

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Радіотехнічний факультет

Кафедра Радіотехнічних пристроїв та систем

«На правах рукопису»

УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ С.Я.Жук

« ____ » _____ 2019р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

за спеціальністю: 172 Телекомунікації та радіотехніка

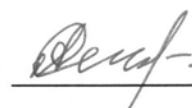
за спеціалізацією: Радіотехнічні інформаційні технології

на тему: «Система захисту приміщення від витоку інформації
за електромагнітним каналом»

Виконав:

студент II курсу, групи РТ-381мп

Сапов Олексій Євгенович



Керівник:

к.т.н., доцент

Піддубний В.О.

Консультант з охорони праці:

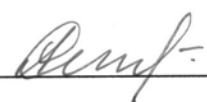
к.т.н., доцент

Каштанов С.Ф.



Рецензент:

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент 

Київ – 2019 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Радіотехнічний факультет

Кафедра Радіотехнічних пристроїв та систем

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

спеціальність: 172 Телекомунікації та радіотехніка

спеціалізація: Радіотехнічні інформаційні технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ С.Я.Жук

«9» вересня 2019р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Сапову Олексію Євгеновичу

1. Тема дисертації «Система захисту приміщення від витоку інформації за електромагнітним каналом»

науковий керівник дисертації Піддубний Володимир Олексійович

к.т.н., доцент

затверджені наказом по університету від «12» 11 2019 р. № 3882-С

2. Термін подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження витік інформації за електромагнітним каналом

4. Вихідні дані методика екранування та характеристики матеріалів. Параметри проміщення, що поділяють захищеність від витоку інформації

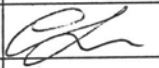
5. Перелік завдань, які потрібно розробити 1. Аналіз методів екранування та матеріалів, що використовуються. 2. Оцінка існуючих методів захисту. 3. Рекомендації по екрануванню приміщення. 4. Перевірка запропонованої методики.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу _____

електронна презентація матеріалів роботи
(не менше 15 слайдів).

7. Орієнтовний перелік публікацій дві публікації

8. Консультанти розділів дисертації*

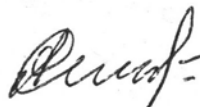
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Каштанов С.Ф., к.т.н., доцент		

9. Дата видачі завдання 9.09.2019 р.

Календарний план 2.09-10.12

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1.	Аналіз технічної літератури з розглянутих питань.	27.09.2019	виконано
2.	Методи управління електричними компаніями (структури та функції)	25.10.2019	виконано
3.	Розробка схематич.	06.12.2019	виконано
4.	Охорона праці	03.12.2019	виконано
5.	Міграція роботи з мережі	10.12.2019	виконано

Студент

 Сапов О.Є.

Науковий керівник дисертації

 Піддубний В.О.

доц. К.Т.М.

* Якщо визначені консультанти. Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

СИСТЕМА ЗАХИСТУ ПРИМІЩЕННЯ ВІД ВИТОКУ ІНФОРМАЦІЇ ЗА ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ КАНАЛОМ

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 130 с, 33 рис., 35 табл., 57 джерел, 3 додатки.

Об'єкт дослідження: процес виникнення електромагнітних випромінювань.

Мета досліджень магістерської дисертації: підвищення ефективності системи захисту приміщення від витоку інформації за електромагнітним каналом методом екранування побічного електромагнітного випромінювання (ПЕМВ) технічних засобів обробки інформації з обмеженим доступом від просочення за межі периметру захищуваного приміщення.

Методи дослідження: методи індукції, аналізу і синтезу (для розкриття теоретичних викладок); методи обробки інформації (при розрахунках параметрів екранів).

У спеціальній частині магістерської дисертації: проаналізовано процеси виникнення побічних електромагнітних випромінювань та способів забезпечення захисту інформації з обмеженим доступом від витоку за каналами побічних електромагнітних випромінювань; проведено аналіз принципів екранування побічного електромагнітного випромінювання на фізичному рівні; надано порівняльну оцінку екрануючих властивостей основних екрануючих металів за проведеними розрахунками їх характеристик; проведено розрахунки коефіцієнтів затухання електромагнітної хвилі у позамежних хвилеводах; проведено порівняльний огляд методів екранування побічного електромагнітного випромінювання при обладнанні комунікаційних отворів в екранованому приміщенні; розроблено рекомендації по підвищенню ефективності екранування побічного електромагнітного випромінювання при захисті приміщення від витоку інформації за електромагнітним каналом та поліпшенню електромагнітного стану всередині екранованого приміщення; спроектовано систему захисту приміщення від витоку інформації за

електромагнітним каналом для реального об'єкту інформаційної діяльності з експериментальним підтвердженням досяжності розрахункового коефіцієнту екранування.

В економічному розділі СТАРТАП досліджено та обгрунтовано можливість створення приладу для контролю навколишнього електромагнітного стану з функцією демодуляції модуляційної складової виявлених ЕМВ-каналів.

В розділі “Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях” вирішено питання забезпечення сприятливих умов праці та безпеки працівників під час аналітичних розрахунків системи захисту приміщення від витоку інформації за електромагнітним каналом та монтажних робіт по обладнанню приміщення відповідними засобами захисту інформації від витоку, експлуатації обладнаного приміщення. Окрему увагу приділено питанню безпеки персоналу при виникненні надзвичайної ситуації.

Практична цінність магістерської дисертації: розроблено методику проектування ефективної системи захисту приміщення від витоку інформації за електромагнітним каналом методом екранування складових ПЕМВ при обладнанні екранованого приміщення.

Наукова новизна результату досліджень: вирішено проблему досягнення розрахункового коефіцієнту екранування побічних електромагнітних випромінювань апаратури обробки інформації (при створенні системи захисту приміщення від ПЕМВ) у всьому необхідному діапазоні частот - методом проведення додаткового місцевого екранування ПЕМВ низькочастотної області діапазону випромінювань, що дозволяє зменшити масогабаритну та цінову компоненти проекту при проектуванні системи захисту від ПЕМВ методом екранування об'єктів інформаційної діяльності.

THE SYSTEM OF PROTECTION OF THE ROOM AGAINST INFORMATION LEAKAGE THROUGH THE ELECTROMAGNETIC CHANNEL

ABSTRACT

Explanatory note: 130 s, 33 figures, 35 tables, 57 sources, 3 supplements.

Object of study: the process of electromagnetic radiation.

Purpose of the research of the magister's dissertation: increase of efficiency of the system of protection of the room against information leakage by electromagnetic channel by the method of shielding of electromagnetic radiation (EMR) of technical means of processing information with limited access from passing outside of protected room`s perimeter.

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

In the special part of the magister's dissertation: the processes of occurrence of electromagnetic radiation and ways of providing information protection with limited access from leakage through channels of electromagnetic radiation are analyzed; analysis of the principles of shielding electromagnetic radiation at the physical level; the comparative estimation of the screening properties of the main screening metals is given in the calculation of their characteristics; calculations of the attenuation coefficients of the electromagnetic wave in the external waveguides; a comparative review of the methods of shielding electromagnetic radiation in the equipment of communication openings in the shielded room; recommendations for improving the efficiency of shielding of indirect electromagnetic radiation while protecting the room from leakage of information through the electromagnetic channel and improving the electromagnetic state inside the screened room; a system of protection of the room against information leakage by electromagnetic channel on the real object of information activity with experimental confirmation of the reach of the calculated shielding factor is designed.

In the economic section of STARTAP, the possibility of creating an instrument for controlling the electromagnetic state with the demodulation function of the modulation component of the detected the EMR-channels is investigated and substantiated.

In the section "Occupational health and safety, the issue of ensuring favorable working conditions and safety of employees during the analytical calculations of the system of protection of the room against information leakage through the electromagnetic channel and installation works on the equipment of the room with appropriate means of protection of information from the leakage and during of time operation in the equipped room. Particular attention is paid to the safety of personnel in the event of an emergency.

Practical value of the magister's dissertation: the technique of designing an effective system of protection of the room against information leakage by an electromagnetic channel by the method of shielding of components of EMR during equipment of the screened room is developed.

Scientific novelty of the research result: was solved the problem of achieving the calculated coefficient of shielding of the electromagnetic radiation of the information processing equipment (when creating a system of protection of premises from EMR) in the entire required frequency range - by performing additional local shielding of low-frequency range EMR, what allow`s of changing the weght and cost lewel project during designing a system of protection against EMR by shielding objects of information activities sti.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ВЧ – високочастотний;

ДСНС – державна служба надзвичайних ситуацій;

ДТЗС – допоміжні технічні засоби і системи;

ЕМВ – електромагнітні випромінювання;

ЕМХ – електромагнітні хвилі;

НВЧ – надвисокі частоти;

НЧ – низькочастотний;

НС – надзвичайна ситуація;

ОІД – об’єкт інформаційної діяльності;

ПЕМВ – побічні електромагнітні випромінювання;

ПЕОМ – електронна обчислювальна машина;

ПК – персональний комп’ютер;

ПНЧ – підсилювач низької частоти;

РЕА – радіоелектронна апаратура;

СО – система оповіщення;

ТЗПІ – технічні засоби передачі, обробки, зберігання, відображення інформації.

ЗМІСТ

ВСТУП	12
РОЗДІЛ 1 ТЕХНІЧНІ КАНАЛИ ВИТОКУ ІНФОРМАЦІЇ ТА ЗАХИСТ	
ВІД ВИТОКУ ІНФОРМАЦІЇ ЗА ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ КАНАЛОМ	15
1.1 Джерела побічних електромагнітних випромінювань	15
1.2 Побічні електромагнітні випромінювання та причини їх виникнення ...	17
1.3 Технічні канали витоку інформації та їх класифікація	18
1.3.1 Електромагнітні канали витоку інформації	19
1.3.2 Електричні канали витоку інформації	20
1.4 Електромагнітне поле та його параметри	20
1.4.1 Електромагнітні хвилі	21
1.4.2 Електричний та магнітний диполі	24
1.5 Методи захисту від побічних електромагнітних випромінювань	26
1.5.1 Електростатичне екранування	28
1.5.2 Магнітостатичне екранування	29
1.5.3 Електромагнітне екранування	30
1.6 Аналіз фізичних принципів екранування	37
1.7 Екрануючий ефект відмінності хвильових імпедансів	43
1.8 Захист технологічних отворів в екранах	46
1.9 Постановка задачі дослідження	49
1.10 Висновок	49
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ЕКРАНУВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ	
ВИПРОМІНЮВАНЬ ПРИ СТВОРЕННІ ЕКРАНОВАНОГО	
ПРИМІЩЕННЯ	51
2.1 Захист від витоку інформації за окремими каналами ЕМВ	51
2.2 Причини створення електричних каналів витоку інформації	54
2.3 Методи розрахунку коефіцієнтів екранування екрануючих матеріалів...	57
2.3.1 Коефіцієнт ефективності екранування методом поглинання ЕМВ	60

2.3.2	Коефіцієнт ефективності екранування методом поглинання ЕМВ	62
2.3.3	Порівняльна оцінка основних матеріалів для виготовлення екранів за екрануючими характеристиками.....	64
2.4	Використання сітчастих екранувальних матеріалів	65
2.5	Збільшення ефективності екранування ЕМВ на низьких частотах	67
2.6	Екрануючі властивості будівельних конструкцій приміщення	70
2.7	Заземлення екрануючого матеріала виконання екрану приміщення	71
2.8	Визначення коефіцієнту екранування ЕМВ перед проектуванням електромагнітного екрану захищеного приміщення	72
2.9	Захист технологічних та комунікаційних отворів в екранованому приміщенні від витоку інформації за каналом ЕМВ	73
2.9.1	Захист дверних отворів при екрануванні приміщення	74
2.9.2	Захист віконних отворів при екрануванні приміщення	75
2.9.3	Захист каналів вентиляції та кондиціонування	78
2.9.4	Захист каналів вводу магістралей опалення та водопостачання	85
2.9.5	Захист каналів вводу/вивода електричних інформаційних кабелів	86
2.9.6	Використання оптоволоконних інформаційних ліній зв'язку	87
2.9.7	Захист каналів введення мережі електроживлення	88
2.10	Запобігання резонансним ефектам в екранованому просторі	89
2.11	Розробка методики ефективного екранування побічного електромагнітного випромінювання при захисті приміщення від витоку інформації за електромагнітним каналом	89
2.12	Проектування екранованого приміщення	96
2.13	Висновок	98
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА СТАРТАП		100
3.1	Опис ідеї проекту	100
3.2	Технологічний аудит ідеї проекту	101
3.3	Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	102
3.4	Розроблення ринкової стратегії проекту	106
3.5	Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	107

3.6 Висновок	109
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	110
4.1 Визначення основних потенційно небезпечних і шкідливих виробничих чинників	110
4.2 Відповідність параметрів робочого приміщення санітарним нормам	111
4.3 Електробезпека	112
4.4 Неіонізуючі електромагнітні випромінювання, електростатичні та магнітні поля ПЕОМ	114
4.5 Вимоги до освітлення робочих місць	115
4.6 Виробничий шум	116
4.7 Безпека у надзвичайних ситуаціях	117
4.7.1 Вимоги щодо організації ефективної роботи системи оповіщення персоналу в разі виникнення надзвичайної ситуації	118
4.7.2 Обов'язки та дії персоналу при надзвичайних ситуаціях	121
4.7.3 Пожежна безпека	122
4.7.4 Висновок	124
ВИСНОВКИ	126
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	127
ДОДАТОК-А	131
ДОДАТОК-Б	133
ДОДАТОК-В	137

ВСТУП

Актуальність теми.

Електромагнітні випромінювання (ЕМВ) різної природи створюють істотний вплив на функціонування технічних та біологічних об'єктів. Кількість різноманітних джерел ЕМВ та використовуємі ними діапазони частот постійно збільшуються, що, в свою чергу, збільшує актуальність проблеми захисту від негативного впливу електромагнітних випромінювань в широкому частотному діапазоні як технічних, так і біологічних об'єктів.

Створення проекту системи захисту від ЕМВ в широкій смузі частот – достатньо складне завдання як в теорії, так і на практиці. Досить жорсткі вимоги до параметрів створюваної системи вимагають застосування комплексного підходу до пошуку рішень для захисту від витоку ЕМВ, зокрема - інформаційного вміщення останніх.

Рішення по захисту від ЕМВ містять в собі використання як спеціальних екрануючих матеріалів та покриттів, так і технічних особливостей будівельних конструкцій та електромагнітних властивостей оточуючого середовища. Наявність вичерпної інформації розповсюдження (розподілу) радіовипромінювань на об'єкті робить можливим використати захисні властивості елементів конструкцій захищуваного об'єкту, після врахування яких проводять розрахунки необхідного додаткового електромагнітного екранування останнього.

Для екранування об'єктів від ЕМВ використовують різноманітні матеріали та конструкції, які поділяють на два класи – екрани та поглиначі електромагнітних випромінювань. Цілеспрямоване застосування цих елементів дозволяє вирішити конкретні завдання по захисту як радіоапаратури, так і приміщення її розташування в цілому.

Побічні ЕМВ технічних засобів обробки інформації займають діапазон від десятків Гц до десятків ГГц та розповсюджуються у навколишньому просторі на декілька сот метрів. Це робить проблему екранування ЕМВ апаратури одною з головних задач технічного захисту інформації з обмеженим доступом.

Мета досліджень магістерської дисертації: підвищення ефективності системи захисту приміщення від витоку інформації за електромагнітним каналом методом екранування побічного електромагнітного випромінювання (ПЕМВ) технічних засобів обробки інформації з обмеженим доступом від просочення за межі периметру захищуваного приміщення.

Задачі досліджень.

Для досягнення мети в магістерській дисертації поставлені такі задачі:

- проаналізувати процеси створення ПЕМВ;
- проаналізувати методи захисту від витоку інформації з обмеженим доступом повз ПЕМВ;
- проаналізувати принципи проведення екранування ПЕМВ;
- проаналізувати властивості існуючих матеріалів для екранування окремих складових ПЕМВ;
- провести порівняльний огляд характеристик існуючих екрануючих матеріалів;
- провести аналіз перспективних методів захисту від витоку ПЕМВ повз комунікаційні отвори в екранованому приміщенні.
- розробити методику проектування ефективної системи захисту приміщень від витоку ПЕМВ при обладнанні екранованого приміщення.

Об'єкт дослідження: процеси витоку інформації за каналами ПЕМВ.

Предмет дослідження: методи екранування ПЕМВ при обладнанні екранованого приміщення.

Методи досліджень: для вирішення означених вище завдань при виконанні магістерського дослідження застосовані методи індукції, аналізу і синтезу (для розкриття теоретичних викладок); методи обробки інформації (при розрахунках параметрів екранів).

Наукова новизна результату досліджень: вирішено проблему досягнення розрахункового коефіцієнту екранування побічних електромагнітних випромінювань апаратури обробки інформації (при створенні системи захисту приміщення від ПЕМВ) у всьому необхідному діапазоні частот - методом

проведення додаткового місцевого екранування ПЕМВ низькочастотної області діапазону випромінювань, що дозволяє зменшити цінову та масогабаритну компоненти проекту при проектуванні системи захисту від ЕМВ методом екранування об'єктів інформаційної діяльності.

Практична цінність магістерської дисертації: розроблено методику проектування ефективної системи захисту приміщення від витоку інформації за електромагнітним каналом методом екранування складових ПЕМВ при обладнанні екранованого приміщення.

Апробація результатів.

В процесі дослідження існуючих методів та матеріалів для проектування екранів ЕМВ, автор роботи приймав участь у наукових конференціях, на яких було презентовано тези, підготовлені під час досліджень автором:

1. “Інженерно-технічний захист об'єктів від витоку інформації за електромагнітним каналом”, (Додаток-А).
2. “Інженерно-технічний метод захисту об'єктів від витоку інформації за електромагнітним каналом”, (Додаток-Б).

Впровадження результатів.

За розробленою автором методикою захисту від витоку інформації за електромагнітним каналом спроектовано систему захисту від витоку ЕМВ для приміщення реального об'єкту інформаційної діяльності, з експериментальним доведенням відповідності одержаного коефіцієнта екранування ЕМВ розрахунковому (Додаток-В).

РОЗДІЛ 1

ТЕХНІЧНІ КАНАЛИ ВИТОКУ ІНФОРМАЦІЇ ТА ЗАХИСТ ВІД ВИТОКУ ІНФОРМАЦІЇ ЗА ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ КАНАЛОМ

1.1 Джерела побічних електромагнітних випромінювань

Джерелами побічних електромагнітних випромінювань (ПЕМВ) є:

- провідні ланцюги електричних кіл технічних засобів із струмами і напругами модульованими інформаційним сигналом;
- конструктивні елементи технічних засобів, призначені для створення акустичних полів інформаційних сигналів засобів обробки інформації.

Основним розрядом технічних засобів, призначених для передачі, прийому, обробки і зберігання інформації з обмеженим доступом, що здатні випромінювати електромагнітні хвилі є, [1]:

- електронно-обчислювані машини;
- звукозаписуюча, звуковідтворююча і звукопідсилююча апаратура;
- системи гучномовного та оперативно-командного зв'язку;
- системи внутрішнього телеспостереження;
- засоби копіювання і друку документів.

Допоміжними технічними системами та засобами, випромінюючими електромагнітні хвилі є, [1]:

- апаратура телефонного зв'язку;
- радіотрансляційні системи;
- системи електропостачання;
- апаратура охоронної та пожежної сигналізації.

Електричні ланцюги допоміжних технічних засобів, розміщені поруч з основними технічними системами володіють антенним ефектом, заснованим на перетворенні енергії електромагнітної хвилі, приходячої від основних технічних засобів в енергію наведених (побічних) електричних струмів. Ланцюги вторинних засобів виконують роль випадкових приймальних антен. Телефонні апарати, датчики охоронної та пожежної сигналізації відносяться до

зосереджених випадкових антен. Кабелі (дроти) різного призначення, металеві конструкції та металеві трубопроводи відносяться до розряду розподілених випадкових антен.

Інформаційні сигнали, проходячи елементами кіл технічних засобів та лініями їх сполучення, індують в оточуючому їх просторі електромагнітне поле – виступають в ролі випромінювачів побічних електромагнітних хвиль.

Радіоелектронне обладнання є джерелом як основних, так і небажаних (побічних) електромагнітних випромінювань, [1].

Характеристиками основних радіовипромінювань є:

- основна несуча частота;
- потужністю (напруженістю) поля;
- ширина смуги випромінюваних частот;
- модуляційні параметри випромінюваного сигналу.

Небажаними випромінюваннями є побічні, позасмугові і шумові випромінювання. Побічні випромінювання становлять найбільшу небезпеку, утворюючи додаткові канали можливого витоку інформації.

Побічні випромінювання є в результаті протікання будь-яких нелінійних процесів в радіоелектронних колах, за виключенням процесів модуляції. Виникнення пообічних випромінювань можливе як на основній частоті, так і на її гармоніках, а також у вигляді їх інтермодуляційної взаємодії, [2].

Окрему загрозу витоку інформації за електромагнітним каналом створюють засоби аудіофікації приміщень (мікрофони, підсилювачі потужності, гучномовці) , під час озвучення захищеної інформації. Найбільшу небезпеку створюють підсилювачі потужності систем аудіофікації за їх монтажу в віддаленому від ОІД технічному приміщенні та, як наслідок цього, з наявністю довгих з'єднувальних кабелів з протікаючими ними струмами значної величини. Створювані струмами потужні магнітні поля не тільки самостійно поширюються в навколишньому середовищі на значну відстань, так і є причиною наведення вторинної е.р.с. у навколишніх

струмопровідних конструкціях та ланцюгах електроживлення апаратури об'єкту інформаційної діяльності. У випадку низькочастотних електромагнітних випромінювань у ближній зоні переважає магнітна складова поля, [3].

1.2 Побічні електромагнітні випромінювання та причини їх виникнення

Під час роботи будь-якого радіоелектронного обладнання відбувається створення електромагнітного випромінювання. Електромагнітні випромінювання бувають як прямі – випромінювання антен передавальних пристроїв під час радіопередачі даних, так і побічні. Останні створюються внаслідок протікання струмів в колах радіоелектронних пристроїв та випромінюються водрізками струмонесучих ліній та ліній живлення, що виконують роль випадкових антен.

