екрану

Трудомісткість виготовлення екрануючого корпусу визначається тривалістю кожної робочої операції, починаючи із складання технічного завдання і закінчуючи оформленням документації (таблиця 3.2).

Таблиця 3.2 – Тривалість операцій, необхідних для виготовлення екрануючого корпусу

Найменування операції	Годин
Складання технічного завдання на виріб	2
Вивчення ТЗ та літературних джерел	2
Розробка конструкції	3
Придбання необхідного устаткування та матеріалів	10
Тривалість монтажних та регулювальних робіт	3
Підготовка технічної документації на виріб	5
Разом:	25

При виготовленні екрануючого корпусу використовується праця інженера-конструктора, тому необхідно визначити витрати, пов'язані з оплатою праці відповідно до чинного законодавства. Заробітна плата виконавця враховує основну і додаткову заробітну плату, а також відрахування на соціальні потреби (пенсійне страхування, страхування на випадок безробіття, соціальне страхування тощо) и визначається за формулою (3.1):

$$Z_{зп} = t \cdot Z_{пр} \quad (14)$$

де  $Z_{зп}$  – заробітна плата, грн;

$t$  – загальна тривалість виготовлення конструкції, годин;

$Z_{пр}$  – середньогодинна заробітна плата інженера-конструктора з нарахуваннями, грн/годину.

Середньогодинна заробітна плата інженера-конструктора станом на 10 червня 2021 року становить 70 грн.

$$Z_{зп} = 75 \text{ грн/год} \cdot 25 \text{ год} = 1750 \text{ грн}$$

Таким чином, витрати на заробітну плату інженера-конструктора складають 1800 грн.

### 3.1.3 Розрахунок собівартості екрану

Витрати на електроенергію при експлуатації обладнання визначаються за формулою (3.2):

$$V_{ЕЛ} = \sum_{i=1}^M P_i \cdot T_i \cdot S \quad (15)$$

де  $V_{ЕЛ}$  – витрати на електроенергію, грн;

$P_i$  – споживана потужність приладу, Вт;

$T_i$  – час роботи приладу, год.;

$M$  – кількість приладів;

$S$  – вартість кВт/час енергії, грн.

Результати розрахунку витрат на електроенергію наведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Розрахунок витрат на електроенергію

Найменування обладнання	$P$ , кВт	$T$ , год.	$S$ , грн/кВт·год	$V_{\text{ЕЛ}}$ , грн
3D-прінтер	0,15	4	1,68	1.01
Разом:				1.01

Таким чином, витрати на електроенергію складають 1.01 грн.

#### 3.1.4 Розрахунок собівартості виготовлення екрануючого корпусу

Для розрахунку собівартості виготовлення виробу занесемо дані всіх витрат в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Розрахунок собівартості виготовлення екрануючого корпусу

Вид витрат	Сума, грн
Витрати на придбання матеріалів та оренду обладнання	1771
Витрати на заробітну плату	1750
Витрати на електроенергію	1.1
Разом:	3522.1

Таким чином, собівартість виготовлення екрануючого корпусу складає 3522.1 грн.

#### 3.2 Оцінка економічної ефективності



Для того, щоб оцінити економічну ефективність використання полімерного композиту для екранування побічних електромагнітних випромінювань, порівняємо вартості екрануючих корпусів, що представлені на ринку із собівартістю виготовлення екрануючого корпусу з полімерних композитів (табл. 3.5).

Таблиця 3.5 – Порівняння вартості екрануючих корпусів

Екрануючий корпус	Вартість, грн
Екрануючий корпус, виготовлений з полімерного композиту	3522.1
Алюмінієвий корпус Hammond 1457U2801EBK	2888
Алюмінієвий корпус Hammond 1457U2802EBK	2958

Як видно по табл. 3.5, собівартість виготовлення екрануючого корпусу з полімерних композитів більша за вартість виробів, представлених на ринку. Різниця із найдорожчим аналогом складає 564 грн.

### 3.3 Розрахунок величини можливого збитку

Загальний збиток від атаки на вузол або сегмент мережі, що підлежить захисту розраховується за формулою:

$$B = n \cdot U \cdot R \quad (16)$$

де  $n$  – кількість пристроїв;

$U$  – збиток від атаки на пристрій, тис. грн;

$R$  – ймовірність атаки на пристрій, частки одиниці.