Побічні електромагнітні випромінювання (ПЕМВ) створюють поля перешкод, які можуть бути використані як технічний канал витоку інформації. У ближній зоні присутня переважно магнітна складова поля, в дальній зоні – електромагнітне випромінювання. Відповідно до цього залежить вибір обладнання для реєстрації можливого витоку інформації за певним каналом. Для локалізації можливого витоку інформації, слід провести пошук у ближній та дальній зонах.

Побічні електромагнітні випромінювання, виникаючі під час роботи радіоапаратури на об'єкті інформаційної діяльності (ОІД) складають основу створення випадкового каналу витоку інформації.

Функціонування технічних засобів обробки інформації пов'язане з протіканням електричних струмів широкого діапазону частот та створенням різниці потенціалів між різними точками електричних кіл цих засобів, які, в свою чергу, породжують електричні та магнітні поля - побічні електромагнітні випромінювання [4].

Електромагнітні поля з перевагою електричної складової в ближній зоні створюються елементами радіоелектронної апаратури з наявністю великих

значень напруг та малих струмів, [5]. Електричні поля також переважно впливають на малочутливі до магнітної складової електромагнітного поля електронні елементи радіоапаратури.

Електромагнітні поля з перевагою магнітної складової в ближній зоні створюються вузлами електронної апаратури з протіканням великих значень струмів та малими перепадами напруг, [5]. Відповідно, магнітні поля переважно впливають на вузли апаратури малочутливі до електричної складової електромагнітного поля.

Навколо кабелів комунікацій та живлення апаратури технічних засобів передачі, обробки, зберігання та відображення інформації (ТЗПІ) виникають змінні в часі електричне та магнітне поля, які є електромагнітними і параметричними каналами витоку інформації по єфіру, а, також створюють наводки сигналів інформаційного витоку в сторонніх струмопровідних лініях, [5]. Вищенаведене доводить необхідність зниження рівнів побічних електромагнітних випромінювань.

1.3 Технічні канали витоку інформації та їх класифікація

Існують дві групи технічних каналів витоку інформації:

- природні канали, що виникають внаслідок ПЕМВ під час функціонування апаратури переробки інформації або внаслідок протікання струмів у провідниках (інформаційних, сторонніх та живлення);
- спеціально створені методом впровадження в апаратуру пристроїв, спрямованих на перехоплення-передачу інформації, для прийому якої використовуються спеціальні приймальні пристрої з спрямованими антенами.

Також слід враховувати джерела перешкод (електромагнітні шуми та ін.)

Технічні канали витоку інформації звичайно утворюються:

- виникаючими під час роботи ТЗПІ і допоміжних технічних засобів та систем (ДТЗС) низькочастотними електромагнітними полями;
- за зовнішнього впливу на ТЗПІ і ДТЗС електричних, магнітних і акустичних полів;

- при збудженні паразитної високочастотної генерації в колах підсилювачів сигналів;
- при просоченні інформативних сигналів ланцюгами електроживлення;
- за взаємного впливу електричних ланцюгів;
- при просоченні інформативних сигналів ланцюгами заземлення;
- внаслідок проведення помилкових комутацій і інших несанкціонованих дій.

Технічні канали витоку інформації каналами ПЕМВ можна розділити на електромагнітні та електричні – в залежності від умов розповсюдження інформаційних сигналів і методів їх перехоплення.

1.3.1 Електромагнітні канали витоку інформації

До електромагнітних каналів витоку інформації відносяться, [6]:

- канали ПЕМВ елементів ТЗПІ;
- ПЕМВ на частотах роботи високочастотних (ВЧ) генераторів в ТЗПІ і ДТЗС;
- ПЕМВ на частотах самозбудження підсилювачів низької частоти (НЧ) ТЗПІ.

Параметри електричного струму, що є носієм інформації в ТЗПІ - амплітуда, частота або фаза - змінюються за законом зміни інформаційного сигналу. Проходячи провідниками ТЗПІ, електричний струм створює навколо них електричне та магнітне поля. Внаслідок цього елементи ТЗПІ виступають випромінювачами електромагнітного поля, модульованого інформаційним сигналом.

Зовнішній вплив електромагнітних коливань інформаційного сигналу на елементи високочастотних генераторів (що входять до складу апаратури ТЗПІ та ДТЗС) може спричиняти побічну небажану модуляцію власних коливань ВЧ-генераторів з наступним випромінюванням цих модульованих ВЧ-коливань у навколишній простір.

Виникнення промодульованих ВЧ-коливань також можливе за умови самозбудження підсилювачів сигналів низької частоти ТЗПІ в системах гучномовного оповіщення та зв'язку, що виникає за умови паразитних зворотних зв'язків, переводячих підсилювачі НЧ у режим автогенератора, [7]. При цьому сигнал самозбудження виступає несучою частотою, промодульованою інформаційним сигналом.

1.3.2 Електричні канали витоку інформації

Електричні канали витоку інформації містять, [6]:

- наведення ПЕМВ ТЗПІ на з'єднувальні лінії ДТЗС і сторонні провідники;
- наведення інформаційних сигналів на лінії електроживлення ТЗПІ;
- наведення інформаційних сигналів на ланцюгах заземлення ТЗПІ і ДТЗС;
- знімання інформації шляхом встановлення в ТЗПІ електронних пристроїв перехоплення інформації.

Випромінювання інформаційних сигналів елементами ТЗПІ створюють наведення електромагнітних випромінювань ТЗПІ. Останні виникають також внаслідок гальванічного зв'язку в з'єднувальних та сторонніх лініях та провідниках ТЗПІ та ДТЗС.

Рівні наведених сигналів в значній мірі залежать від потужності випромінюваних сигналів, відстані між провідниками та довжини спільного проходження з'єднувальних ліній ТЗПІ і сторонніх провідників.

1.4 Електромагнітне поле та його параметри

Існуючі сучасні прилади, технології та аналітичні методи дають можливість з достатньою точністю визначати параметри електромагнітного поля. Але сумарне напруження електромагнітного поля, поки що точно визначити неможливо. Це становить проблему при перевірці та виявленні наявних технічних каналів витоку інформації.

Змінні в часі електричне і магнітне поля породжують одне одного, створюючи електромагнітне поле. Будь-яка зміна в часі магнітного поля призводить до виникнення змінного електричного поля, а зміна в часі електричного поля породжує змінне магнітне поле, [8]. Рух електричних зарядів з прискоренням призводить до створення періодично змінюваного електричного поля, яке, в свою чергу, призводить до створення магнітного поля і т.п.

Електромагнітне поле можуть створювати:

- магніт під час його руху;
- електричний заряд, за умови його руху з прискоренням або коливання.

Електричне поле існує навколо електричного заряду в будь-якій системі відліку, магнітне поле - в системі відліку, щодо якої електричні заряди рухаються, електромагнітне - в системі відліку, щодо якої електричні заряди рухаються з прискоренням, [8].

1.4.1 Електромагнітні хвилі

Стоячі й бігучі хвилі розглянемо на прикладі розповсюдження електромагнітних хвиль по двопровідній лінії без втрат на високій частоті.

На рис. 1.1 зображено двопровідну лінію без втрат, у якій:

d - відстань між центрами дротів;

r - радіус кожного проводу.

Лінія живиться від джерела е.р.с., $e = U \cdot \cos(\omega t)$, [9].

Струм в лінії I і різниця потенціалів U між проводами лінії змінюються в часі за синусоїдальним законом відповідно до е.р.с. на вході лінії. На рис. 1.1 показано зміни струму і напруги в певний момент часу. В точці-1 заряд «+» на верхньому проводі і заряд «-» на нижньому проводі лінії. Силові лінії електричного поля між дротами показані стрілками. Ці лінії є і в оточуючому лінію просторі. У точці-3 полярність зарядів на дротах і напрямок силових ліній електричного поля є протилежними показаним для точки-1. Заряди переміщуються праворуч по лінії зі швидкістю світла.

Протікаючий по дротах лінії струм створює навколо дротів магнітне поле, зображене у вигляді оточуючих дроти кілець. Напрямок силових ліній магнітного поля показано стрілками. Хвилі струму і напруги, що поширюються уздовж замкнутої лінії, схематично показано на рис. 1.1. Максимум струму і мінімум (нуль) напруги є в кінці лінії. На протязі лінії є точки з пучностями і вузлами струму і напруги, [9].

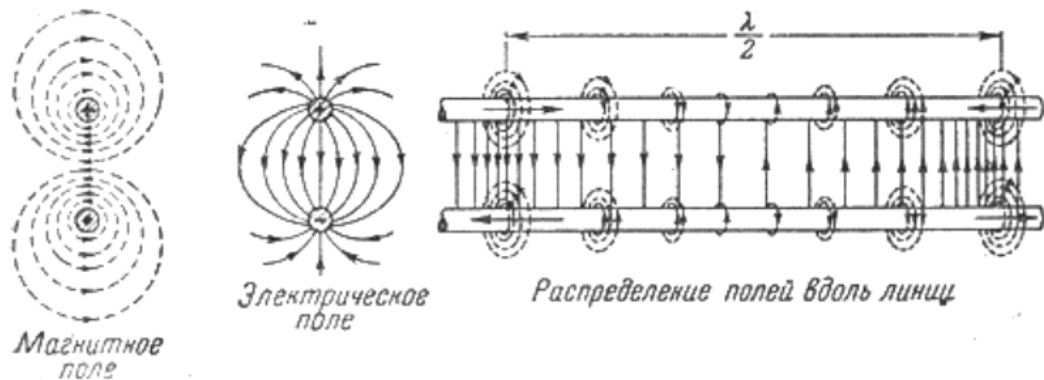


Рисунок 1.1 Схематичне зображення процесу виникнення біжної хвилі у двопровідній лінії.

Довжина лінії та відстань між окремими її точками - вимірюється в одиницях довжини хвилі, що розповсюджуються вздовж лінії. Довжина хвилі в лінії визначається за формулою (1.1):

$$\lambda = \frac{c_0}{f} = \frac{2\pi c_0}{\omega} \quad (1.1)$$

де: λ – довжина хвилі, м;

c_0 – швидкість розповсюдження хвилі уздовж лінії, м/с;

f – частота коливань, Гц;

ω – циклічна частота коливань, рад/с.

Величини напруги і струму в точці дроту, віддаленій на відстань x від початку лінії, знаходимо за формулами (1.2, 1.3):

$$u = \cos\left(\omega t - \frac{\omega x}{c_0}\right) \quad (1.2)$$

$$I = \frac{U}{W} = \frac{U}{\sqrt{\frac{L}{C}}} \quad (1.3)$$

де: x - відстань від початку лінії, м;

C - ємність лінії, Ф;

L - індуктивність лінії, Гн.

Розповсюджуючись в просторі уздовж лінії, електричне і магнітне поля переносять накопичену ними енергію, від джерела е.р.с. до навантаження. За умови замикання лінії на активний опір, що дорівнює характеристичному опору лінії (1.4):

$$R = W = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (1.4)$$

Вся енергія, що рухається уздовж лінії, розсіюється в цьому активному опорі і хвилі в лінії будуть виключно біжними, [10].

Навколо джерела електромагнітних хвиль (будь-який електричний заряд, що коливається) формується змінне магнітне поле, а навколо змінного магнітного поля виникає вихрове електричне поле. Навколо вихрового електричного поля, що змінюється, формується вихрове магнітне поле з характеристикою магнітної індукції $\vec{B}$.

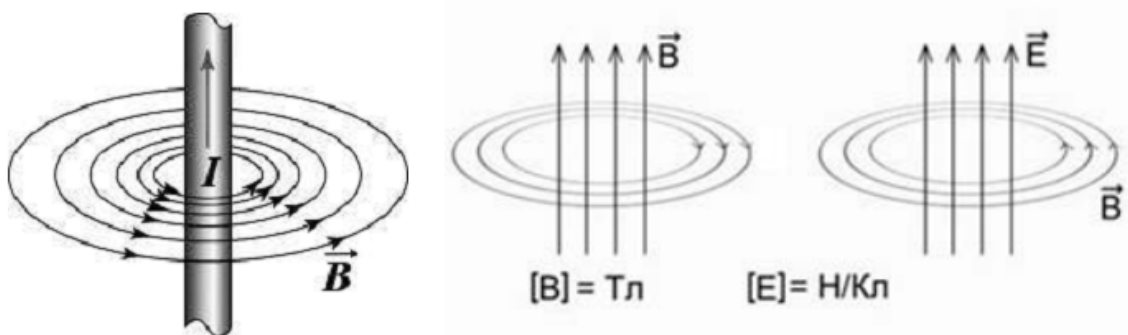


Рисунок 1.2 Лінії магнітної індукції і силові лінії електричного поля

Силові лінії електричного поля і лінії магнітної індукції є взаємно перпендикулярними (рис.1.2). Напруженість електричного поля та індукція магнітного поля - розташовані взаємно перпендикулярно одне одному, що свідчить про поперечність електромагнітної хвилі.

1.4.2 Електричний та магнітний диполі

Диполь є ідеалізованою системою, що використовується для опису розповсюдження поля, [11]. Дипольне наближення засноване на розкладанні потенціалів поля в ряд за ступенями радіус-вектору і відкиданні всіх членів вище першого порядку.

Система з двох нескінченно близьких зарядів рівної величини і протилежних за знаком - є типовим прикладом диполя. Поле означеної системи повністю описується дипольним наближенням.

Електричний диполь - ідеалізована електронейтральна система, що складається з точкових і рівних за абсолютною величиною позитивного і від'ємного електричних зарядів (рис. 1.3).

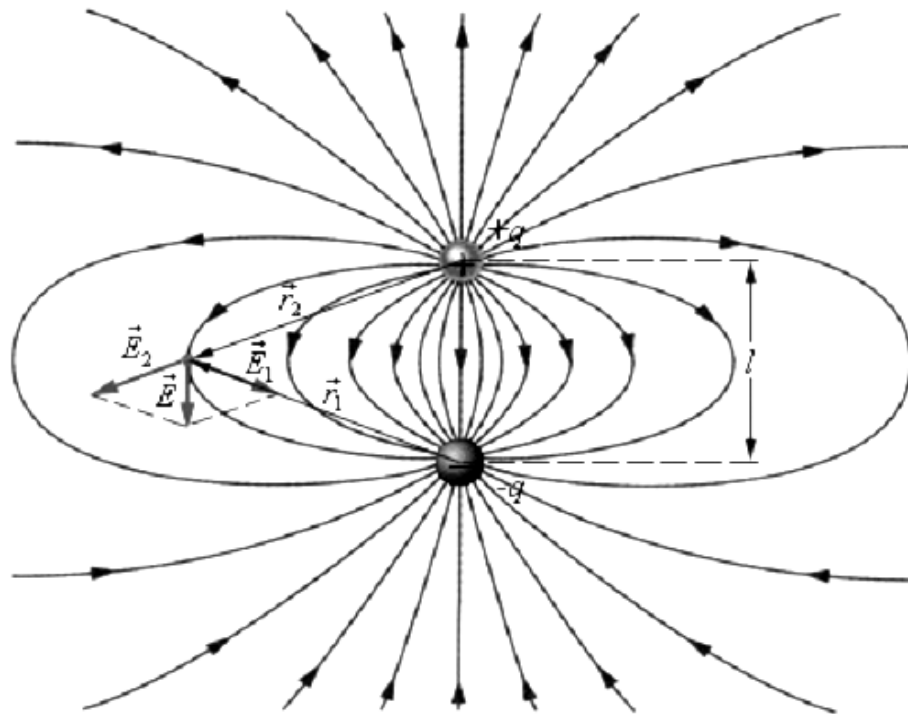


Рисунок 1.3. Силві лінії електричного диполя

Електричний диполь - являє собою сукупність двох рівних за абсолютною величиною різнойменних точкових зарядів, що знаходяться на деякій відстані один від одного, [11].

Добуток вектору $\vec{l}$, що проведений від від'ємного заряду к позитивному, на абсолютну величину зарядів q , називається дипольним моментом, [11] (1.5):

$$\vec{d} = q\vec{l} \quad (1.5)$$

де: $\vec{d}$ – дипольний момент, Кл·м;

q – величина заряду, Кл;

$\vec{l}$ – вектор, що проведений від негативного заряду к позитивному, м.

Момент сил $[\vec{E} \cdot \vec{D}]$, діючий на диполь у зовнішньому полі, направлений на розвертання дипольного моменту уздовж напрямку зовнішнього поля, причому енергія диполя в електричному полі дорівнює $[-(\vec{E} \cdot \vec{D})]$.

При віддаленні від диполя, напруженість електричного поля останнього зменшується згідно $1/R^3$ з відстанню R , (значно швидше, ніж у точкового заряду).

Будь-яку електронейтральну систему в першому наближенні може розглядати - як електричний диполь з моментом, [11] (1.6):

$$\vec{d} = \sum_i q_i \cdot \vec{r}_i \quad (1.6)$$

де: q_i – заряд i -го елементу, Кл;

$\vec{r}_i$ – радіус-вектор заряду, м.

Використане дипольне наближення – коректне за умови досить великої відстані вивчення електричного поля системи, в порівнянні з характерними розмірами системи.

Магнітний диполь (по аналогії з електричним диполем) умовно можна уявити у вигляді системи двох магнітних зарядів. Як модель магнітного диполя може виступати невелика (порівняно з відстанями, на яких вивчається магнітне поле, що генерується диполем) плоска замкнута провідна рамка з площею S , з

протікаючим по ній струмом I , [9]. При цьому величина (1.7) є магнітним моментом диполя, [11]:

$$\vec{d}_m = I \cdot S \cdot \vec{n} \quad (1.7)$$

де: $\vec{d}_m$ – магнітний момент диполя, А·м²;

I – струм, що протікає в рамці, А;

S – площа рамки, м²;

$\vec{n}$ – одиничний вектор, що направлений перпендикулярно площині рамки в тому напрямку, з якого струм в рамці тече проти годинникової стрілки.

1.5 Методи захисту від побічних електромагнітних випромінювань

Для запобігання витоку інформації за каналами ПЕМВ використовують активні та пасивні методи захисту.

Пасивні методи захисту інформації базуються на, [12]:

- зменшенні ПЕМВ технічних засобів обробки інформації на межі контрольованої зони до величин, що унеможливають їх виділення апаратурою розвідки на фоні природного шумового фону;
- зменшенні наведення ПЕМВ на сторонні лінії та провідники, які виходять за межі контрольованої зони, до величин, що унеможливають їх виділення апаратурою розвідки на фоні природного шумового фону;
- запобіганні просочування інформаційних сигналів технічних засобів обробки інформації ланцюгами електроживлення, які виходять за межі контрольованої зони, до величин що унеможливають їх виділення апаратурою розвідки на фоні природного шумового фону;
- послаблення витоку інформаційних сигналів повз технологічні отвори в контурі екранованого приміщення (вікна, двері, вентиляція та кондиціонер, магістралі водопостачання та опалення, канали вводу-вивода електричних та інформаційних кабелів) до величин, що унеможливають їх виділення апаратурою розвідки на фоні природного шумового фону.

Активні методи захисту інформації базуються на, [12]:

- використанні апаратури постановки електромагнітних завад з метою зменшення відношення сигнал/шум (маскування сигналів можливого витоку інформації сигналом завади) на межі контрольованої зони до величин, що унеможливають їх подальше виділення апаратурою розвідки інформаційного сигналу;

- постановці електромагнітних завад в з'єднувальних лініях і сторонніх провідниках з метою маскування сигналів можливого витoku інформації сигналом завади - зменшення відношення сигнал/шум на кордоні контрольованої зони до величин, що унеможливають їх подальше виділення апаратурою розвідки інформаційного сигналу.

Технічні засоби обробки, прийому, зберігання і передачі інформації під час свого функціонування створюють побічні струми і поля витoku інформаційних сигналів, придатні для знімання корисної інформації зловмисником. Між струмопровідними елементами виникають наступні види зв'язку:

- через електричне поле;
- через магнітне поле;
- через електромагнітне поле;
- через з'єднувальні лінії.

Напруженість електромагнітного поля є основною характеристикою останнього. Напруженість електричного та магнітного полів при розповсюдженні у вільному просторі – зворотно пропорційна квадрату відстані від джерела сигналу. Електромагнітне поле зменшує напруженість зворотно-пропорційно до першого ступеню відстані від джерела сигналу. Напруга на провідній або хвилеводній лінії з відстанню повільно зменшується. Враховуючи вищевикладене, при малій відстані до джерела – зв'язок відбувається всьома чотирма видами. За збільшення відстані спочатку припиняється зв'язок повз електричне та магнітне поля, далі припиняється зв'язок повз електромагнітне поле. Найдалший за відстанню вплив має зв'язок, що розповсюджується по лініях та хвилеводах, [13].

Екранування є найбільш ефективним пасивним методом захисту від побічних електромагнітних випромінювань. Воно забезпечує локалізацію енергії електромагнітних полів в межах екранованого простору, обмежуючи її подальше поширення всіма доступними способами.

Існують три види екранування, [14]:

- електростатичне екранування;
- магнітостатичне екранування;
- електромагнітне екранування.

1.5.1 Електростатичне екранування

Дія електростатичного екранування лежить в забезпеченні замикання електростатичного поля на металеву поверхню екрана з подальшим відведенням електричних зарядів на землю, або корпус приладу контуром заземлення, [15]. Опір контуру заземлення має бути не більше за 4 Ома. Металеві екрани досить ефективні та дозволяють повністю позбутись впливу електростатичного поля. Існують також діелектричні екрани, які, при умові щільного прилягання до екрануємого елемента, забезпечують послаблення поле джерела сигналу в ε разів (ε – значення відносної діелектричної проникності матеріалу екрана).

На ефективність електростатичного екранування впливає правильне з'єднання корпусу ТЗПІ з екраном. З'єднання з корпусом ТЗПІ має бути виконане в одній точці поверхні екрана.

Головні вимоги до електричних екранів, [16]:

- конструкція екрана повинна забезпечувати пряме замикання силових ліній електричного поля на стінки екрана в межах останнього;
- на низьких частотах, де глибина проникнення хвилі δ більше товщини екрана d ($\delta > d$), ефективність електростатичного екранування повністю залежить від якості електричного контакту з'єднання металевого екрана з корпусом пристрою при незначній залежності від товщини та типу матеріалу виготовлення екрана;
- на високих частотах ($\delta < d$) екран працює в електромагнітному режимі, якість екранування залежить від товщини, провідності та електромагнітної проникності матеріалу виготовлення екрана.

1.5.2 Магнітостатичне екранування

При екрануванні магнітних полів розрізняють низькочастотні та високочастотні магнітні поля. Для зменшення низькочастотних випромінювань в діапазоні частот від 0 до 3...10 кГц застосовується магнітостатичне екранування, яке шунтує низькочастотні магнітні поля, спрямовуючи силові лінії останніх уздовж стінок екрана, [17].

При протіканні повз елемент (виток) постійного струму, навколо нього створюється магнітне поле напруженістю H_0 . Для екранування цього поля вищезгаданий елемент слід оточити замкнутим екраном з матеріалу, що має магнітну проникність $\mu > 1$, (рис. 1.4).

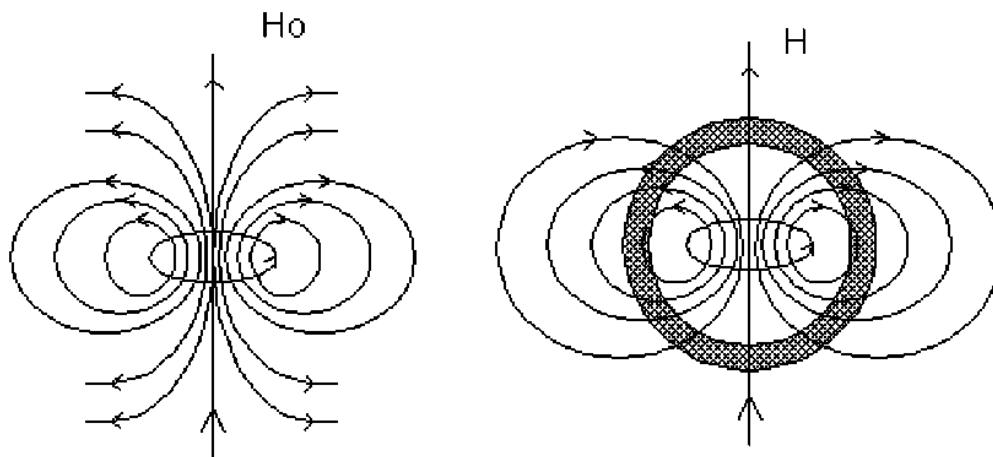


Рисунок 1.4 Магнітостатичне екранування

Силові лінії магнітного поля, створеного елементом з протікаючим струмом, зтикаючись з екраном, що має менший магнітний опір за повітря, проходять по стінках матеріала екрана і замкнені ними доходять до простору за екраном в значно зменшеній кількості. Магнітостатичні екрани однаково захищають від впливів магнітних полів як ззовні, так і від створених джерелом магнітного поля всередині такого екрана, [17].

Головні вимоги, щодо магнітостатичних екранів, [18]:

- матеріал екрана повинен мати якомога більшу магнітну проникність μ . Екрани виготовляють з магнітом'яких матеріалів, що мають високу магнітну проникність (електротехнічна сталь, пермалой);

- ніж більша товщина стінок екрана, тим вища ефективність екранування, але існують певні конструктивні обмеження за масою і габаритами екрана;
- конструктивні стики, шви в поверхні екрану слід орієнтувати паралельно лініям магнітної індукції магнітного поля;
- ефективність магнітостатичного екранування не залежить від якості заземлення екрана;
- при застосуванні багатошарових екранів ефективність магнітостатичного екранування збільшується.

1.5.3 Електромагнітне екранування

На високих частотах використовують виключно електромагнітне екранування, дія якого полягає в послабленні високочастотного електромагнітного поля їм же створеним наведеними в екрані вихровими струмами зворотного напрямку, [19]. Електромагнітне екранування ефективно послаблює як електричні, так і магнітні поля.

Фізична сутність електромагнітного екранування лежить в виникненні в стінках екрану під дією джерела електромагнітного випромінювання стрімів, які, в свою чергу, індукують в зовнішньому просторі поля з протилежним напрямком та еквівалентної джерелу інтенсивності, що приводить до взаємної компенсації полів одне одним.

Електромагнітне екранування ефективне для захисту від змінних електромагнітних полів. Для електромагнітного екранування застосовують металеві кожухи, які забезпечують екрануючий ефект поглинання електромагнітної енергії поля в товщі екрану. Екрануючий ефект останнього збільшується при збільшенні товщини стінок екрана d , кутової частоти ω , питомої провідності матеріалу екрана γ , магнітної проникності матеріалу екрана μ_a , [20] (1.8):

$$\mu_a = \mu \cdot \mu_0 \quad (1.8)$$

де: μ_a - абсолютна проникливість екрана, Гн/м;

μ - відносна магнітна проникливість матеріалу;

$\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6}$ Гн/м - магнітна стала (магнітна проникливість вакууму).

Дія електромагнітного екрану характеризується коефіцієнтом вихрових струмів k , [20] (1.9):

$$k = \sqrt{j\omega\mu\gamma} \quad (1.9)$$

де: k - коефіцієнт вихрових струмів, 1/м;

ω - циклічна частота коливань, рад/с;

μ_a - абсолютна проникливість екрана, Гн/м;

γ - питома провідність матеріалу, См/м.

Проникаюче всередину екрана змінне електромагнітне поле постійно зменшується, що пов'язано з протікаючими в кожному шарі екрану вихровими струмами, які послаблюють зовншнє поле. На високих частотах застосовують екрани з міді та влюмінія - матеріалів високої провідності. При екрануванні низькочастотних полів кращі результати одержують використовуючи матеріали високої магнітної проникливості ($\mu \gg 1$) – сталеві та з пермаллою, [21].

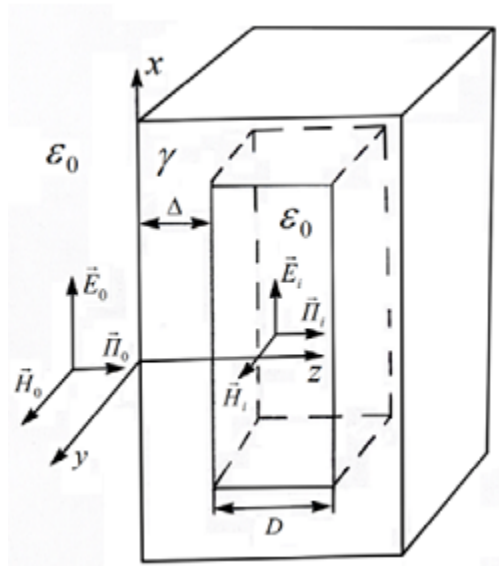


Рисунок 1.5 Плоский екран у вигляді порожнистої коробчастої конструкції

Спрощено екран являє порожнисту прямокутну конструкцію з товщиною стінок d (рис. 1.5). Вектор Пойтінга визначає щільність енергії електромагнітного поля поза екраном, [22] (1.10):

$$\vec{P}_0 = \vec{E}_0 \cdot \vec{H}_0 \quad (1.10)$$

$\vec{P}_0$ - вектор Пойнтінга;

$\vec{E}_0$ - вектор напруженості зовнішнього електричного поля;

$\vec{H}_0$ - вектор напруженості зовнішнього магнітного поля.

Величину щільності електромагнітного поля для окремих точок в товщі екрана має відношення, [22] (1.11):

$$W = \sqrt{\frac{\omega\mu_\alpha}{\lambda}} H_{m0}^2 e^{-2k_\phi z} \sin(\omega t - k_\phi z) \cdot \sin\left(\omega t - k_\phi z + \frac{\pi}{4}\right), \quad (1.11)$$

$$k_\phi = \sqrt{\frac{\omega\mu_\alpha\gamma}{2}} \quad (1.12)$$

де: W – щільність енергії електромагнітного поля, Дж/м³;

H_{m0} – амплітуда напруженості магнітного поля на поверхні екрану, А/м;

k_ϕ – коефіцієнт фази електромагнітної хвилі в провідному середовищі, 1/м;

z – відстань вздовж осі z , м;

t – час, с.

Із виразу (1.11) витікає, що кількість енергії зменшується за координатою z пропорційно до множника $e^{-2k_\phi z}$, що зменшується від 1 (для $z=0$), до $e^{-2k_\phi \delta}$ (для $z=\delta$). При цьому δ - глибина проходження електромагнітного поля вглиб екрана. Пропорційно множнику $e^{-2k_\phi z}$ зменшуються Напруженості полів зменшуються пропорційно множнику $e^{-2k_\phi z}$, [26].

Значення коефіцієнта k_ϕ для провідних середовищ дорівнює ≈ 0.01 і вище для частотного діапазону від 50 Гц і вище. Цим обумовлено швидке згасання рівню енергії електромагнітного поля. Вже в радіочастотному діапазоні достатня товщина стінки екрана може сягати лише долей міліметра.

Коефіцієнт фази k_ϕ використовується при визначенні довжини хвилі λ в провідному середовищі - відстані зміни фази коливання на величину 2π , [22] (1.13):

$$\lambda = \frac{2\pi}{k_\phi} = 2\pi \sqrt{\frac{2}{\omega\mu_\alpha\gamma}}, \quad (1.13)$$

де λ - довжина хвилі, м.

На відстані $z = \lambda$ від поверхні екрану амплітуда напруженості поля зменшується у $e^{-2\pi} = 0,00187$ разів – електромагнітна хвиля майже повністю згасає. Вже на відстані $z = \lambda/2$ від поверхні екрану проходить лише $e^{-2\pi} \cdot 100 = 0,187\%$ енергії хвилі, поглинаємої провідним середовищем екрана. Практично, хвиля згасає на відстані вдвічі меншій за її довжину в матеріалі тіла екрану.

Коефіцієнт k_ϕ у виразі (1.11) вказує на зміну значення початкової фази коливання векторів поля всередині екрана від нуля до значення $k_\phi \cdot z = k_\phi \cdot \delta$. Вектори поля $\vec{E}$ та $\vec{H}$ змінюють свої значення як за величиною, так і за фазою, що впливає з аналізу коефіцієнта екранування для плоского екрана S , [20] (1.14):

$$S = \frac{1}{ch(\delta) + \frac{m}{2} sh(\delta)}, \quad (1.14)$$

$$m = \frac{k \cdot D}{\mu}, \quad (1.15)$$

де: k - коефіцієнт вихрових струмів, 1/м;

D - відстань між поверхнями екрана, м.

Вищезначений коефіцієнт має комплексний характер. Виділивши з формули (1.14) модуль і аргумент, можна одержати величину послаблення поля для будь-якої точки всередині екрану.

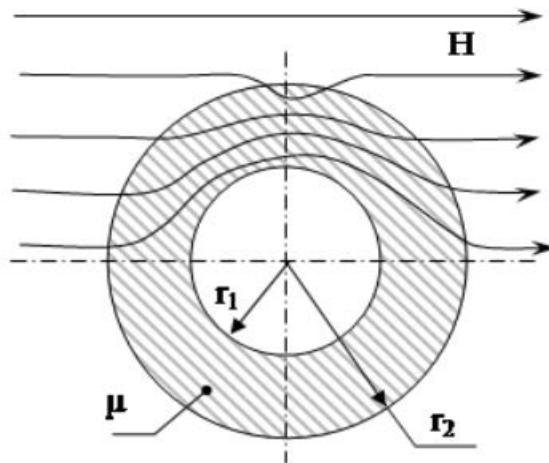


Рисунок 1.6 Циліндричний екран в однорідному зовнішньому гармонійному полі

Коефіцієнт екранування для циліндричного екрана (рис. 1.6) в однорідному зовнішньому гармонійному полі має залежність від параметрів ω , μ_a , γ , δ , та зовнішнього радіуса r циліндра, [20] (1.16):

$$S = \frac{1}{ch(\delta) + \frac{1}{2} \left(m_y \frac{1}{m_y} \right) sh(\delta)}, \quad (1.16)$$

$$m_y = \frac{k \cdot r_y}{\mu}, \quad (1.17)$$

де k - коефіцієнт вихрових струмів, 1/м;

r_y - зовнішній радіус циліндра, м.

При аналізі залежності (1.16) виходить наступне, [20]:

- за умови однорідного зовнішнього поля, останнє всередині екрана зберігає однорідність і однотипне зовнішньому за напрямком, з причини незалежності коефіцієнта екранування точок всередині екрану від їх координат;
- поле всередині екрану зсунуте за фазою відносно зовнішнього поля;
- екрануюча дія екрану посилюється із збільшенням частоти, чому відповідає зростання коефіцієнту вихрових струмів k ;
- в низькочастотній області екрануюча дія екрану забезпечується проходженням магнітного потоку в тілі екрану. Із збільшенням частоти поступово проявляється дія електромагнітного екранування, яке повністю залежить від властивостей екрануючих матеріалів.

Коефіцієнт екранування сферичного екрана отримуємо з формули, [20] (1.18):

$$S = \frac{1}{ch(\delta) + \frac{1}{3} \left(m_y \frac{2}{m_y} \right) sh(\delta)}, \quad (1.18)$$

$$m_y = \frac{k \cdot r_y}{\mu}, \quad (1.19)$$

де: k - коефіцієнт вихрових струмів, 1/м;

r_c - зовнішній радіус стінки екрана, м.

Принципи дії сферичного та циліндричного екранів схожі. На хвильовому рівні ефект екранування відбувається за багаторазового відбиття електромагнітних хвиль поверхнею екрана та поглинанні енергії електромагнітних хвиль в металевій товщі останнього. Процес відбиття електромагнітної енергії пояснюється невідповідністю між хвильовими характеристиками матеріалу екрана та діелектрика, в якому екран розташовано, [23]. Ефект екранування за рахунок відбиття електромагнітних хвиль тим більший, чим вища розбіжність між хвильовими опорами екрана та діелектрика.

Вибір типу матеріалу для виготовлення електромагнітного екрана залежить від багатьох факторів.

При виборі металічних матеріалів враховують наступне:

- забезпечення необхідної величини ослаблення електромагнітного поля враховуючи обмеження габаритних розмірів екрана і його побічний вплив на захищуєний об'єкт;
- забезпечення механічної стійкості і стабільності металу як матеріалу.

Найбільш часто для виготовлення електромагнітних екранів застосовують матеріали: алюміній, латунь, мідь, сталь, [24]. Першочергове використання цих матеріалів обумовлено забезпечуваною ними високою ефективністю екранування. До того ж сталь зручно використовувати з-за можливості використання зварювальних технологій під час монтажу елементів екрана. Екрани, при їх виготовленні з листових металевих матеріалів, мають високу вартість, велику вагу, габарити і незручність та складність монтажу.

Значно легше використання для екранування металевих сіток у якості екрануючих матеріалів. Вони мають значно менші вагу та ціну, технологічніші у виготовленні і при монтажі екрану.

Основні технічні параметри сітчатих екранів:

- крок екранної сітки (відстані між сусідніми центрами дроту);
- діаметр дроту виконання сітки екрана;
- питома провідність металічного матеріалу сітки.

Під час досліджень екрануючої ефективності сітчастих екранів встановлені наступні закономірності, [35]:

- при виконанні сітки з одного матеріалу та кроці сітки $\delta_c = \text{const}$, сітка, виконана з товстого дроту радіусом r_0 ефективніше сітки, виконаної з тонкого дроту в діапазонах низьких ($\delta_c > 2r_0$) і високих ($\delta_c \ll 2r_0$) частот;

- розріджені сітки з однорідного металу, при $\delta_c / r_0 = \text{const}$, більш ефективні на низьких частотах, ніж густі, але з ростом частоти їх ефективність знижується. Цей феномен пояснюється наступним: на низьких частотах основний вплив на ефективність має значення активного опору дроту виконання сітки, а на високих частотах основний вплив чинить його індуктивність з малою залежністю від r_0 ;

- за умови однакових δ_c і r_0 , на низьких частотах екрануюча спроможність мідних сіток вище за екрануючу спроможність сталевих тому, що питома провідності міді вища ніж у сталі, але з підвищенням частоти ця відмінність зменшується;

- необхідною умовою ефективності роботи сітчастих екранів є наявність надійного електричного контакту між окремими ділянками сітчастого екрану. Основним недоліком екранів з металевих сіток є високий знос останніх порівняно з екранами з листового металу.

При екрануванні широке застосування знаходять фольгові матеріали, [25], - електрично-тонкі матеріали завтовшки 0,01 - 0,05 мм. Матеріали цього виду звичайно виробляють з алюмінію, латуні, міді, цинку – матеріалів, що є діамагнітними.

Для екранування також широко застосовують різні струмопровідні фарби, що є досить перспективним напрямком, [26]. Вони не мають недоліків, притаманних листовим та решітчастим екранувальним матеріалам, мають достатню стійкість до різних кліматичних умов.

Струмопровідні фарби дешеві, не потребують монтажних робіт, легкі при застосуванні. Основою для виготовлення струмопровідних фарб є діелектричні плівкоутворювальні матеріали з додаванням пластифікаторів і затверджувачів.

В якості струмопровідних наповнювачів застосовують алюмінієву пудру, графіт, сажу, колоїдне срібло, оксиди металів, порошок мідь, [26].

Для забезпечення надійного захисту апаратури обробки інформації доцільно обладнання окремого спеціального приміщення з суцільним електромагнітним екрануванням останнього. При створенні екранованого приміщення слід враховувати додатковий екрануючий ефект, що створюють залізобетонні компоненти в оточуючих стінах. Вікна екранованого приміщення закриваються сітковими електромагнітними екранами. Для обладнання дверей використовують спеціальні ущільнювачі, які забезпечують радіогерметичність (цілісність поверхні) екрануючого контуру.

Для екранування вентиляційних отворів застосовують екрануючі вентиляційні панелі. Останні мають сотову структуру, що забезпечує високу ефективність екранування з мінімальними аеродинамічним опором потоку повітря та виготовляються з алюмінія або сталі.

1.6 Аналіз фізичних принципів екранування

Принципи дії екранування розглянемо на прикладі плоского провідникового екрана.

На рис. 1.7 зображено плоский металевий екран нескінченної протяжності, товщиною d , що знаходиться в повітряному оточенні, на який зліва падає плоска електромагнітна хвиля, [27].

При падінні на границю двох середовищ з відмінними електрофізичними властивостями (“повітря-метал”) відбувається відбиття та переломлення електромагнітної хвилі. Окрім того, енергія електромагнітних хвиль частково поглинається в тілі екрану, враховуючи провідні властивості екрануючого матеріалу, [22]. Загалом, при взаємодії з екраном електромагнітна хвиля частково відбивається зовнішньою поверхнею екрану, частково проходить в стінку екрану, де проходить її поглинання а тілі екрануючого матеріалу з багаторазовим перевідбиттям від стінок конструкції екрана і,

нарешті, частково просочується в екрануємий об'єм (рис.1.8). Всі вищенаведені процеси відбуваються з втратами енергії електромагнітної хвилі, [27].



Рисунок 1.7 Відбиття та проходження падаючої на екран електромагнітної хвилі.

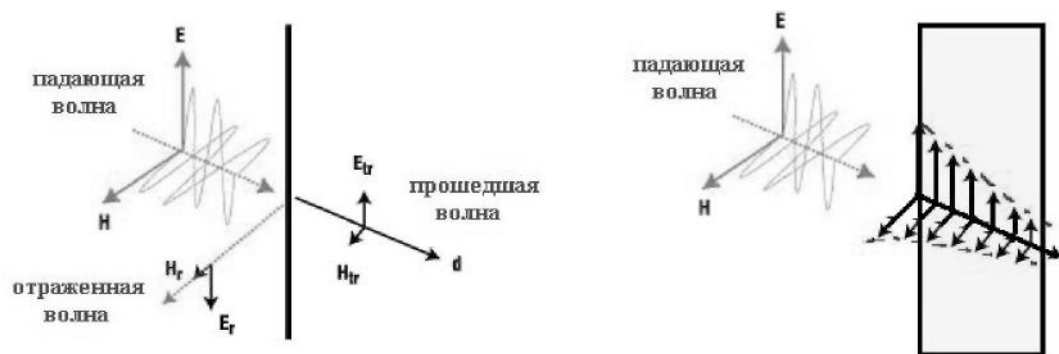


Рисунок 1.8 Втрати електромагнітної хвилі на відбиття та поглинання

Відбиття і поглинання електромагнітних хвиль на границі двох відмінних матеріальних середовищ – є двома фундаментальними основами, на яких засновано теорію екранування. Ефекти відбиття і поглинання зменшують енергію електромагнітного поля, що проходить за межі екрана. Для виготовлення конструкції екрана звичайно застосовують провідникові матеріали.

Розглянемо нормальне падіння вертикально поляризованої електромагнітної хвилі на провідну поверхню екрана (рис.1.9) з магнітною проникністю матеріалу екрана рівною одиниці, [27].

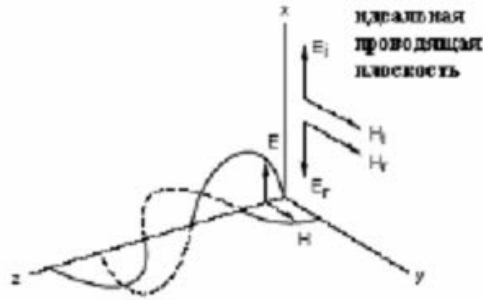


Рисунок 1.9 - Падіння плоскої хвилі на ідеальний провідний екран.

Вектори $\vec{E}$ і $\vec{H}$ електромагнітної хвилі лежать в площині екрана. На границі контакту двох середовищ має виконуватись співвідношення, [27] (1.20):

$$(\vec{E}_1 - \vec{E}_2) \cdot \vec{\tau}_0 = 0, \quad (1.20)$$

де: $\vec{\tau}_0$ - одиничний вектор дотичної до поверхні розділу середовищ;

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

Для вектору $\vec{H}$ повинно виконуватись наступне співвідношення, [27] (1.21):

$$(\vec{H}_1 - \vec{H}_2) \cdot \vec{\tau}_0 = \vec{\eta}, \quad (1.21)$$

де: $\vec{\eta}$ - щільність поверхневого струму.