У приміщенні умовного підприємства, де буде встановлені 10 технічних засобів зберігання та обробки інформації які захищаються полімерними

електромагнітними екранами, обробляється інформація що має високу цінність. Величина збитку від несанкціонованого заволодіння порушниками цією інформацією умовно становить 30 000 грн. Імовірність атаки на пристрій дорівнює 20%.

$$B = 30 \cdot 10 \cdot 0.2 = 80$$

Загальний ефект від впровадження системи інформаційної безпеки визначається з урахуванням ризиків порушення інформаційної безпеки і становить:

$$E = B \cdot R - C \quad (174)$$

Де  $B$  – загальний збиток від атаки на вузол або сегмент корпоративної мережі, тис. грн.;

$R$  – очікувана імовірність атаки на вузол або сегмент корпоративної мережі, частки одиниці;

$C$  – щорічні витрати на експлуатацію системи інформаційної безпеки, тис. грн.

Через те що екран не потребує експлуатаційних витрат, то  $C$  дорівнює нулю. Величина загального ефекту для умовного підприємства складатиме:

$$E = 60 \cdot 0,2 - 0 = 16$$

#### 3.4 Визначення та аналіз показників економічної ефективності системи інформаційної безпеки

Коефіцієнт повернення інвестицій  $ROSI$  показує, скільки гривень додаткового прибутку приносить одна гривня капітальних інвестицій на впровадження системи інформаційної безпеки.

Щодо до інформаційної безпеки, то говорять не про прибуток, а про запобігання можливих втрат від атаки на ТЗП, а отже:

$$ROSI = \frac{E}{K} \quad (185)$$

Де  $E$  – загальний ефект від впровадження системи інформаційної безпеки;

$K$  – капітальні інвестиції за варіантами, що забезпечили цей ефект, тис. грн.

$$ROSI = \frac{16}{3.52} = 4.55$$

Для остаточної оцінки необхідно порівняти розрахункове значення  $ROSI$  з бажаним значенням показника ефективності  $E_H$ . Проект системи інформаційної безпеки визнається доцільним за умови:

$$ROSI > E_H \quad (196)$$

В якості  $E_H$  прийнято норму прибутковості від покладення коштів на депозитний рахунок у банку:

$$E_H = (N_{\text{деп}} - N_{\text{інф}}) / 100 \quad (207)$$

Де  $N_{\text{деп}}$  – річна депозитна ставка, 15,5%;

$N_{\text{інф}}$  – річний рівень інфляції за 2022 рік, 15%.

$$E_H = \frac{15,5 - 15}{100} = 0,005$$

Оскільки  $ROSI > E_H$ , проект інформаційної безпеки є доцільним.

### 3.5 Висновки

Розрахунки економічної ефективності показали що собівартість виготовлення екрануючого корпусу з полімерних композитів вища, ніж у аналогів представлених на ринку, приблизно на 19-21%.

Значення показника загального ефекту становить 16, тобто у здійсненні атаки на засоби обробки та зберігання інформації, сума відвернених збитків становитиме 16 000 грн., що менше від загальної суми капітальних витрат.

Значення коефіцієнта ROSI становить 4,55, тобто гривня капітальних інвестицій допоможе запобігти втрати 4,5 гривень від можливої атаки на технічні засоби обробки та зберігання інформації, що більше ніж прибуток від покладення суми капітальних витрат на депозитний рахунок.

Отже з отриманих результатів розрахунків, можна зробити висновок що використання екранів із полімерних композитів є економічно доцільним.

## ВИСНОВКИ

У дипломній роботі розглянуто особливості щодо застосування полімерних композитів для екранування електричної складової побічного електромагнітного випромінювання. В ході розв'язання поставлених задач були отримані наступні результати:

1. Проведено аналіз процесу виникнення побічних електромагнітних випромінювань;
2. Проведено аналіз способів захисту інформації з обмеженим доступом від витoku каналами побічних електромагнітних випромінювань;
3. Проведено аналіз принципів екранування побічного електромагнітного випромінювання;
4. Проведено аналіз екрануючих матеріалів для екранування магнітної складової побічного електромагнітного випромінювання;
5. Дана порівняльна оцінка екрануючих характеристик основних екрануючих матеріалів;
6. Обґрунтовані перспективні напрями застосування полімерних композитів для екранування електричної складової побічного електромагнітного випромінювання;
7. Дана порівняльна оцінка екрануючих характеристик для полімерних композитів;
8. Розроблено рекомендації по застосуванні полімерних композитів для екранування електричної складової побічного електромагнітного випромінювання.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ 3396.0-96. Захист інформації. Технічний захист інформації. Основні положення : Держстандарт України, 1996. 14 с.
2. Ластівка Г. І., Шпатар П. М. Технічний захист інформації в інформаційних та телекомунікаційних системах, навчальний посібник , Чернівці 2018
3. Purcell, Edward M.; Morin, David J. Electricity and magnetism. — 3rd. — Cambridge: Cambridge University Press, 2012. — ISBN 9781-10701-4022.
4. Экранирование в конструкциях РЭС : метод. указ. / сост. : Н.А. Кольтюков, О.А. Белоусов. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – 16 с. – 100 экз.
5. ДСТУ 3396.2-97.. Захист інформації. Технічний захист інформації. Терміни та визначення. Держстандарт України, 1998. 9 с..
6. Шапиро Д.Н. Электромагнитное экранирование. – Д.: «Интеллект», 2010. – 120 с.
7. Теорія електромагнітного поля і основи техніки НВЧ: навч. посіб. / С.В. Соколов, Л.Д. Писаренко, В.О. Журба; за заг. ред. Г.С. Воробйова. – Суми : Сумський державний університет, 2011. – 393 с.
8. Гайдур Г.І., Кременецька Я.А., Морозова С.В. Фізичні поля як носії інформації: навчальний посібник. Київ. Державний університет телекомунікацій. 2019. 170 с.
9. Панова О.В. Загальні критерії застосування електромагнітних екранів для забезпечення електромагнітної безпеки та сумісності технічного обладнання / Наука та інновації. «Вісті Донецького гірничого інституту», Вип.2(43), 2018, 11 с.
- 10.В. А. Ворона, В. О. Костенко, Способы и средства защиты информации от утечки по техническим каналам, Comp. nanotechnol., 2016, выпуск 3, 208–223 с.
- 11.Солодкий В.С., Тимофеев В.А. Технические средства защиты информации с ограниченным доступом : Монография.- Харьков: ХНУРЭ, 2013.- 228 с.

12. Технические средства и методы защиты информации: Учебник для вузов / Зайцев А.П., Шелупанов А.А., Мещеряков Р.В. и др.; под ред. А.П. Зайцева и А.А. Шелупанова. – М.: ООО «Издательство Машиностроение», 2009 – 508 с.
13. Рыженко С.В. К вопросу о побочных электромагнитных излучениях современных интерфейсов средств вычислительной техники // Актуальные проблемы обеспечения информационной безопасности. – 2017. – С. 170–176
14. Хорошко В.О., Чередниченко В.С., Шелест М.Є. Х 80 Основи інформаційної безпеки / За ред. проф. В.О. Хорошка. - К.: ДУІКТ, 2008.- 186 с.
15. Гольдштейн Л. Д., Зернов Н. В. Электромагнитные поля и волны. — 2-е изд. — М.: «Советское радио», 1971. — 664 с.
16. Гроднев И.И. Электромагнитное экранирование в широком диапазоне частот. – М.: «Связь», 1972. – 112 с
17. Аполлонский С.М., Справочник по расчету электромагнитных экранов. — Ленинград: Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1988. — 224 с.: ил. — ISBN 5-283-04390-8.
18. Подавление электромагнитных помех в цепях электропитания / Г. С. Векслер, В. С. Недочетов, В. В. Пилинский и др. — Киев: Техника, 1990. — 167 с. — ISBN 5-335-00575-0.
19. Орлов И.Я., Перспективные методы защиты информационных радиосистем от помех. – Учебно-методическое пособие. — Нижний Новгород: ННГУ, 2006. — 126 с.
20. Вэнс Э.Ф. Влияние электромагнитных полей на экранированные кабели. Перевод с английского Г.М. Мосина. — Под редакцией Л.Д. Разумова. — Москва: Радио и связь, 1982. — 120 с.: ил.
21. Яворський Б.М., Детлаф А.А., Лебедев А.К. Довідник з фізики для інженерів та студентів вищих навчальних закладів / Пер. з 8-го, переробл.