При нескінченно високій провідності екрану (імпеданс матеріалу екрана рівний нулю) – напруженість електричної компоненти відбитої хвилі $E_1 = E_2$ буде з протилежним знаком дорівнювати напруженості електричної компоненти падаючої хвилі $E_2 = E_1$. При цьому буде забезпечено ідеальне екранування за рахунок повної взаємної компенсації падаючого та відбитого електричних полів.

За скінченної провідності реальних матеріалів виготовлення екранів, ефективність екранування має кінцеві параметри, які можуть бути дуже високими. З-за скінченної провідності матеріалу екрану частина енергії хвилі проходить в стінку екрану та створює в ній наведені струми, [28].

Наведені в матеріалі екрану струми розсіюють енергію на теплові втрати в екрануючому матеріалі та на перевипромінювання власного електромагнітного поля, [27]. Залежність щільності струму в тілі тонкого екрана від глибини проникнення приведено на рис.1.10.



Рисунок 1.10 Послаблення індукційного струму в тонкостінному екрані

З причини антенного ефекту провідників, протилежна стінка тонкого екрану, в якій протікає послаблений екраном наведений змінний струм, буде випромінювати енергію електромагнітного поля, що пройшла повз тонкий екран.

Механізм протікання поверхневого струму в екрані під дією електромагнітного поля зображено на рис.1.11.

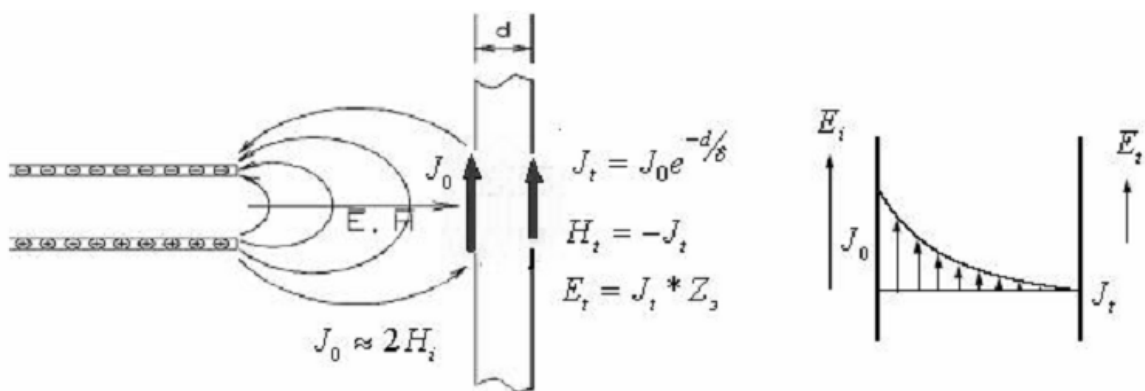


Рисунок 1.11 Струм в екрані при падінні вертикально поляризованої хвилі.

Поле після проходження повз екран зменшується за амплітудою, при збереженні незмінним напрямку силових ліній. Згасання потужності є функцією відстані від випромінюючого поле джерела (рис. 1.12).

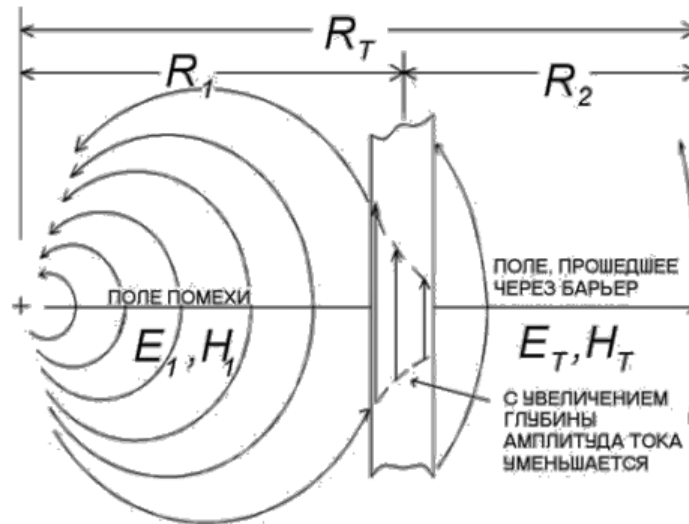


Рисунок 1.12 Проходження поля через бар'єр екрана

Потужність P на відстані R_2 від бар'єру обчислюється виразом, [27] (1.22):

$$P_{R_2} = \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^2 \cdot P_T, \quad (1.22)$$

де: P_{R_2} - щільність потужності на відстані R_2 , Вт/м²;

R_1 - відстань до бар'єру, м;

R_T - сумарна відстань, м;

P_T - щільність потужності після проходження бар'єру, Вт/м².

Екранування низьких частот базується на двох фізичних принципах: поляризації та намагнічення матеріалу конструкції екрана. Низькочастотне екранування електричного поля базується на використанні ефекта Фарадея (рис. 1.13). Зовнішнє низькочастотне електричне поле компенсується полем, створеним за рахунок поляризації зарядів в металевій стінці екрана, [29]. Товщина стінок екрану може бути малою завдяки високій рухливості електронів в металі тіла екрана.

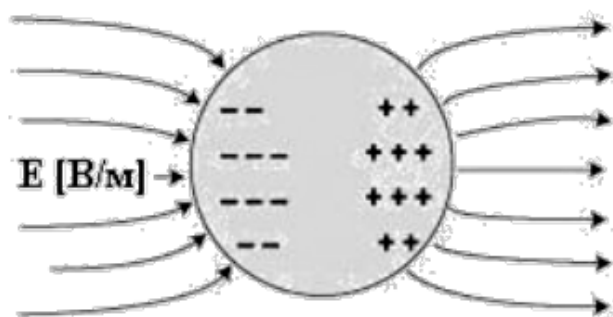
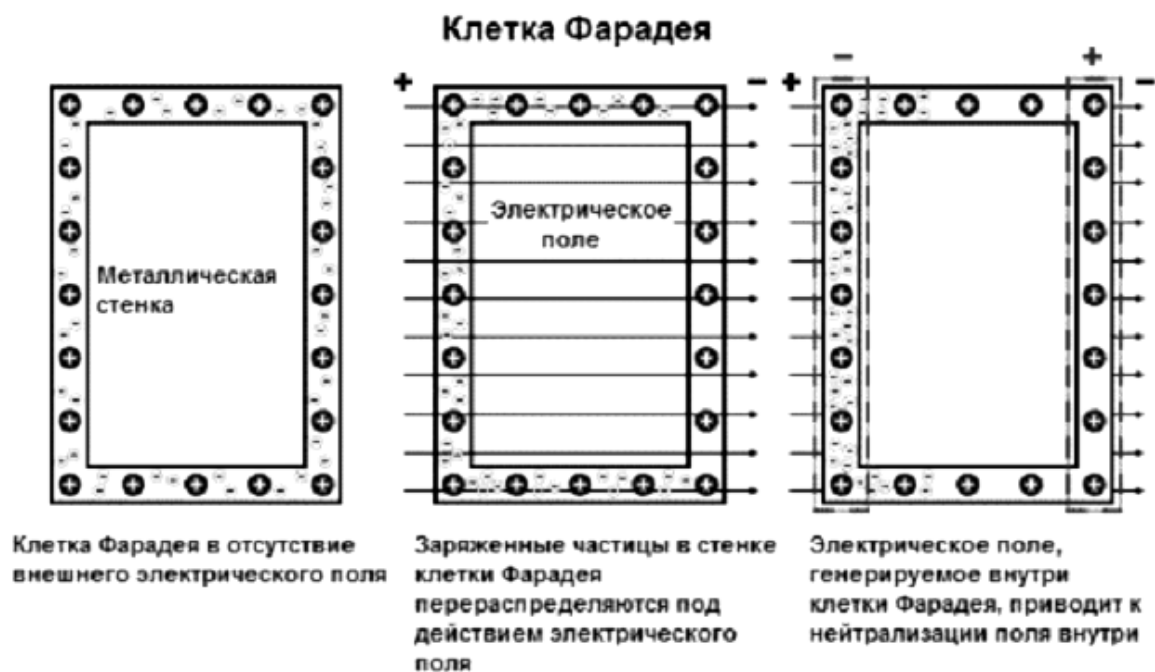


Рисунок 1.13 Принцип дії екрана Фарадея



Рисунок 1.14 Принцип екранування магнітного поля

За відсутності в природі магнітних зарядів, для магнітних полів ефект поляризації не зпрацьовує. Ослаблення низькочастотних компонент магнітного поля досягається застосуванням в якості екрана магнітом'яких матеріалів, маючих високу магнітну проникність ($\mu \gg 1$). Товщина застосованих для екранування матеріалів повинна обиратись достатня для проходження силових ліній магнітного поля переважно стінками екрана, маючих мінімальний реактивний опір магнітному полю (рис.1.14).

В металевому екрані з матеріалу високої провідності, магнітне поле високої частоти наводить вихрові струми, які в свою чергу індукують магнітне поле, яке є зустрічним зовнішньому і приводить до компенсації останнього (рис.1.14). В даному випадку екран може бути досить тонким порівняно з необхідною товщиною екрана для шунтування магнітних полів на низьких частотах, при цьому немає потреби виконання екрану з матеріалів високої магнітної проникності матеріалу. В цьому випадку є важливою висока провідність матеріалу виконання екрану, [30].

1.7 Екрануючий ефект відмінності хвильових імпедансів

При побудові екранів важливо враховувати відмінність хвильових імпедансів на границі розділу середовищ. Повний хвильовий опір середовища є характерним параметром при розповсюдженні електромагнітних хвиль в ньому, [31] (1.23):

$$Z = \frac{E}{H}, \quad (1.23)$$

де: Z – імпеданс середовища, повний хвильовий опір, Ом.

За великої різниці імпедансів матеріалу екрану та хвилі, падаючої на екран, велика частка енергії останньої відбивається від поверхні екрану. Решта енергії хвилі, що проходить повз границю, буде зменшуватись в тілі екрану.

Відбиття електричної та магнітної компонент поля мають різні характери, [31].

За нерівних імпедансів, частина хвилі відбивається. Невідбита частина енергії хвилі проходить в екран, де частково, або повністю поглинається матеріалом екрану.

Відбиття електричної компоненти поля відбувається в основному під час переходу з середовища з високим імпедансом в середовище з низьким імпедансом, (на першому кордоні), бо повітря має високий імпеданс, а металева стінка екрану – низький імпеданс. Це приводить до відбиття значної кількості енергії електричного поля від поверхні металевого екрана.

Для магнітної компоненти поля перша стінка металевого екрана представляє собою майже узгоджене навантаження, що сприяє майже повному проходженню енергії хвилі повз передню стінку всередину екрана з наступним її поглинанням екрануючим матеріалом.

Відбиття магнітної компоненти поля відбувається в момент переходу хвилі із середовища з низьким імпедансом (металу) у середовище з високим значенням імпедансу (повітря), на межі виходу (друга стінка екрану), [32]. Тому важко виконати екран для магнітного поля, працюючий методом відбиття хвилі першою зовнішньою поверхнею екрана.

В тілі екрану хвиля може мати багаторазове відбиття, втратами на яке, можна знехтувати, якщо вони не більше за 10 дБ, [31].

Ефективність екранування виражають через коефіцієнт K проходження через екран, який є відношенням амплітуд падаючої хвилі та хвилі, що пройшла повз екран. Аналіз оцінки ефективності екранування є доволі складним, особливо враховуючи комплексні діелектричну і магнітну проникності матеріалу виготовлення екрану. Це призводить до використання наближеного (спрощеного) аналізу, заснованого на уявленні ефективності екрана сумою його окремих складових, [33] (1.24):

$$K = K_{\text{ногл}} + K_{\text{відб}} + K_{\text{б.відб}}, \quad (1.24)$$

де: K – коефіцієнт ефективності екранування;

$K_{\text{ногл}}$ - ефективність екранування внаслідок поглинання екраном електромагнітної енергії;

$K_{відб}$ - ефективність екранування внаслідок відбиття екраном електромагнітної хвилі;

$K_{б.відб}$ - поправний коефіцієнт, що враховує багаторазові внутрішні перевідбиття хвилі від поверхонь екрана.

Процеси проходження електромагнітної хвилі через стінку екрана, [27] (рис. 1.15):

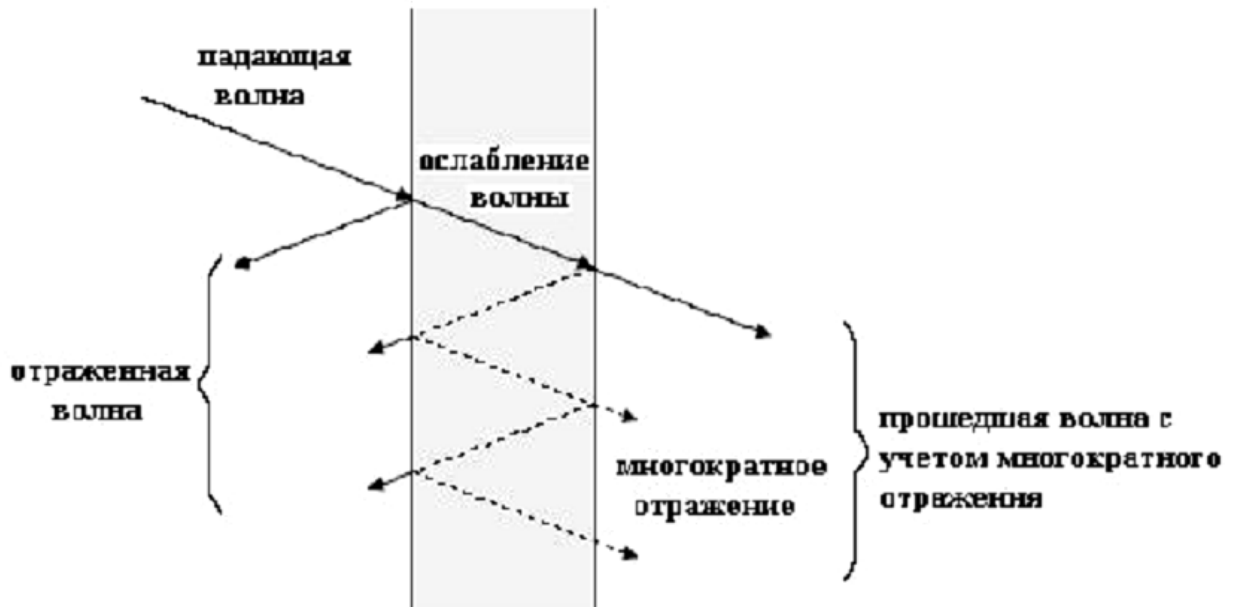


Рисунок 1.15 Схема проходження хвилі через стінку екрана.

- нерівність імпедансів падаючої хвилі та матеріалу екрану призводить до часткового відбиття енергії падаючої на екран хвилі стінкою екрану;
- послаблення енергії хвилі, що пройшла границю середовищ, в тулі металу за рахунок кінцевого значення провідності матеріалу екрану;
- нерівність імпедансів між стінками екрану та оточуючим середовищем призводить до багаторазового перевідбиття енергії хвилі між задньою та передньою стінками матеріалу екрану. Процес перевідбиття обмежений в часі за рахунок втрат енергії хвилі як на перевідбиття, так і на проходження матеріалом екрану, [27].

Формули для розрахунку амплітуди хвилі, що пройшла через стінку екрана, в середовищі MathCAD , приведено, [27] (рис. 1.16):

$$F_{out} = F_{in} \cdot \frac{2Z_M}{Z_M + Z_A} \cdot e^{-\frac{1}{\delta}} \cdot \frac{2Z_A}{Z_M + Z_A} \quad (1.25)$$

$$F_{out} = F_{in} \cdot S_R \cdot S_A \quad \begin{cases} \text{Reflection: } S_R = \frac{4Z_A Z_M}{(Z_A + Z_M)^2} \\ \text{Absorption: } S_A = e^{-\frac{1}{\delta}} \end{cases} \quad (1.26)$$

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega \sigma \mu}}, \quad \sigma: \text{conductivity}, \mu: \text{permeability} \quad (1.27)$$

Рисунок 1.16 Формули розрахунку амплітуди хвилі в MathCAD

На рис. 1.16:

F_{out} і F_{in} – напруженість поля хвилі, що пройшла через екран і хвилі, що падає на екран, В/м, А/м.

Z_A і Z_M – хвильовий імпеданс падаючої хвилі і імпеданс металу екрана, Ом;

t – товщина матеріалу екрана, м;

δ – товщина скін-шару, м;

Другий співмножник формули – відбиття хвилі від передньої стінки екрана, третій – поглинання хвилі в екрані, четвертий – відбиття хвилі від задньої стінки екрана.

1.8 Захист технологічних отворів в екранах

При екрануванні електромагнітних полів (побічних випромінювань) створюваних радіоелектронною апаратурою, існує необхідність забезпечення захисту вентиляційних каналів (та інших технологічних отворів) в корпусах апаратури. Також необхідно забезпечити екранування магнітної та електричної складових побічного електромагнітного випромінювання при захисті каналів комунікацій в екранованому приміщенні (захист каналів вводу вентиляції, кондиціонування, опалення, електроживлення та ін.). Вентиляційні та комунікаційні отвори в екрані не повинні з причиняти зменшення ефективності останнього.

Величина електромагнітного поля, збудженого отвором в стінці екрану, пропорційна відношенню r^3/λ_0 , де r - радіус випромінюючого отвору; λ_0 - довжина хвилі збуджуючого поля. За ціма залежностями можна зробити висновок, що за інших рівних умов проникнення полів завад повз отвір пропорційне до кубу його радіусу. Отвір працює електричним та магнітним випромінювачем. Потужність випромінювання отворами збільшується приблизно пропорційно до сумарної кількості отворів. Оскільки випромінювання одного отвору пропорційне r^3 , то заміна одиничного великого отвору на n менших отворів з рівною загальною площею веде до послаблення поля, проникаючого в екранируему область, в $\sqrt{n}$ разів.

Слід зауважити, що випромінювання з отворів (щілин) розмірами, близькими до $\lambda/2$, сильно збільшується за резонансних явищ. Для запобігання цього, великі отвори і щілини необхідно оздоблювати перемичками.

Ефективним методом послаблення електромагнітного НВЧ-поля, що має високу проникність повз отвори в екрані, є конструктивне виконання останніх у вигляді позамежних хвилеводів (поглиблення отворів) (рис. 1.17), [34], (рис.1.18), [35]. Ефективність екранування використанням позамежних хвилеводів залежить від радіуса R та довжини l останніх.

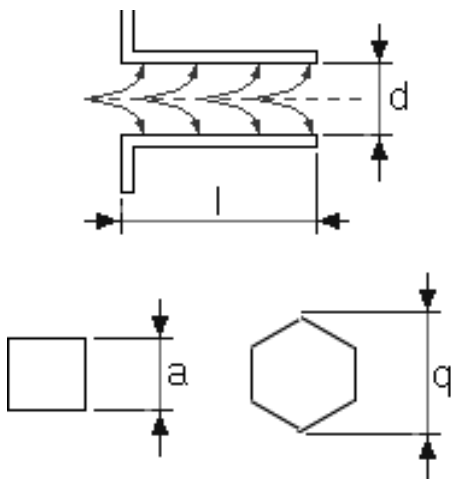


Рисунок 1.17 Виконання отворів в електромагнітному екрані у вигляді позамежного хвилеводу

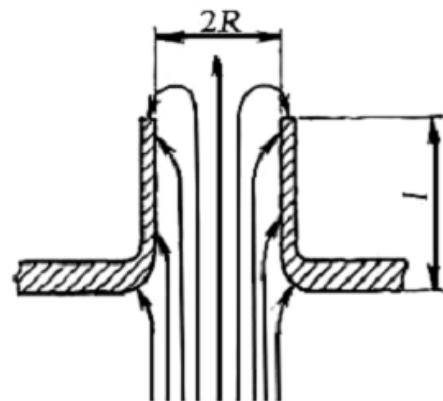


Рисунок 1.18 Поглиблення отвору в поверхні екрану методом “вытягивания”

Мінімальне значення затухання електромагнітної хвилі, що вносить отвір, розраховується за формулою (1.28), (при невід'ємному значенні виразу під знаком радикала):

$$B_{\min} = \frac{27.3}{\alpha} \sqrt{1 - \left(\frac{2\alpha}{\lambda}\right)^2}, \quad (1.28)$$

де: $B_{\min}$ - мінімальне затухання електромагнітної хвилі на l м довжини хвилеводу, дБ/м;

α - мінімальний розмір отвору в екрані, м;

λ - довжина електромагнітної хвилі, м.

Для круглого отвору приймаємо:

$\alpha = 0,853 D$, де: D - діаметр отвору, м.

В діапазоні сантиметрових хвиль отвори в екранах закриваються хвилеводними фільтрами типу "сотова решітка" (рис. 1.19), [35].

Сотова конструкція патрубків забезпечує вищу ефективність екранування електромагнітної хвилі, ніж ефективність окремого хвилевода. Додаткове послаблення випромінювання повз сотову конструкцію $L_{\text{дод}}$, дБ, для патрубків квадратної та прямокутної форми розраховується за формулою (1.29):

$$L_{\text{дод}} = 20 \lg \sqrt{n_k}, \quad (1.29)$$

де: n_k - кількість комірок на загальну площу сотового хвилеводу.

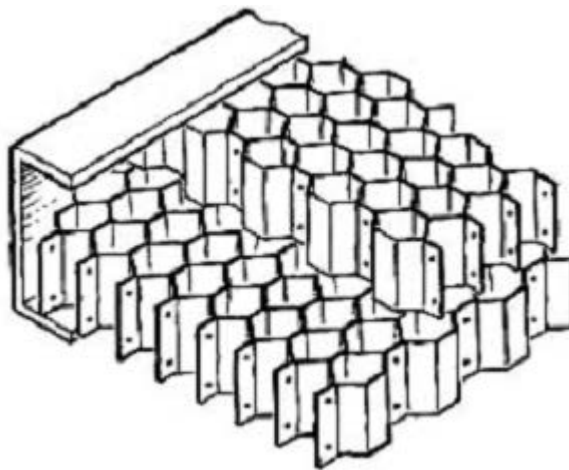


Рис. 1.19. Екран у вигляді сотової решітки.

Додаткове послаблення сотовим патрубком $L_{\text{дод}}$ має розраховуватись для заданої величини ослаблення під час визначення мінімальної необхідної довжини позамежного хвилевода за формулою (1.30):

$$l_c = \frac{L_{\text{необх}} - 20 \lg \sqrt{n_k}}{B_{\text{мін}}}, \quad (1.30)$$

де: l_c - довжина сотові решітки (рис. 1.17), м.

Вентиляційні отвори при закритті їх сотовими хвилеводами, забезпечують високу ефективність екранування при збереженні низького аеродинамічного опору для повітряного потоку.

1.9 Постановка задачі дослідження

Для ефективного екранування складових електромагнітного випромінювання при обладнанні екранованого приміщення необхідно вирішити наступні завдання:

1. Провести всебічний аналіз існуючих екрануючих матеріалів для екранування складових електромагнітного випромінювання;
2. Провести порівняльну оцінку характеристик основних екрануючих матеріалів;
3. Провести порівняльну оцінку існуючих методів екранування побічного електромагнітного випромінювання при обладнанні комунікаційних отворів в екранованому приміщенні;
4. Розробити методику підвищення ефективності екранування при проектуванні системи захисту приміщення від витоку інформації за електромагнітним каналом з обґрунтуванням вибору перспективних напрямів підвищення ефективності екранування електромагнітних випромінювань.

1.10 Висновок

Для забезпечення гарантованого захисту від витоку інформаційних сигналів за каналом побічних електромагнітних випромінювань необхідно

провести обмеження рівнів останніх до величин, менших ніж рівень навколишнього шуму, що зробить неможливим їх несанкціоновану фіксацію інформаційних сигналів за периметром захищуваного приміщення. Для цього необхідно впровадити низку заходів, а саме:

- розмістити апаратуру, що є джерелом очікуваного можливого витоку інформації за ЕМВ-каналом, у місцях, максимально віддалених від периметру контрольованої території для зменшення щільності створюваного апаратурою ЕМВ, що приходить на одиницю площі поверхні екрану приміщення;
- забезпечити надійне електромагнітне екранування периметру приміщень;
- використовувати переважно локальні системи, без виходу комунікаційних ліній за межі екранованої території для запобігання витоку інформації за наведеними на суміжні комунікаційні лінії сигналами;
- всі інформаційні кабелі та кабелі мережі живлення, що входять до екранованого приміщення, мають бути надійно екранованими для запобігання взаємного ЕМВ-впливу між ними, запобігання розповсюдження за ними наведених зовнішніх ЕМВ можливого витоку інформації;
- всі комутації в мережах живлення та заземлення робити в межах охоронюваної території для запобігання витоку інформації за наводками на мережі живлення і заземлення;
- необхідно встановити відсікаючі ЕМВ фільтри на кабелі мережі живлення в місці введення останніх в екрановане приміщення;
- проводити періодичні перевірки наявності можливих ЕМВ-каналів витоку інформації, використовуючи відповідну пошукову апаратуру: вимірювальні приймачі, селективні вольтметри, аналізатори спектру та інше спеціальне пошукове обладнання.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ЕКРАНУВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ ПРИ СТВОРЕННІ ЕКРАНОВАНОГО ПРИМІЩЕННЯ

2.1 Захист від витоку інформації за окремими каналами ЕМВ

Каналом витіку ЕМВ з контрольованої зони може бути лінія електромережі, від якої отримують живлення технічні засоби. Звичайно для створення каналу витоку інформації через мережу живлення використовують блоки живлення апаратури, що створюють ЕМВ високої частоти. Для проведення захисних заходів у даному випадку використовуються методи розведення ланцюгів живлення окремих технічних пристроїв.

Для запобігання витоку інформаційних ЕМВ за мережею живлення використовують спеціалізовані мережеві фільтри, перетворювачі напруги та інше подібне устаткування, що забезпечує захист електрообладнання екранованого приміщення від зайвих коливань ЕМХ в електромережі. Для більш серйозного захисту на контрольованій території встановлюють додаткові силові трансформатори, через які здійснюється передача електроенергії на екранований об'єкт. Таким чином можна забезпечити найбільш надійний захист від витоку інформації за технічним каналом електроживлення.

Лінія заземлення теж може працювати каналом витоку інформаційних ЕМВ. Для запобігання можливого витоку інформації через лінію заземлення, важливо правильно обладнати лінії заземлення в екранованому приміщенні та забезпечити підключення обладнання до неї радіальним методом. Прокладання лінії заземлення поза контролюємою територією проводиться на глибині понад півтора метра. На контрольованій території об'єкту інформаційної діяльності лінії заземлення необхідно встановлювати з урахуванням забезпечення можливості їх регулярних перевірок на цілісність та наявність несанкціонованих підключень.

Лінії передачі інформації можуть створювати взаємний електромагнітний вплив одна на одну. Первинне електромагнітне поле, створюване одними

ланцюгами інформаційної мережі, чинить вплив на інші ланцюги мережі. Окрім прямого взаємного впливу між ланцюгами мережі, існує ще непрямий вплив, виникаючий за рахунок відбиття сигналів в лініях зв'язку. Ці впливи бувають систематичними та випадковими.

Систематичні впливи виникають між лініями зв'язку однакового типу, розташованих поруч в надземному просторі. Випадкові впливи є непередбачуваними. Результатом небажаного ЕМВ-впливу може бути створення технічного каналу витоку інформації за побічними ЕМВ, якого в подальшому може бути використано технічною розвідкою конкурентів. Причиною збільшення небажаного випромінювання ЕМХ також можуть бути пошкодження механічно або корозійно кабелів, що дуже часто відбувається на практиці.

Для захисту бляднання інформаційних мереж слід вжити наступних заходів, а саме:

- впровадження систем передачі інформації лініями зв'язку з мінімальними показниками внутрішнього взаємного впливу. Питання відсутності взаємного впливу повністю вирішується при використанні виключно волоконно-оптичних ліній зв'язку. Також взаємний вплив майже відсутній при використанні екранованих коаксіальних кабелів зв'язку;
- для зв'язку використовувати симетричні лінії, що забезпечують компенсацію випромінювання власних ЕМВ;
- забезпечити додаткове екранування електричних кіл гнучкими або жорсткими екранами для забезпечення зменшення рівню взаємодії між сусідніми електричними колами завдяки поглинанню небажаного ЕМВ в тілі екрана;

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

Принцип низькочастотного екранування полягає в проходженні силових ліній магнітного поля побільшості в тілі екрана. При високочастотному екрануванні електромагнітне поле створює у поверхні екрану вихрові струми, які, в свою чергу, створюють електромагнітне поле зворотного напрямку, що приводить до взаємної компенсації полів. Для високочастотних екранів використовують метали з високою питомою електропровідністю – мідь, алюміній, латунь.

Для виготовлення низькочастотних екранів застосовуються метали з високими показниками магнітної проникності - сталь, залізо, нікель, пермалой [43]. Головним недоліком при екрануванні ЕМВ низьких частот є великі значення товщини екрануючого матеріалу, необхідні для забезпечення ефективного зменшення рівню електромагнітних випромінювань на НЧ. З ростом частоти значення магнітної проникності металів – парамагнетиків зменшується відносно її початкового значення, [43], тому ефективність екранування вищеприведених металів визначається у діапазоні від одиниць Гц до 100 КГц.

Основним фактором, від якого залежить якість екрана, виступають радіофізичні властивості екрануючого матеріалу та його конструкційні особливості. Для проведення розрахунків електромагнітних екранів використовується спрощене представлення їх форми у вигляді сфери, циліндра, плоскопаралельного листа. При такій заміні конструкції не відбувається значних відхилень розрахункової ефективності від реальної, тому що вагомою причиною, обмежуючою досягнення високих показників ефективності екранування, є наявність в екрані технологічних отворів (дверні та віконні отвори, канали вентиляції та кондиціонування, канали ввода магістралей опалення та водопостачання, кабельні канали ввода/вивода інформаційних кабелів та кабелів мережі електроживлення), що забезпечують комунікацію екранованого приміщення з зовнішнім середовищем, створюють при цьому можливість витоку інформації за каналом ЕМВ, [44].

2.2 Причини створення електричних каналів витоку інформації

Електричні канали витоку інформації створюються за рахунок:

- наведення ЕМВ технічних засобів передачі інформації (ТЗПІ) на комунікаційні лінії ДТЗС і сторонні кабелі, що виходять за межі екранованої зони;
- просочення інформаційних сигналів колами електроживлення ТЗПІ;
- просочення інформаційних сигналів колами заземлення ТЗПІ.

Ефект наведення ЕМВ ТЗПІ виникає під час випромінювання інформаційних сигналів елементами ТЗПІ (та їх з'єднувальними лініями), а також за наявності електричного зв'язку комутаційних ліній ТЗПІ з сторонніми лініями ДТЗС. Рівень наведених сигналів, залежить від потужності випромінюваних сигналів, відстані до провідників наведення, та довжини спільного проходження ліній з'єднання ТЗПІ з сторонніми провідниками. Відстань навколо ТЗПІ, в межах якої відбувається наведення інформаційних сигналів на випадкові антени вище нормованого рівня, іменується небезпечною зоною 1. Роль випадкових антен виконують ланцюги ДТЗС або інші сторонні провідники, що здатні приймати ПЕМВ. Випадкові антени бувають зосередженого та розподіленого типів. Зосереджена випадкова антена є компактним технічним засібом з подвійним призначенням (-телефонний апарат, радіотрансляційний гучномовець, і т.п.). Розподіленими випадковими антенами є випадкові антени, маючі розподілені параметри, а саме: дроти, кабелі, металеві труби та ін.

Причиною проходження інформаційних сигналів у кола електроживлення апаратури є наявність магнітного зв'язку вихідного трансформатору НЧ-підсилювача сигналів з трансформатором блока живлення апаратури. Зокрема, струми підсилюваних інформаційних сигналів замикаються повз джерело електроживлення приладу, створюючи на внутрішньому опорі останнього падіння напруги певної величини, яке (за недостатнього рівню фільтрації) може бути зафіксоване в лінії електроживлення за допомогою відповідної апаратури знаття інформації. Інформаційні сигнали проникають в кола електроживлення

приладів також в результаті прямої залежності середнього рівню споживаного струму кінцевими каскадами підсилювачів від амплітуди підсилюваного інформаційного сигналу, що є причиною зміни струму навантаження блоку живлення за законом зміни підсилюваного інформаційного сигналу.

Поряд з провідниками забезпечення безпосереднього підключення ТЗПІ к контуру заземлення екранованого приміщення, електричний зв'язок з землею можуть забезпечувати інші провідники, які виходять за межі контрольованої зони. Ними є: нульова шина мережі електроживлення, металеві оболонки екранів сигнальних та силових кабелів, металеві труби опалення та водопостачання, сталева арматура залізобетонних конструкцій і т.п. Перераховані вище провідники поряд з пристроєм заземлення утворюють розгалужену систему заземлення, на яку можливе наведення інформаційних сигналів. Виникаюче в оточуючому заземлюючий пристрій ґрунті електромагнітне поле також є джерелом витоку інформації. Перехоплення сигналів з інформаційним вмістом в електричних каналах витоку здійснюється методом безпосереднього підключення до комунікаційних ліній ДТЗС та інших провідників, що проходять через приміщення розміщення ТЗПІ, а також підключення до систем електроживлення ТЗПІ та її заземлення, для чого задіюються спеціальні засоби та використовується апаратура радіотехнічної розвідки. Типові схеми здійснення електричних каналів витоку інформації представлені на рис. 2.1, рис. 2.2.

Також дуже поширене несанкціоноване видобування інформації з застосуванням "апаратних закладних пристроїв" – електронних приладів перехоплення інформаційних сигналів кіл апаратури обробки інформації, з функціями міні-радіопередавачів ЕМВ яких модулюється за законом зміни видобутих інформаційних сигналів.

Закладні пристрої монтуються у різноманітні прилади, що використовуються у приміщеннях безпосереднього розміщення апаратури обробки інформації. Інформація, видобута за допомогою вищезначених закладних пристроїв, передається по радіоканалу в реальному часі, або

попередньо записується на спеціальний регістратор з наступною ініціацією передачі по радіоканалу за командою зовнішнього керуючого об'єкту збору перехопленої інформації.

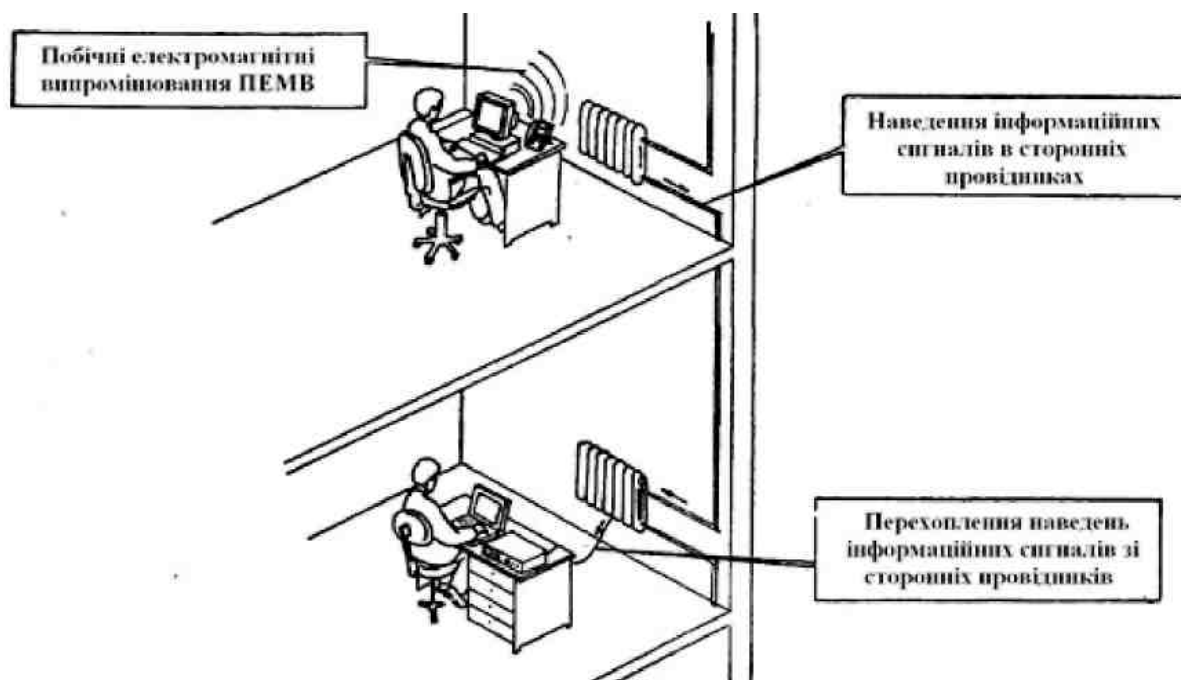


Рисунок 2.1 Реєстрація наведень інформаційних сигналів на з'єднувальних лініях ДТЗС і сторонніх провідниках.

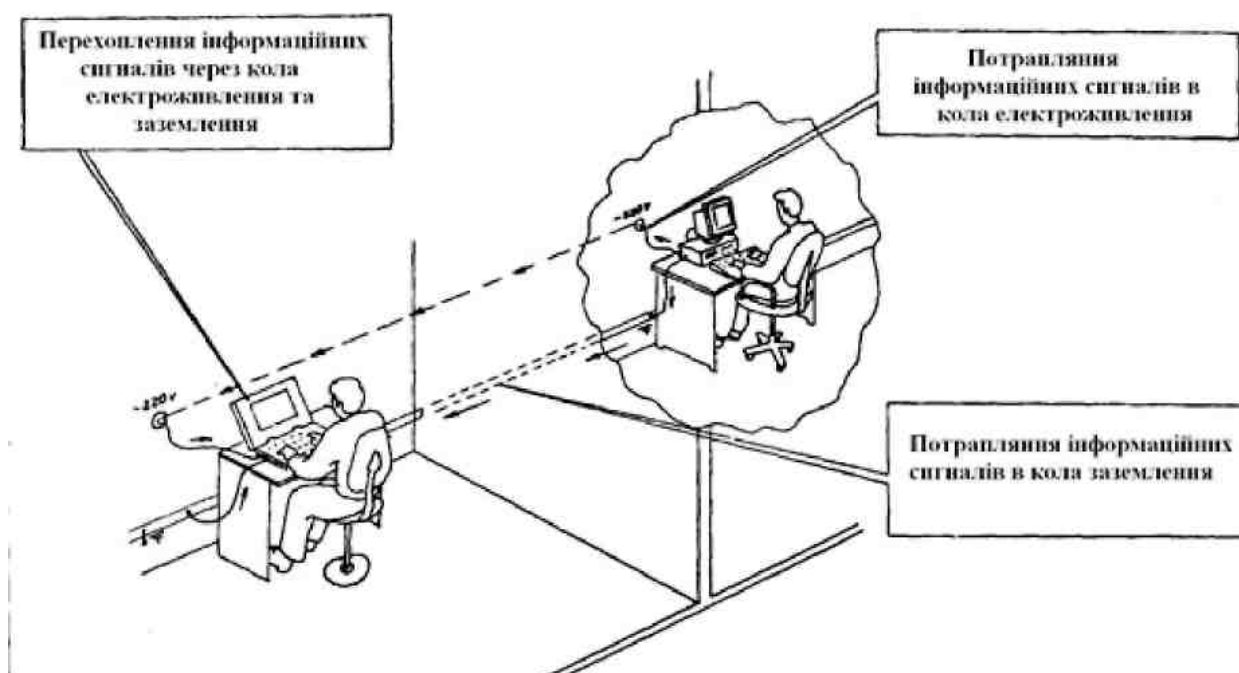


Рисунок 2.2. Реєстрація наведень інформаційних сигналів на колах електроживлення та заземлення.

2.3 Методи розрахунку коефіцієнтів екранування екрануючих матеріалів

При проведенні розрахунків електромагнітних екранів звичайно використовується метод заміни реальної конструкції екрану на плоскопаралельну. Плоскопаралельний екран розраховується за відношенням тангенціальних складових електричного і магнітного полів ЕМВ. Ефективність екранування визначають коефіцієнтом проходження складових ЕМВ через екрануючий шар, який є відношенням амплітуд хвилі, що пройшла через екран, і хвилі, що падає на поверхню екрана. Для випадку вакууму по обидва боки екрана, коефіцієнт проходження D описує рівняння, [20] (2.1):

$$D = \frac{4 \cdot Z_m}{(1 + Z_m)^2 \cdot e^{-i\lambda d} - (1 - Z_m)^2 \cdot e^{i\lambda d}}, \quad (2.1)$$

$$Z_m = \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}, \quad (2.2)$$

де D - коефіцієнт проходження хвилі;

d - товщина екрана, м;

μ - магнітна проникливість матеріалу;

ε - діелектрична проникливість матеріалу;

λ - довжина хвилі у вільному просторі, м.

При комплексних значеннях діелектричної і магнітної проникностей матеріалу - теоретичний аналіз наведеного виразу досить складний. Тому загальний коефіцієнт ефективності екранування екранів розраховується за формулами визначення коефіцієнтів екранування за поглинанням і відбиттям падаючої електромагнітної хвилі (ЕМХ) екраном.

Загальний коефіцієнт ефективності екранування визначається за формулою, [42] (2.3):

$$S = \frac{1}{ch(k_m \cdot d)} + \frac{1}{1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{Z_\partial}{Z_m} \cdot th(k_m \cdot d)}, \quad (2.3)$$

$$k_m = \sqrt{j\omega\mu\sigma}, \quad (2.4)$$

$$Z_\partial = j\omega\mu_\partial \frac{l}{2}, \quad (2.5)$$

$$Z_M = \sqrt{\frac{j\omega\mu_M}{\sigma}}, \quad (2.6)$$

де S - коефіцієнт екранування;

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 (2.3) складається з двох частин (2.7):

$$S = S_e + S_n, \quad (2.7)$$

$$\text{де: } S_e = \frac{1}{1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{Z_D}{Z_M} \cdot \text{th}(k_M \cdot d)} \quad - \text{ екранування відбиттям, дБ}; \quad (2.8)$$

$$S_n = \frac{1}{\text{ch}(k_M \cdot d)} \quad - \text{ екранування поглинанням, дБ}; \quad (2.9)$$

Амплітуда електромагнітного випромінювання, з поглибленням ЕМВ у тіло електропровідного екрану, зменшується, що отримало назву скін-ефекта. Біля поверхні провідника значення об'ємної щільності струму максимальне. Щільність струму зменшується по мірі віддалення від поверхні екрану і на глибині δ стає меншою в e раз. Основний струм зосереджується в поверхневому шарі товщиною δ , що є товщиною скін-шару (2.10):

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot \mu_0 \cdot \mu \cdot \sigma}}, \quad (2.10)$$

де: δ – товщина скін-шару матеріалу екрана, м;

σ – питома провідність матеріалу екрана, См/м;

μ – магнітна проникність матеріалу екрана;

μ_0 – магнітна стала;

f – частота, Гц.

Базові характеристики основних екрануючих матеріалів приведені в табл.2.1, [41].

Таблиця 2.1. Питома провідність та магнітна проникність екрануючих металів.

Метал екрану	Питома провідність σ	Магнітна проникність μ
Алюміній	$3,7 \cdot 10^7$	1.000022
Залізо *	$1.01 \cdot 10^7$	1400
Латунь	$1.58 \cdot 10^7$	1.000012
Мідь	$5.81 \cdot 10^7$	0.999994
Нікель	$1.37 \cdot 10^7$	1120
Пермаллой	$5 \cdot 10^6$	8000
Сталь електротехнічна	$8.3 \cdot 10^6$	4000

*Магнітна проникність заліза суттєво залежить від ступеня хімічної чистоти і умов механічної обробки. Залізо найвищого ступеня чистоти володіє значенням $\mu \approx 1400$.