- і випр., рос. вид. — Тернопіль: Навчальна книга - Богдан, 2007. — 1040 с.: іл
22. Физика. Современный курс: Учебник / В. А. Никеров. — 2-е изд. — М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К<sup>о</sup>», 2016. — 452 с.
  23. Наказ Про нормативні документи N 25 від 09.06.95. Київ ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З ПИТАНЬ ТЕХНІЧНОГО ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ
  24. Физические принципы экранирования [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://neo-chaos.narod.ru/useful/emc/screening\\_physical.pdf](http://neo-chaos.narod.ru/useful/emc/screening_physical.pdf).
  25. Л.М. Лыньков, В.А. Богуш, Т.В. Борботько, Е.А. Украинец, Н.В. Колбун Новые материалы для экранов электромагнитного излучения // Доклады БГУИР. 2004 №3.
  26. Способы экранирования цифровых устройств на основе металлопластиковых материалов [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [mol\\_i\\_nauka\\_2008\\_32\\_35.pdf](http://mol_i_nauka_2008_32_35.pdf).
  27. Экранирование электромагнитных волн [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.bnti.ru/showart.asp?aid=225&lvl=04.03.04.02>.
  28. Герасимов В.Г. Электротехнический справочник. — М.: «МЭИ», 2003. — 215 с.
  29. Електрорадіоматеріали. Навчальний посібник / В.В. Лишук. — Луцьк, 2016. — 324 с.
  30. Місюра А. І., Мамуня Є. П., Електропровідність та теплопровідність металополімерних композитів/ Київ, Україна, 2018г.
  31. Н. И. Никонорова С. В. Стаханова И. А. Чмутин Е. С. Трофимчук П. А. Чернавский А. Л. Волынский А. Т. Пономаренко Н. Ф. Бакеев, Электрофизические и статические магнитные характеристики никельсодержащих композитов на основе крейзованных полимерных матриц / Москва, 1998.
  32. V. Glyva, V. Kovalenko, L. Levchenko, O. Tykhenko, Research into protective properties of electromagnetic screens based on the metal-containing nanostructures./ Kyiv, Ukraine. 2017.





## ДОДАТОК А. Відомість матеріалів дипломної роботи

№	Формат	Найменування	Кількість листів	Примітки
<i>Документація</i>				
1	A4	Реферат	2	
2	A4	Перелік умовних скорочень	1	
3	A4	Зміст	2	
4	A4	Вступ	2	
5	A4	Стан питання. Постановка задачі	22	
6	A4	Спеціальна частина	21	
7	A4	Економічний розділ	8	
8	A4	Висновки	1	
9	A4	Перелік посилань	3	
10	A4	Додаток А	1	
11	A4	Додаток Б	1	
12	A4	Додаток В	1	
13	A4	Додаток Г	2	

## ДОДАТОК Б. Перелік файлів на електронному носії

1. Філозов Д.А., 125-18-3, Дипломна робота.docx
2. Філозов Д.А., 125-18-3, Дипломна робота.pptx



ДОДАТОК Г. Відгук керівника дипломної роботи

**В І Д Г У К**

**на кваліфікаційну роботу студента групи 125-19-3**

**Філозова Дмитра Андрійовича**

**на тему: «Екранування електричної складової побічних електромагнітних випромінювань і наведень в комплексах технічного захисту інформації»**

Кваліфікаційна робота виконана у відповідності до завдання в повному обсязі і представлена пояснювальною запискою та презентацією.

Пояснювальна записка складається зі вступу, трьох розділів і висновків, викладених на 68 сторінках з додатками.

**Об'єкт дослідження** – процес екранування електромагнітних випромінювань.

**Мета кваліфікаційної роботи** – аналіз особливостей полімерних композитів для екранування побічних електромагнітних випромінювань технічних засобів обробки інформації.

Актуальність обраної теми обумовлена наявністю сучасних можливостей до зниження масогабаритних характеристик екрануючих конструкцій для протидії впливу ПЕМВН завдяки використанню полімерних композитів.

В першому розділі класифікаційної роботи розглянуто технічні канали витоку інформації, яка обробляється ТЗПІ в складі КТЗІ, фізичні принципи екранування, методи екранування та види екрануючих матеріалів різної природи. Сформульовано перелік задач, що потребують вирішення в кваліфікаційній роботі.

В спеціальній частині роботи проведено порівняльний аналіз екрануючих матеріалів для екранування електричної складової побічного електромагнітного випромінювання, проведені розрахунки коефіцієнтів екранування основних екрануючих матеріалів.

Особливу увагу приділено оцінці екрануючих характеристик металонаповнених полімерних композитів для екранування електричної складової побічного електромагнітного випромінювання та розробці рекомендацій по використанню полімерних матеріалів для екранування.

В економічному розділі дана економічна оцінка запропонованих рекомендацій.

Оформлення матеріалів пояснювальної записки до кваліфікаційної роботи виконано з дотриманням нормативних вимог.

Протягом дипломування Філозов Д.А. проявив себе організованим, підготовленим та обізнаним студентом, здатним до кваліфікованої, творчої та системної роботи і прийняття самостійних обґрунтованих рішень.

Рівень запозичень у кваліфікаційній роботі не перевищує вимог “Положення про систему виявлення та запобігання плагіату”.

В цілому кваліфікаційна робота заслуговує оцінки «відмінно» (91 бал), а її автор Філозов Д.А. присвоєння відповідної кваліфікації.

Керівник кваліфікаційної роботи,

к.т.н., доцент

Сафаров

\_\_\_\_\_ О.О.

Керівник спец. розділу,

старший викладач

\_\_\_\_\_ С.І. Войцех