Ефективна магнітна проникності $\mu_{f_{ef}}$ металів має частотну залежність. За низького рівню напруженості магнітного поля H , значення магнітної проникності $\mu_{f_{ef}}$ знаходиться за формулами (2.11, 2.12, 2.13):

$$\mu_{f_{ef}} = \frac{\mu_a}{p} \cdot \frac{\operatorname{sh} p + \sin p}{\operatorname{ch} p + \cos p}, \quad (2.11)$$

$$\mu_a = \mu_0 \cdot \mu, \quad (2.12)$$

$$p = 2\pi \cdot d \sqrt{\mu_a f \sigma / 10^3}, \quad (2.13)$$

де: d – товщина екрануючого матеріала, м;

σ – питома провідність матеріалу екрана, См/м;

μ – магнітна проникність матеріалу екрана;

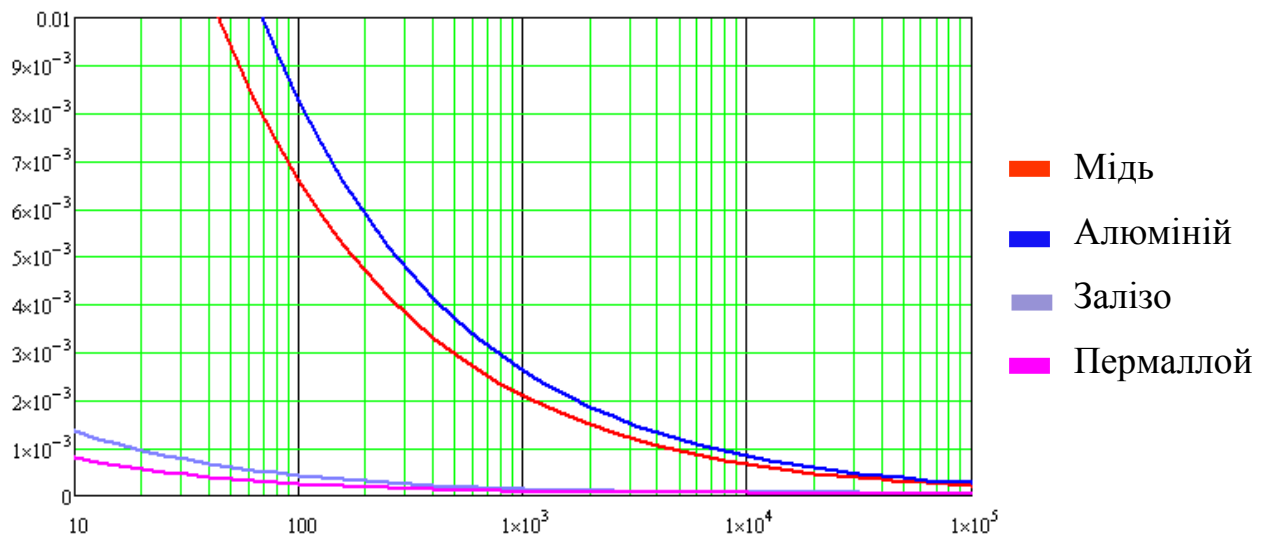
μ_0 – магнітна стала;

f – частота, Гц.

Розрахунки товщини скін-шару δ , (м) екрануючих матеріалів за формулами (2.10 – 2.13) для частотного діапазона 100 Гц ... 100 кГц наведено в табл.2.2. Додатково на графіку (рис. 2.3.) зображено залежність товщини скін-шару від частоти для екранів з міді, алюмінію, заліза та пермалою.

Таблиця 2.2. Товщина скін-шару δ , м екрануючих матеріалів.

Метал екрану	100 Гц	10^3 Гц	10^4 Гц	10^5 Гц
Алюміній	$8.274 \cdot 10^{-3}$	$2.616 \cdot 10^{-3}$	$8.274 \cdot 10^{-4}$	$2.618 \cdot 10^{-4}$
Залізо	$4.233 \cdot 10^{-4}$	$1.349 \cdot 10^{-4}$	$6.272 \cdot 10^{-5}$	$3.872 \cdot 10^{-5}$
Латунь	$1.3 \cdot 10^{-2}$	$4.004 \cdot 10^{-3}$	$1.266 \cdot 10^{-3}$	$4.004 \cdot 10^{-4}$
Мідь	$6.603 \cdot 10^{-3}$	$2.088 \cdot 10^{-3}$	$6.603 \cdot 10^{-4}$	$2.091 \cdot 10^{-4}$
Нікель	$4.063 \cdot 10^{-4}$	$1.297 \cdot 10^{-4}$	$6.221 \cdot 10^{-5}$	$3.794 \cdot 10^{-5}$
Пермаллой	$2.518 \cdot 10^{-4}$	$8.45 \cdot 10^{-5}$	$5.357 \cdot 10^{-5}$	$2.987 \cdot 10^{-5}$
Сталь електротехнічна	$2.763 \cdot 10^{-4}$	$9.113 \cdot 10^{-5}$	$5.585 \cdot 10^{-5}$	$3.129 \cdot 10^{-5}$

Рисунок 2.3 Залежність товщини скін-шару металів в діапазоні $f = 10 \dots 10^5$ Гц

2.3.1. Коефіцієнт ефективності екранування методом поглинання ЕМВ.

Розрахунок коефіцієнтів ефективності екранування поглинанням екрануючих матеріалів проведено за формулами (2.14, 2.15):

$$S_n = \frac{1}{ch(\sqrt{2 \cdot \pi \cdot f \cdot \mu_{ef} \cdot \sigma \cdot d})}, \quad (2.14)$$

$$K_{n_{\text{дБ}}} = 20 \cdot \lg(1/S_n), \quad (2.15)$$

де: S_n – коефіцієнт поглинання екрануючого матеріала, рази;

d – товщина екрануючого матеріала, м;

σ – питома провідність матеріалу екрана, См/м;

μ_{ef} – ефективна магнітна проникність матеріалу екрана;

f – частота, Гц;

$K_{n_{\text{дБ}}}$ – коефіцієнт ефективності екранування поглинанням, дБ.

Розрахунки коефіцієнтів ефективності екранування поглинанням електромагнітних хвиль екрануючими матеріалами для частотного діапазону 100 Гц ... 1 МГц наведено в табл.2.3. Додатково на графіку (рис.2.4) зображено частотну залежність коефіцієнтів ефективності екранування поглинанням електромагнітних хвиль екрануючими матеріалами товщиною 0.001 м. для частотного діапазону 100 Гц ... 100 МГц для екранів з міді, алюмінію, заліза та пермаллою.

Таблиця 2.3. Коефіцієнти ефективності екранування поглинанням, дБ.

Метал екрану ($d = 0.001 \text{ м}$)	100 Гц	10^3 Гц	10^4 Гц	10^5 Гц	10^6 Гц
Алюміній	0.126	1.211	9.105	40.9	134.924
Залізо	23.01	85.016	189.844	311.203	557.914
Латунь	0.054	0.531	4.565	24.662	90.02
Мідь	0.198	1.856	12.702	52.728	159.689
Нікель	24.218	88.678	191.488	317.723	569.554
Пермаллой	42.761	139.357	223.291	405.254	725.34
Сталь електротехнічна	38.431	128.766	213.939	386.534	692.053

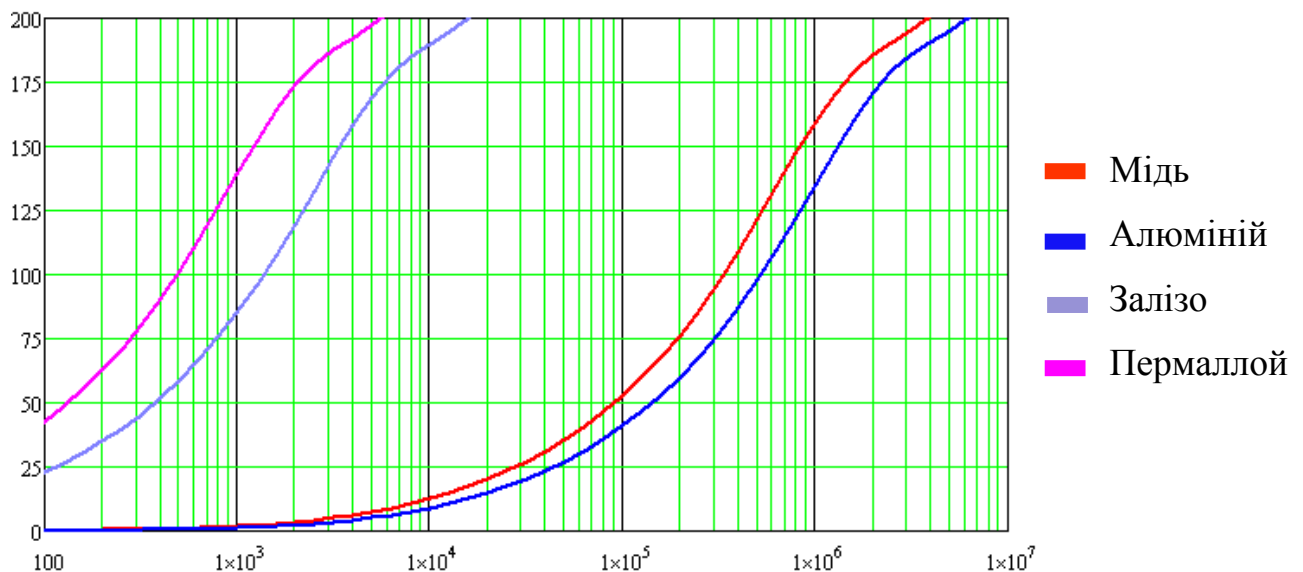


Рисунок 2.4 Коефіцієнти екранування поглинанням електромагнітних хвиль металом екрана для діапазона частот $f = 10^2 \dots 10^7$ Гц, (товщина екрана $d = 0.001 \text{ м}$), (дБ).

2.3.2 Коефіцієнт ефективності екранування методом відбиття ЕМВ

Розрахунки коефіцієнтів ефективності екранування відбиттям екрануючих матеріалів виконано за формулами (2.16, 2.17):

$$S_e = \frac{1}{1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot f \cdot \mu_0 \cdot \mu_d \cdot l/2}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot f \cdot \mu_{ef} / \sigma}} \cdot th(\sqrt{2 \cdot \pi \cdot f \cdot \mu_{ef} / \sigma} \cdot d)}, \quad (2.16)$$

$$K_{e_{дБ}} = 20 \cdot \lg\left(\frac{1}{S_e}\right), \quad (2.17)$$

де: S_e - коефіцієнт відбиття екрануючого матеріала, рази;

d - товщина екрануючого матеріала, м;

σ – питома провідність матеріалу екрана, См/м;

μ_0 – магнітна стала;

μ_d – відносна магнітна проникність повітря;

μ_{ef} – ефективна магнітна проникність матеріалу екрана;

f – частота, Гц;

l – відстань між стінками екрана, м.

$K_{e_{дБ}}$ – коефіцієнт ефективності екранування відбиттям, дБ.

Розрахунки коефіцієнтів ефективності екранування відбиттям електромагнітних хвиль екрануючими матеріалами для частотного діапазону 100 Гц ... 1 МГц наведено в табл.2.4.

Таблиця 2.4. Коефіцієнти ефективності екранування відбиттям, дБ.

Метал екрану ($d = 0.001$ м)	100 Гц	10^3 Гц	10^4 Гц	10^5 Гц	10^6 Гц
Алюміній	0.031	0.285	1.584	4.485	10.239
Залізо	0.0026	0.0083	0.038	0.234	1.24
Латунь	0.013	0.129	0.927	3.172	7.641
Мідь	0.049	0.423	2.01	5.333	12.054
Нікель	0.0034	0.011	0.052	0.31	1.613
Пермаллой	0.00076	0.0026	0.016	0.09	0.495
Сталь електротехнічна	0.0014	0.0046	0.028	0.156	0.843

Додатково на графіку (рис. 2.5.) зображено коефіцієнти ефективності екранування відбиттям електромагнітних хвиль у частотному діапазоні 10 КГц ... 10 ГГц для екранів з міді, алюмінію, заліза, пермаллою, (дБ).

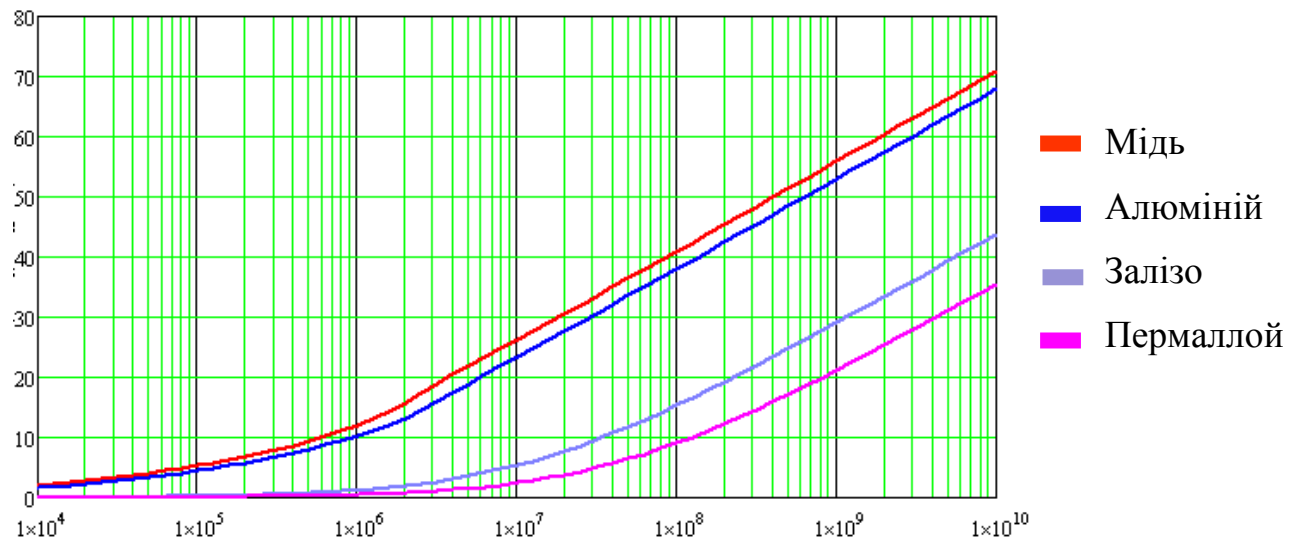


Рисунок 2.5 Коефіцієнти екранування відбиттям електромагнітних хвиль від поверхні металів у діапазоні частот $f = 10^4 \dots 10^{10}$ Гц, (товщина екрана $d = 0.001$ м), (дБ).

Загальні коефіцієнти ефективності екранування електромагнітних хвиль у частотному діапазоні 100 Гц ... 1 МГц, розраховані за формулою (2.18) приведені в табл.2.5.

$$K_{\text{екр_дБ}} = K_{n_дБ} + K_{\text{в_дБ}}, \quad (2.18)$$

Таблиця 2.5. Загальні коефіцієнти ефективності екранування, (дБ).

Метал екрану ($d = 0.001$ м)	100 Гц	10^3 Гц	10^4 Гц	10^5 Гц	10^6 Гц
Алюміній	0.158	1.496	10.69	45.386	145.163
Залізо	23.013	85.024	189.883	311.437	559.155
Латунь	0.068	0.66	5.492	27.834	97.662
Мідь	0.247	2.28	14.712	58.061	171.742
Нікель	24.221	88.689	191.488	318.032	571.167
Пермаллой	42.762	139.359	223.307	405.344	725.835
Сталь електротехнічна	38.432	128.771	213.967	386.69	692.896

2.3.3 Порівняльна оцінка основних матеріалів для виготовлення екранів за екрануючими характеристиками

Результати розрахунків залежності від частоти екрануючої спроможності основних екрануючих матеріалів для виготовлення екранів приведено в таблицях (таблиці 2.2. --- 2.5.) та у графічному вигляді (рис. 2.3. --- 2.5.).

Аналізуючи одержану в розрахунках інформацію, бачимо значну розбіжність між екрануючими властивостями діамагнетиків (алюміній, мідь, латунь) та парамагнетиків (залізо, нікель, електротехнічна сталь, пермалой).

Діамагнетики мають значну електропровідність та низьке значення магнітної проникності ($\mu \approx 1$), відповідно – мають велике значення товщини скін-шару на низьких частотах (таблиця 2.2.). Оскільки *на низьких частотах* екранування виконується в основному *методом поглинання* електромагнітної хвилі матеріалом екрану, виконання екранів з діамагнетиків приведе до необхідності використання екрануючого шару значної товщини, та відповідно, до збільшення ваги та вартості екрану.

Парамагнетики мають нижчі показники електропровідності та велике значення початкової магнітної проникності ($\mu > 1000$). Розраховані значення товщини скін-шару парамагнетиків навіть на низьких частотах значно менші (- за аналогічні показники діамагнетиків), що дозволяє досягти значних коефіцієнтів екранування *методом поглинання* електромагнітної хвилі матеріалом екрану за незначної товщини екрануючого матеріалу, відповідно зменшуючи масу та вартість виготовлення останнього.

Екрануюча спроможність металічних екранів методом відбиття електромагнітної хвилі залежить від значення провідності матеріалу виготовлення екрана. Провідність діамагнетиків (мідь, алюміній) значно вища за провідність парамагнетиків (залізо, пермаллой). На частотах до 1 МГц навіть виконані з діамагнетиків екрани мають незначні коефіцієнти екранування методом відбиття ЕМХ. Але на високих частотах екрануюча спроможність методом відбиття електромагнітних хвиль у діамагнетиків значно перевищує

аналогічні показники для парамагнетиків, що дозволяє виконувати екрани з діамагнетиків товщиною $10^{-3} \dots 10^{-5}$ м з достатніми показниками екранування для частот вище за 100 МГц. До того ж діамагнетики забезпечують ефективне екранування за методом відбиття ЕМВ вузлів апаратури в надвисокочастотному діапазоні з малими втратами. Парамагнетики зберігають значну екрануючу спроможність методом поглинання електромагнітних хвиль в тілі екрану, але, враховуючи суттєво менше значення провідності, значне зменшення з зростанням частоти ЕМХ значення μ_{ef} та зростання з збільшенням частоти ЕМХ втрат на гістерезисні явища, парамагнетики не застосовуються для екранування за методом відбиття ЕМХ на високих частотах.

Вище наведені доводи дозволяють зробити висновок щодо доцільності використання для захисту від витоку інформації за електромагнітним каналом екранування периметру приміщення суцільним екраном, виготовленим з конструкційного заліза або електротехнічної сталі, які мають:

- достатньо високий екрануючий коефіцієнт (методом поглинання) навіть на частотах звукового діапазону за малої товщини тіла екрана;
- переваги над іншими матеріалами за технологічністю монтажних робіт, що виконуються методом зварювання;
- доступність та відносно-невисоку вартість екрануючого матеріала.

2.4 Використання сітчастих екранувальних матеріалів

Екрани з металевих сіток технологічно зручніші у використанні за суцільні листові екрани. Екрануючі сітчасті матеріали виготовляються тканим методом з металевого дроту: міді, латуні, нержавіючої сталі, молібдену. Використання металевих сіток суттєво спрощує забезпечення захисту вентиляційних та інших отворів від просочення ЕМВ за периметр екрануємого приміщення. Основні технічні параметри сітчатих екранів:

- крок екранної сітки (відстані між сусідніми центрами дроту);
- діаметр дроту виконання сітки екрана;
- питома провідність металічного матеріалу сітки.

Коефіцієнт екранування ЕМВ сітчастим екраном $K_{\text{екр}}$, (дБ) можна визначити за формулою (2.19), [40]:

$$K_{\text{екр}} = 10 \cdot \lg \frac{1 + 4 \cdot \left(\frac{\delta_c}{\lambda} \cdot \ln \frac{\delta_c}{2\pi r_0} \right)^2}{(1 - \cos\beta)^2 + 4 \cdot \left(\frac{\delta_c}{\lambda} \cdot \ln \frac{\delta_c}{2\pi r_0} \right)}, \quad (2.19)$$

де: δ_c – крок сітки, м;

r_0 – радіус дроту, м;

β – кут падіння ЕМВ на сітку.

Під час досліджень екрануючої ефективності сітчастих екранів встановлені наступні закономірності, [35]:

- при виконанні сітки з одного матеріалу та кроці сітки $\delta_c = \text{const}$, сітка, виконана з товстого дроту радіусом r_0 ефективніше сітки, виконаної з тонкого дроту в діапазонах низьких ($\delta_c > 2r_0$) і високих ($\delta_c \ll 2r_0$) частот;

- розріджені сітки з однорідного металу, при $\delta_c / r_0 = \text{const}$, більш ефективні на низьких частотах, ніж густі, але з ростом частоти їх ефективність знижується. Цей феномен пояснюється наступним: на низьких частотах основний вплив на ефективність має значення активного опору дроту виконання сітки, а на високих частотах основний вплив чинить його індуктивність з малою залежністю від r_0 ;

- за умови однакових δ_c і r_0 , на низьких частотах екрануюча спроможність мідних сіток вище за екрануючу спроможність сталевих тому, що питома провідності міді вища ніж у сталі, але з підвищенням частоти ця відмінність зменшується;

- необхідною умовою ефективності роботи сітчастих екранів є наявність надійного електричного контакту між окремими ділянками сітчастого екрану, тому для нормальної роботи екрану слід забезпечувати надійний електричний контакт в місцях з'єднань окремих частин сітки, бажано методом пайки.

Перелік сітчастих екрануючих матеріалів:

- сітка з сталі тканина ДСТ 3826-47, № 0,4; 0,5; 0,7; 1,0; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,5;
- сітка з сталі плетена ДСТ 5336-50, № 3; 4; 5; 6;
- сітка з латуні (марка Л-80) ДСТ 6613-53, № 0.25, 0.5; 1.0; 1.6; 2.0; 2.5; 2.6.

Єкранувальні властивості металевих сіток:

- низьковуглецева луджена сталева сітка (вікно 2.5х2.5 мм), дає затухання до 60 дБ, така ж подвійна сітка (100 мм між сітками) - до 90 дБ;
- одинарна мідна сітка (вікно 2.5х2.5 мм), забезпечує затухання до 70 дБ.

Розміри вентиляційних отворів екрану мають бути не більше 0.1 від найменшої довжини хвилі, що екранується. На високих частотах необхідний малий розмір отворів може значно погіршити ефективність вентиляції.

Основними недоліками екранів з металевих сіток порівняно з екранами з листових металів - є суттєве зниження екрануючого ефекту сітчастих екранів з підвищенням частоти та порівняно високий знос, що обмежують їх застосування у галузі екранування ЕМВ.

2.5 Збільшення ефективності екранування ЕМВ на низьких частотах

Основними джерелами низькочастотних ЕМВ є:

- випромінювання ЕМВ лініями мережі електроживлення;
- випромінювання ЕМВ звукового діапазону частот лініями зв'язку потужних підсилювачів низької частоти з гучномовцями системи відтворення мовної інформації;
- випромінювання ЕМВ електромагнітними системами гучномовців;
- випромінювання ЕМВ низькочастотного діапазону осереддями трансформаторів звукових та промислових частот.

Головною особливістю означених вище джерел випромінювання ЕМВ є значні струми низької (від 0 до 10 КГц) частоти, що проходять по кабелях та є причиною індукції навколо кабелів, що виконують роль магнітних антен, електромагнітних полів з значною перевагою магнітної складової випромінювання ближньої зони.

Екранування низьких частот базується на двох фізичних принципах: поляризації та намагнічення матеріалу конструкції екрана. Зовнішнє низькочастотне електричне поле компенсується полем, створеним за рахунок поляризації зарядів в металевій стінці екрана, [29]. Товщина стінок екрану може бути малою завдяки високій рухливості електронів в металі тіла екрана.

Ослаблення низькочастотних компонент магнітного поля досягається застосуванням в якості екрана магнітом'яких матеріалів, маючих високу магнітну проникність ($\mu \gg 1$). Товщина застосованих для екранування матеріалів повинна обиратись достатня для проходження силових ліній магнітного поля переважно стінками екрана, маючих мінімальний реактивний опір магнітному полю. Силкові лінії магнітного поля, створеного провідником з протікаючим струмом, зтикаючись з екраном, що має менший магнітний опір за повітря, проходять по стінках матеріала екрана і замкнені ними доходять до простору за екраном в значно зменшеній кількості.

При побудові екранів важливо враховувати відмінність хвильових імпедансів на границі розділу середовищ. Повний хвильовий опір середовища є характерним параметром при розповсюдженні електромагнітних хвиль в ньому, [31], (1.23):

$$Z = \frac{E}{H}, \quad (1.23)$$

де: Z – імпеданс середовища, повний хвильовий опір, Ом.

За великої різниці імпедансів матеріалу екрану та хвилі, падаючої на екран, велика частка енергії останньої відбивається від поверхні екрану. Решта енергії хвилі, що проходить повз границю, буде зменшуватись, частково, або повністю поглинаючись матеріалом екрану.

Відбиття електричної та магнітної компонент поля мають різні характери, [31].

Відбиття електричної компоненти поля відбувається в основному під час переходу з середовища з високим імпедансом в середовище з низьким

імпедансом, (на першому кордоні), бо повітря має високий імпеданс, а металева стінка екрану – низький імпеданс. Це приводить до відбиття значної кількості енергії електричного поля від поверхні металевого екрану.

Для магнітної компоненти поля перша стінка металевого екрану представляє собою майже узгоджене навантаження, що сприяє майже повному проходженню енергії хвилі повз передню стінку всередину екрану з наступним її поглинанням екрануючим матеріалом. Відбиття магнітної компоненти поля відбувається в момент переходу хвилі із середовища з низьким імпедансом (металу) у середовище з високим значенням імпедансу (повітря), на межі виходу (друга стінка екрану), [32]. Тому важко виконати екран для магнітного поля, працюючий методом відбиття хвилі першою зовнішньою поверхнею екрану. В тілі екрану хвиля може мати багаторазове відбиття, втратами на яке можна знехтувати, якщо вони не більше за 10 дБ, [31].

Головні вимоги, щодо магнітостатичних екранів:

- матеріал екрану повинен мати якомога більшу магнітну проникність μ , тому екрани виготовляють з магнітом'яких матеріалів, що мають високу магнітну проникність (електротехнічна сталь, пермалой);
- ніж більша товщина стінок екрану, тим вища ефективність екранування, але існують певні конструктивні обмеження за масою і габаритами екрану;
- конструктивні стики, шви в поверхні екрану слід орієнтувати паралельно лініям магнітної індукції магнітного поля;
- ефективність магнітостатичного екранування не залежить від якості заземлення екрану;
- при застосуванні багатошарових екранів ефективність магнітостатичного екранування збільшується.

З вищевикладеного випливає наступна рекомендація:

- При екрануванні низькочастотних (переважно звукового діапазону) ЕМВ необхідно використовувати екрани збільшеної товщини або подвійні екрани, що веде до істотного збільшення загальної ваги (та вартості) матеріалу

виконання екрану екранованого приміщення. Тому перед проектуванням електромагнітного екрану приміщення слід провести ретельне обстеження наявних при роботі апаратури рівнів низькочастотних ЕМВ, за результатами якого приймається рішення щодо доцільності додаткового окремого (місцевого) екранування джерел випромінювання низькочастотних ЕМВ.

Ця рекомендація вирішує питання як надійності захисту інформації від витіку за низькочастотними компонентами ЕМВ, так і зменшить загальний кошторис виконання екранування приміщення, (для захисту від ЕМВ на високих частотах товщина загального екрану приміщення буде меншою).

2.6 Екрануючі властивості будівельних конструкцій приміщення

Таблиця 2.6. Екрануючі коефіцієнти будівель з різного матеріалу з урахуванням наявних віконних прорізів.

Тип будівлі	Коефіцієнт екранування, дБ, в залежності від f		
	100 МГц	500 МГц	1000 МГц
Віконні прорізи 30% від площі стін, без ґрат			
Дерев'яне, з товщиною стін 20 см	5...7	7...9	9...11
Цегельне, з товщиною стін 1,5 цеглини	13...15	15...17	16...19
Залізобетонне, з вічком арматури 15 x 15 см і товщиною стін 160 мм	20...25	18...19	15...17
Віконні прорізи 30% від площі стін, закриті металевою решіткою з вічком 5 x 5 см.			
Дерев'яне, з товщиною стін 20 см	6...8	10...12	12...14
Цегельне, з товщиною стін 1,5 цеглини	17...19	20...22	22...25
Залізобетонне, з вічком арматури 15 x 15 см і товщиною стін 160 мм	28...32	23...27	20...25

При розрахунках необхідної величини коефіцієнта екранування приміщення слід враховувати екранувальні властивості будівельних матеріалів побудови захищуваного приміщення. Будівельні споруди без будь-яких заходів захисту додатково послаблюють електромагнітні поля на 6...10 дБ. Споруди з залізобетону, маючи зварену сталеву арматуру, можуть забезпечити послаблення ЕМВ до 25...30 дБ. Екрануючі коефіцієнти будівель з різного матеріалу з урахуванням наявних віконних прорізів приведені в табл.2.6.

Ефективність екранування ЕМВ залізобетонними стінами будівель на частотах 100...500 МГц пояснюється наявністю екрануючого ефекту арматури в тілі залізобетону. Теж саме стосується металевих ґрат на віконних прорізах. Але на частотах вище 1000 МГц коефіцієнт екранування знижується внаслідку того, що крок арматури (15 см.) в стінах стає сумірним довжині хвиль ЕМВ.

2.7 Заземлення екрануючого матеріала виконання екрану приміщення

Заземлення екрануючого матеріалу екрану приміщення має першочергове значення для екранування електростатичних полів, працюючи за методом еквіпотенціальної поверхні та забезпечуючи стікання електричних (електростатичних) зарядів з поверхні екрану в заземлюючий електрод а звідти в землю. Зземлення екрану не впливає на екранування магнітної компоненти поля.

Заземлення екрану при захисті приміщення від ЕМВ має бути виконано з дотриманням наступного:

- екрануючий матеріал екрану приміщення не повинен мати гальванічного контакту з металевою арматурою конструкції будівлі, де воно розміщено;
- опір контуру заземлення не повинен перевищувати 4 Ом;
- заземлюючі провідники повинні мати перехідний опір з'єднання не більший, ніж 600 мкОм;
- шину заземлення поза контролюємою територією необхідно прокладати на глибині ≥ 1.5 м., а усередині приміщень - по стіні чи у спеціальних каналах для збереження можливості періодичного контролю шини заземлення на відсутність несанкціонованих підключень з ціллю видобутку інформації за наведенням ЕМВ на заземлюючі провідники;
- заземлюючий пристрій має з'єднуватись з контуром заземлення лудженою шиною (для запобігання гальванічної корозії), точка з'єднання має бути захищена від впливу атмосферної вологи;

- шина заземлення має бути введена в екрановане приміщення через “феромагнітний фільтр” (сталеву трубу діаметром не більше 5 см. та довжиною не менше 3 м., що має бути приварена по периметру проходу через бар’єр екрана приміщення);
- підключення апаратури обігу інформації до заземлення у захищеному приміщенні виконувати по радіальній схемі – в одній точці;
- провідники заземлення не повинні створювати “петлі” для запобігання збільшення випромінювання ЕМВ.

2.8 Визначення коефіцієнту екранування ЕМВ перед проектуванням електромагнітного екрану захищеного приміщення

Перед проектуванням системи захисту приміщення від електромагнітних випромінювань необхідно визначити коефіцієнт екранування, за яким мають бути розраховані конструктивні параметри виконання електромагнітного екрану для даного приміщення.

Для одержання достовірної вихідної інформації для наступного розрахунку коефіцієнту екранування ЕМВ слід провести обстеження електромагнітного стану приміщення, призначеного для захисту, з метою визначення рівнів електромагнітних випромінювань наявної в приміщенні апаратури обігу інформації. Також необхідно визначити рівні шумового фону навколишнього середовища в широкому діапазоні частот.

Під час безпосередніх вимірів на захищеному об'єкті визначаються напруженості випромінюваних апаратурою електромагнітних полів радіочастотного діапазону, рівні напруженості поля промислової частоти 50 Гц за нормальних умов навантаження електромережі, рівні імпульсних перешкод, діючих у колах постійного і змінного струму, наявний потенціал статичної електрики.

Рівні побічних електромагнітних випромінювань працюючої в приміщенні апаратури можна визначити:

- в діапазоні частот 50 Гц...2000 МГц за допомогою пристрою “ST-031 Піранья”, сумісно з відповідними діапазону частот вимірювання антенами;
- в діапазоні частот 100 КГц...3000 МГц за допомогою пристрою Agilent E4402, використовуючи останній сумісно з відповідними діапазону частот вимірювання антенами;
- використовуючи селективні вольтметри з набором антен відповідно діапазону частот вимірювання (антенною АИ5-0 в діапазоні 9 КГц...2000 МГц).

Коефіцієнт екранування ЕМВ електромагнітним екраном приміщення повинен забезпечувати придушення рівнів ЕМВ, що пройшли повз периметр екрану, до величини нижче рівню навколишнього шуму, що зробить неможливою реєстрацію ЕМВ можливого витоку інформації апаратурою розвідки зовні екрану захищеного приміщення.

Вимірювання ефективності екранування здійснюються юридичними особами, які мають ліцензію Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України на провадження господарської діяльності, пов'язаної з розробленням, виробництвом, впровадженням, обслуговуванням, дослідженням ефективності систем і засобів технічного захисту інформації, наданням послуг у галузі технічного захисту інформації.

2.9 Захист технологічних та комунікаційних отворів в екранованому приміщенні від витоку інформації за каналом ЕМВ

При розробці системи захисту приміщення від витоку інформації за електромагнітним каналом існує необхідність забезпечити екранування електричної та магнітної складових побічного електромагнітного випромінювання, створюваних радіоелектронною апаратурою обробки інформації, від витоку повз наявні в захищеному приміщенні технологічні комунікаційні отвори. Останні не повинні спричиняти зменшення загальної ефективності екрану периметру захищеного приміщення.

До комунікаційних отворів можна віднести:

- дверні отвори;

- віконні отвори;
- канали вентиляції та кондиціонування;
- канали вводу магістралей опалення та водопостачання;
- кабельні канали вводу/вивода інформаційних кабелів;
- канали вводу мережі електроживлення.

2.9.1 Захист дверних отворів при екрануванні приміщення

Двері виконуються з екрануючого ЕМВ матеріалу (металеві).

Для запобігання витоку ЕМВ повз щілини у місцях контакту металевих дверей з металевою коробкою обрамлення дверного проходу, краєві контури обрамлення дверей повинні бути оснащені ущільненням – контактним пристроєм у вигляді:

- металевої ущільнюючої гребінки з пружинячого металу - берилієвої бронзи, з кроком гребінки менше за 10 - 15 мм, що утворює при закритті дверей надійний контакт по контуру між екранованими площинами дверей та дверної коробки, привареної до екрану стін приміщення;

- ущільнюючого профіля (рукава), тканого з тонкого дроту високої електропровідності, з внутрішнім наповненням рукава пружним еластичним матеріалом, що забезпечує надійне прилягання (притискання) металевотканного ущільнювача до екрануючих поверхонь по контуру стику закритих дверей з металом дверної коробки, запобігаючи витоку ЕМВ;

- ущільнюючого профіля, виконаного з пружного діелектричного матеріалу з значним процентним вмістом електропровідного матеріалу (мілкодисперсний посріблений металевий порошок з міді або нікелю, вуглець, алюмінієва пудра), що має низький питомий опір та забезпечує надійне ущільнення з замиканням ЕМВ по контуру стику закритих дверей з металом дверної коробки, запобігаючи витоку ЕМВ.

Двері повинні бути оснащені замковим пристроєм, що забезпечує надійне притискання дверей до дверної коробки по всьому периметру для забезпечення

надійного контакту ущільнювача, що запобігає витоку ЕМВ повз закритий дверний блок.

2.9.2 Захист віконних отворів при екрануванні приміщення

При наявності в екрануємому приміщенні вікон, останні слід захистити від витоку ЕМВ за допомогою:

- застосування сітчастого екрану;
- нанесенням на поверхню віконного скла прозорого електропровідного покриття з низьким поверхневим опором.

Екранування вікон металевими сітками.

При використанні у якості екрану вікон металевої сітки, остання повинна мати вічка не більше за 2х2 мм. Бажано використовувати не менше двох шарів сітчастого екрану, при чому відстань між окремими шарами екрану повинна бути не менше за 50 мм. Сітчасті екрани повинні мати надійний контакт з периметром металевого обрамлення вікна, бажано методом пайки. Якщо передбачено можливість зняття екрану, периметр екранної рами, що тримає сітку має бути оснащено пружинячими контактами у вигляді гребінки з фосфористої бронзи та надійними притискними запорами по периметру віконного отвору у суцільному екрані стіни.

Застосування в якості екрану щільних сіток з тонкого проводу забезпечує хороше екранування і зберігає оптичну прозорість. За середньої гостроти зору людське око розподілює два об'єкти з кутовою відстанню в 1'(одну хвилину). Таким чином, щільна сітка з посрібненого нержавіючого сталюного дроту з діаметром 0,0075 см та шагом між проводами 0,025 см, забезпечуюча рівні екранування ЕМВ 61,5 дБ ($\lambda = 30$ см) і 41,5 дБ ($\lambda = 3$ см), стає помітною лише на відстані менше 26,2 см, якщо не розглядати її в відбитому світлі. Матеріал виконання дроту фактично не впливає на значення величини створюваного сіткою екрануючого ефекта (хоча мідні сітки на низьких частотах ефективніше сталевих, бо мідь має більш високу питому провідність), але з підвищенням частоти ця різниця знижується, [36], тому на практиці можна нехтувати

впливом значення кінцевої провідності проводів, тому при виборі металу виконання сітки, в основному, керуються економічними міркуваннями. Для забезпечення умов нормальної роботи сітчастого екрану необхідно забезпечення надійного електричного контакту в місцях з'єднань окремих складових сітчастого екрану. При довжині хвилі ЕМВ, сумірній або меншій за відстань між провідниками сітки, металева сітка втрачає екрануючі властивості. Залежності ослаблення інтенсивності електромагнітного поля металевою сіткою приведено на діаграмі (рис.2.6), [36].

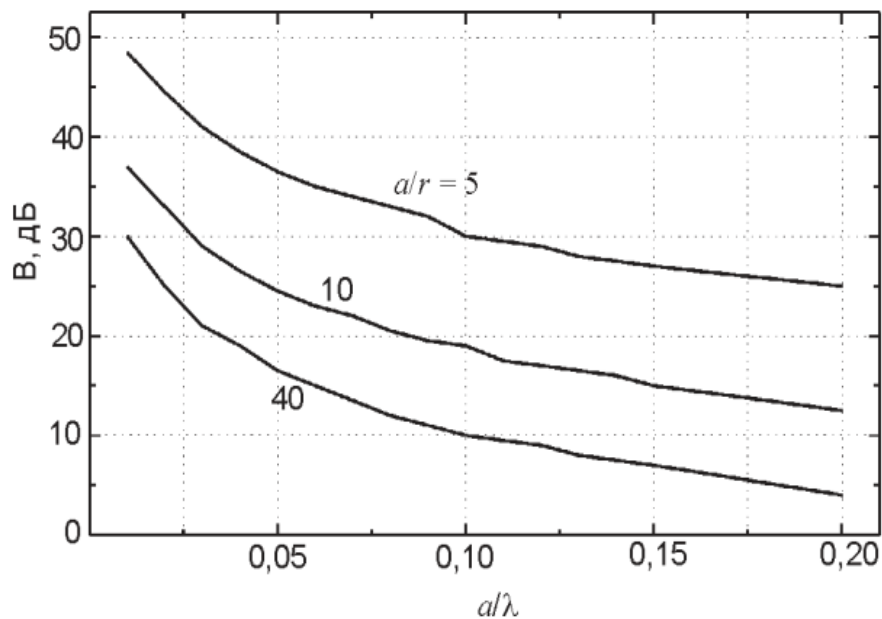


Рисунок 2.6 Залежності ослаблення інтенсивності електромагнітного поля металевою сіткою від відношення a / λ , де: a - відстань між осями дротів; $2r$ - діаметр проводу; λ - довжина хвилі)

Характеристики вікон з екрануючою сіткою з різних металів приведені у таблиці 2.7, [39]. Екрануючі вікна, виконані з двох шарів скла, акрила або полікарбоната, з тонкою металевою сіткою між ними, що має добрий гальванічний контакт до електропровідної віконної рами, зберігають високу ступінь прозорості при забезпеченні ефективного електромагнітного екранування.

Таблиця 2.7. Характеристики екрануючих вікон з сіткою з різних металів.

Метал сітки	Ø дроту виконання сітки, мкм	Комірка сітки, мкм	Прозорість сітки, %	Ослаблення ЕМВ, дБ			Покриття поверхні
				Е - поле		Н - поле	
				1 ГГц	400 МГц	100 КГц	
Мідь	50	150	56	69	70	48	затемнення
		204	65	62	65	29	
		350	77	54	61	21	
Бронза	71	355	69	54	57	37	затемнення
		144	45	65	60	40	
Нержавіюча сталь	50	204	65	60	70	-	Покриття сріблом та затемнення
	25	229	81	60	80	-	

Екранування віконного скла прозорим електропровідним покриттям.

Покриття поверхні віконного скла шаром оптично прозорого електропровідного матеріалу, при забезпеченні гальванічного контакту останнього з електропровідним покриттям віконних рам по всьому периметру скла, здійснює ефективне екранування зовнішнього мікрохвильового електромагнітного випромінювання методом відбиття від поверхні скла при товщині нанесеного шару оптично прозорого матеріалу високої електропровідності товщиною більше 1 мкм. При цьому залишається достатня оптична прозорість скла, що забезпечує природну освітленість екрануємого приміщення у денний час.

Електричний контакт між електропровідними шарами покриттів віконного скла та електропровідними шарами покриттів віконних рам здійснюється гнучкими пружними вставками з матеріалу високої електропровідності, застосованими по периметру рам вікон. Широкого розповсюдження набули плівки з оксидів олова, що є хімічно та механічно стійкими, володіють гарною адгезією до скляної поверхні, мають низький поверхневий опір ($< 6 \text{ Ом}$, залежить від товщини плівки), знижують прозорість вкритого покриттям скла не більше, ніж на 20%, [37]. Також використовують тонкі шари напилені на поверхню віконного скла металів з високою провідністю (срібло, золото), які мають достатньо високі коефіцієнти відбиття електромагнітних хвиль на високих частотах. Виміряні показники екрануючих

властивостей 6-мм віконного скла з різним покриттям приведені у таблиці 2.8, [38].

Таблиця 2.8. Екрануючі властивості 6-мм віконного скла з різним покриттям.

№	Тип покриття	Товщина шару	$f = 1,25$ ГГц	$f = 10$ ГГц
1	(без покриття)	—	1,8 дБ	2,2дБ
2	Ag (2 шари)	160 Е	62 дБ	65 дБ
3	Au	83 Е	22 дБ	29дБ
4	Au	135 Е	26 дБ	34 дБ
5	Au	188 Е	32 дБ	38 дБ

У порівнянні з сітчатими екранами з притаманною їм залежністю екрануючих властивостей від частоти (-20 дБ/декада), металізовані покриття вікон забезпечують стабільну ефективність екранування ЕМВ останніми майже до інфрачервоного діапазону.

2.9.3 Захист каналів вентиляції та кондиціонування

При екрануванні електромагнітних полів (побічних випромінювань) створюваних радіоелектронною апаратурою захищованого приміщення, існує необхідність забезпечення захисту каналів вводу вентиляції та кондиціонування. Вентиляційні та комунікаційні отвори в екрані не повинні з причиняти зменшення ефективності екранування ЕМВ.

Значення електромагнітного поля, що збуджується отвором в стінці екрану, пропорційна відношенню r^3/λ_0 , де r - радіус випромінюючого отвору; λ_0 - довжина хвилі збуджуючого поля. За приведеними залежностями робимо висновок, що за забезпечення інших рівних умов, рівні проникнення полів ЕМВ повз отвір пропорційні до кубу радіусу отвору. Отвір працює в режимі електричним та магнітним випромінювачем ЕМХ. Потужність ЕМВ отворами зростає наближено-пропорційно до сумарної кількості отворів. Таким чином: випромінювання площею одного отвору пропорційне r^3 , розділення площі одиничного великого отвору на n менших отворів з збереженням

загальної площі – зменшує інтенсивність поля, проникаючого через створювану ними екранну решітку, в $\sqrt{n}$ разів.

Необхідно мати до уваги, що отвори (щілини) розмірами, близькими до $\lambda/2$, сильно збільшує рівень випромінювань ЕМХ за резонансних явищ (працюють як антени). Щоб запобігти цьому ефекту, отвори та щілини великих розмірів необхідно перегороджувати перемичками, розбиваючи загальну площу вентиляційного отвору на n менших отворів.

Існує два способи екранування електромагнітних випромінювань від витоку через вентиляційні отвори:

- встановлення на шляху електромагнітних хвиль сітчатих екрануючих матеріалів;
- використання для захисту отворів вентиляції вентиляційних решіток з властивостями поза межного хвилеводу.

Перелік сітчатих екрануючих матеріалів:

- сітка з сталі тканина ДСТ 3826-47, № 0,4; 0,5; 0,7; 1,0; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,5;
- сітка з сталі плетена ДСТ 5336-50, № 3; 4; 5; 6;
- сітка з латуні (марка Л-80) ДСТ 6613-53, № 0,25; 0,5; 1,0; 1,6; 2,0; 2,5; 2,6.

Екранувальні властивості металевих сіток:

- низьковуглецева луджена сталева сітка (вікно 2.5x2.5 мм), дає затухання до 60 дБ, така ж подвійна сітка (100 мм між сітками) - до 90 дБ;
- одинарна мідна сітка (вікно 2.5x2.5 мм), забезпечує затухання до 70 дБ.

Розміри вентиляційних отворів екрану мають бути не більше 0.1 від найменшої довжини хвилі, що екранується. На високих частотах необхідний малий розмір отворів може значно погіршити ефективність вентиляції.

Використання властивостей поза межних хвилеводів.

Виконання технологічних отворів в екрані у вигляді поза межних хвилеводів (рис.2.7) [34], (поглиблення отворів, рис. 2.8, [35]) - є ефективним методом захисту від витоку ЕМВ через вентиляційні та іншого призначення технологічні отвори при збереженні низького аеродинамічного опору потоку повітря або рідини, що циркулюють ними.

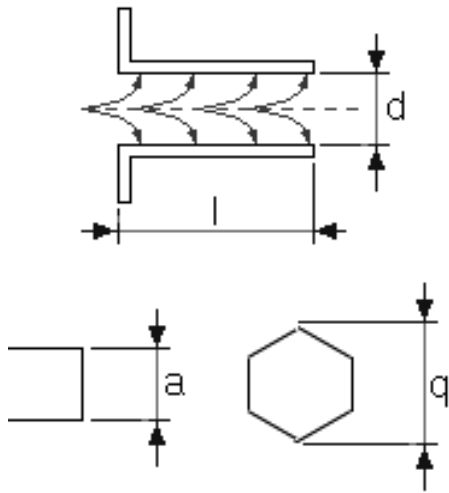


Рисунок 2.7 Виконання отворів в електромагнітному екрані у вигляді позамежного хвилеводу

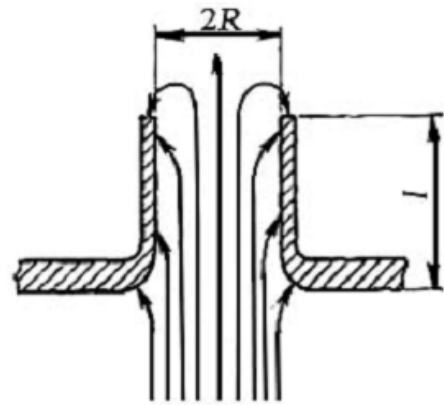


Рисунок 2.8 Поглиблення отвору в поверхні екрану методом “вытягування”

Ефективність екранування за методом позамежного хвилеводу залежить від радіуса R та довжини l конструкції останнього (рис. 2.8), [35].

Мінімальна величина затухання електромагнітної хвилі, забезпечувана отвором, розраховується за формулою (2.20), (за умови невід’ємного значення виразу під знаком радикала):

$$B_{\min} = \frac{27.3}{\alpha} \sqrt{1 - \left(\frac{2\alpha}{\lambda}\right)^2}, \quad (2.20)$$

де: $B_{\min}$ - мінімальне затухання електромагнітної хвилі на 1 м довжини хвилевода, дБ/м;

α - мінімальний розмір отвору в екрані, м;

λ - довжина електромагнітної хвилі, м.

Для круглого отвору приймаємо: $\alpha = 0,853 \cdot D$, де: D - діаметр отвору, м.

Аналізуючи формулу (2.20), робимо висновок, що для частот ЕМВ з довжиною хвилі $\lambda \geq 10 \cdot \alpha$ величина затухання електромагнітних хвиль у позамежному хвилеводі фактично залежить лише від поперечного перерізу останнього.

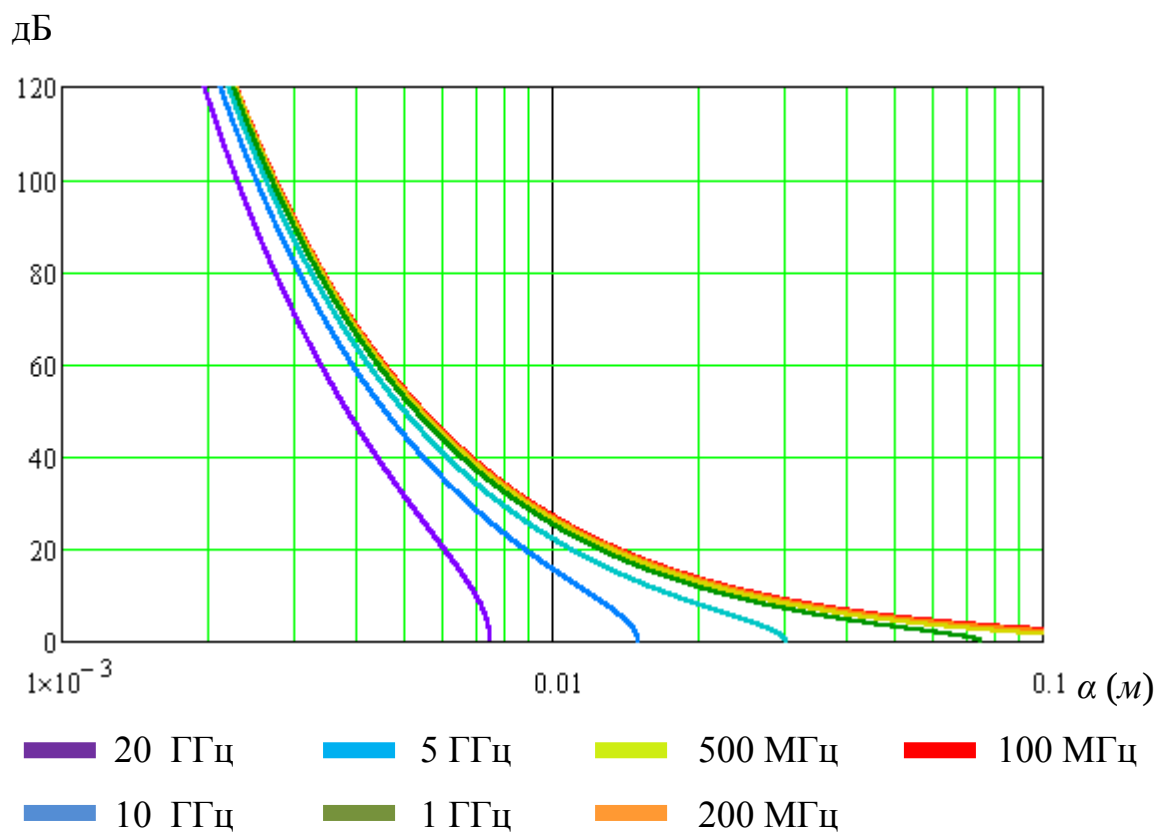


Рисунок 2.9 Мінімальне затухання ЕМВ у позамежному
хвилеводі у дБ на 1 см. довжини

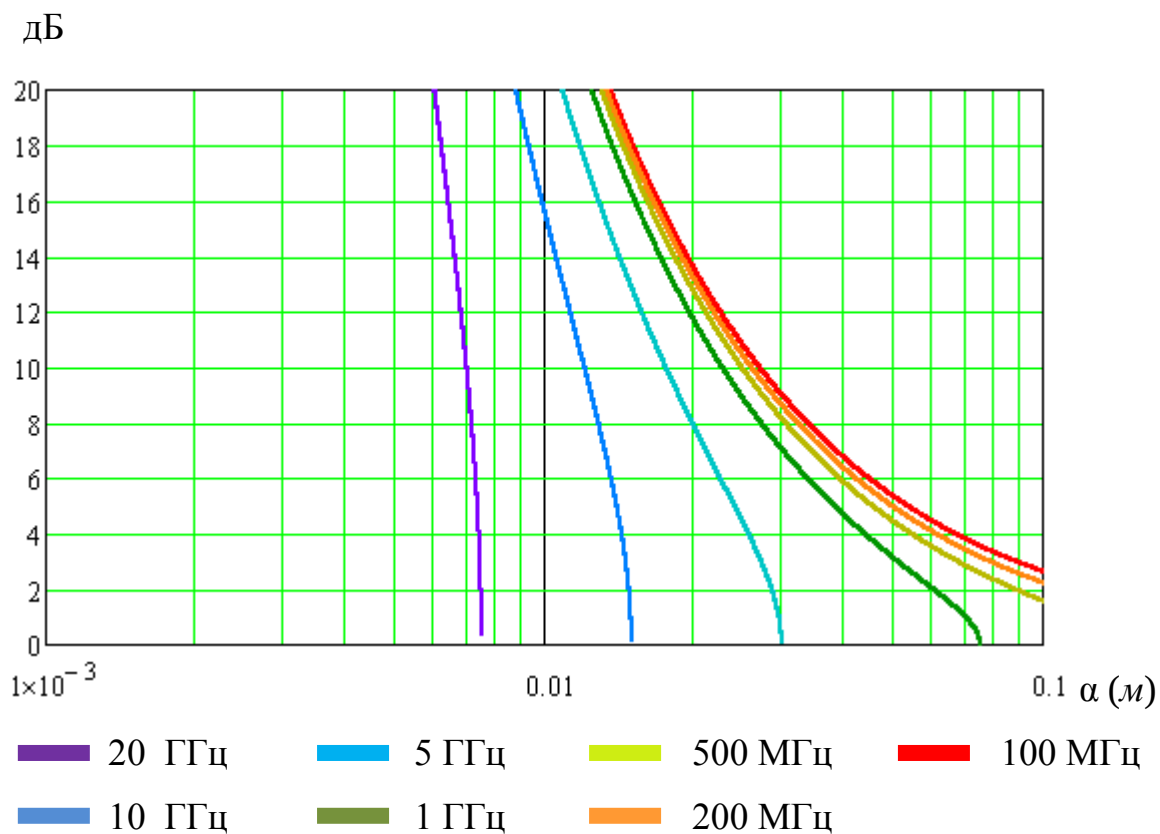


Рисунок 2.10 Мінімальне затухання ЕМВ у позамежному
хвилеводі у дБ на 1 см. довжини

На графіках (рис.2.9, рис.2.10) зображено залежність мінімального затухання ЕМВ у позамежному хвилеводі у дБ на 1 см. довжини хвилевода для частот 100 МГц --- 20 ГГц від величини параметра α (м).

Використання фільтрів типу “сотова решітка”.

В сантиметровому хвильовому діапазоні вентиляційні отвори в екранах захищаються хвилеводними фільтрами типу "сотова решітка" (рис. 2.11).

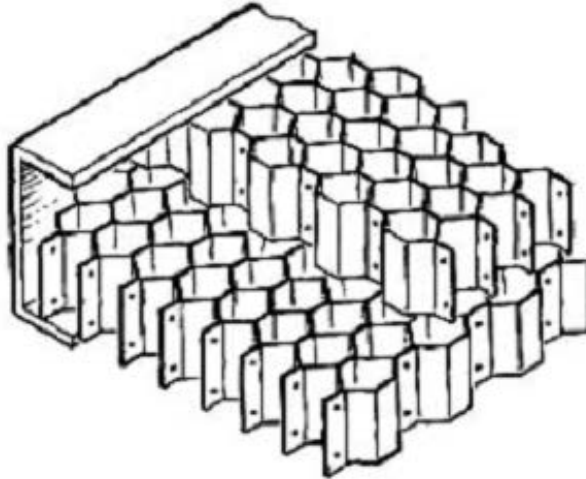


Рисунок 2.11 Екран у вигляді “сотової решітки”

Виконання патрубків фільтра у вигляді сотової конструкції забезпечує коефіцієнт ефективності екранування ЕМХ вище за коефіцієнт ефективності окремого хвилевода. Рівень додаткового послаблення випромінювання ЕМХ повз сотову конструкцію фільтра $L_{\text{дод}}$, дБ, для патрубків квадратної та прямокутної форм можна розрахувати за формулою (2.21):

$$L_{\text{дод}} = 20 \lg \sqrt{n_k}, \quad (2.21)$$

де: n_k - кількість сот на загальну площу сотового хвилеводу.

На рис.2.12 приведено графік залежності кількості сот n_k з мінімальним розміром α (м) на загальну площу сотового хвилеводу $S = 0.02$ м.

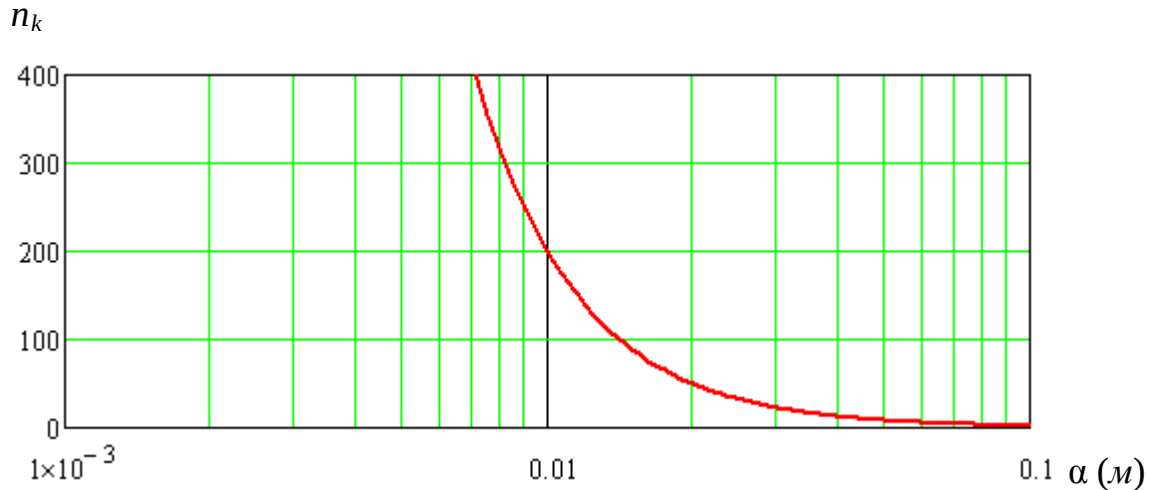


Рисунок 2.12 Кількість сот n_k з мінімальним розміром α (м)
на загальну площу сотового хвиеводу $S = 0.02$ м

Рівень одаткового послаблення ЕМХ сотовим патрубком $L_{\text{доп}}$ слід розраховувати для заданої величини ослаблення ЕМХ при розрахунках мінімальної необхідної довжини конструкції позамежного хвиеводу за формулою (2.22):

$$l_c = \frac{L_{\text{необх}} - 20 \lg \sqrt{n_k}}{B_{\text{мін}}}, \quad (2.22)$$

де: l_c - довжина сотові решітки (рис. 2.11), м.

Результати розрахунків за формулою (2.21) параметрів сотової решітки з загальною площею $S = 0.02$ м. для захисту від витоку ЕМВ з частотами 2 ГГц та 20 ГГц приведені на графіках (рис.2.13, рис.2.14). За графічним зображенням результатів розрахунків бачимо, що для забезпечення коефіцієнту екранування ЕМВ = 140 дБ для частоти випромінювань $f = 20$ ГГц у вентиляційному каналі з загальним перерізом $S=0.02$ м. достатньо довжини сотової решітки $l_c = 0.055$ м при розмірах окремих сот $\alpha = 0.006$ м.

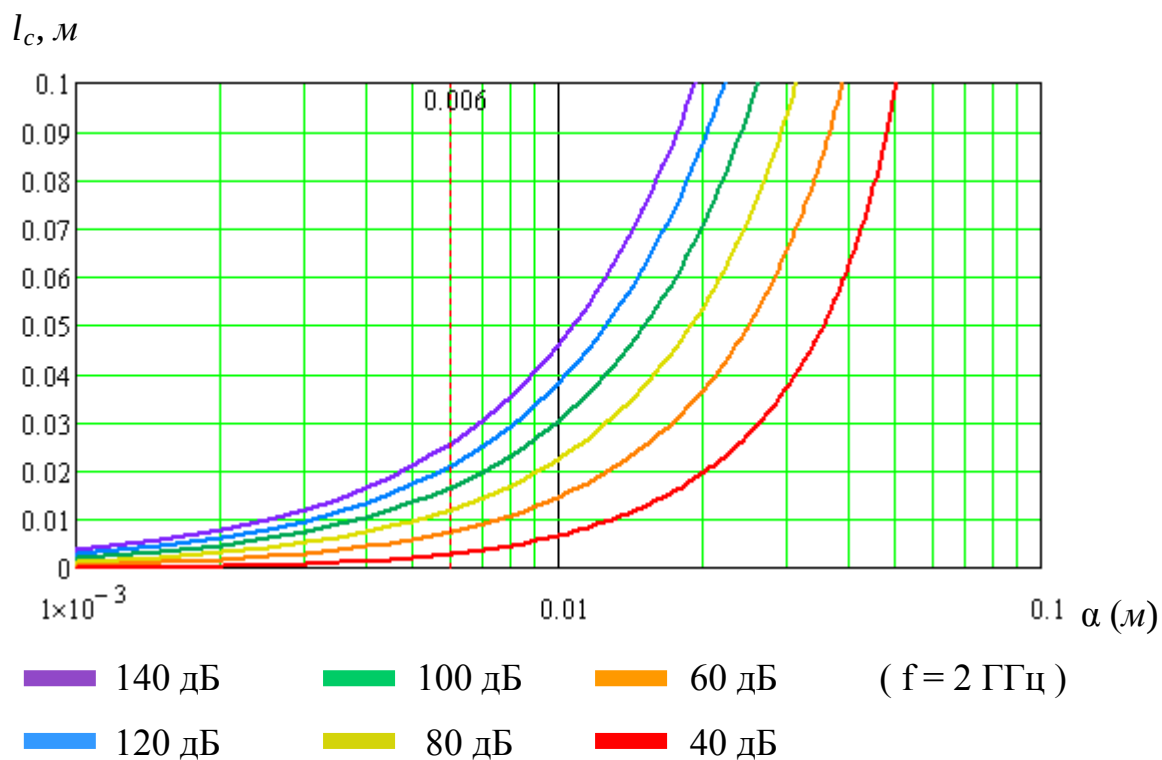


Рисунок 2.13 Залежність необхідної довжини l_c (м) сотової решітки від мінімального розміру α (м) окремих комірок для забезпечення необхідної величини загасання електромагетних випромінювань з частотою $f = 2$ ГГц

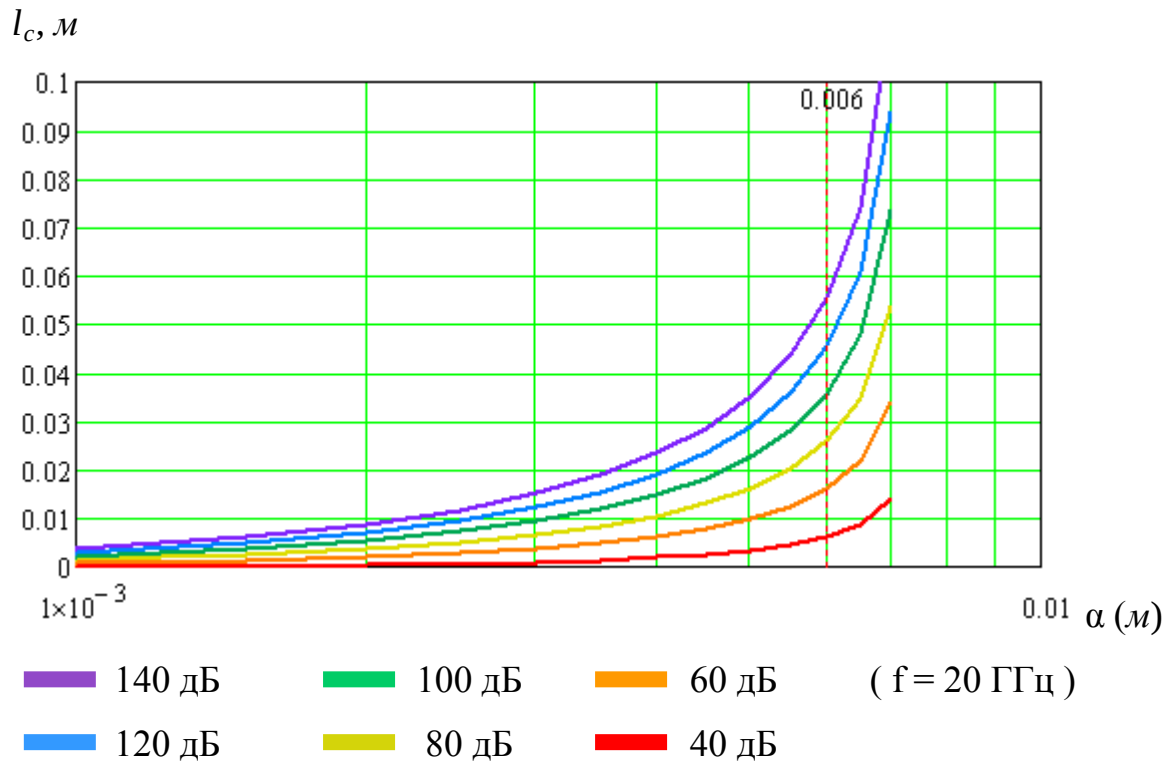


Рисунок 2.14. Залежність необхідної довжини l_c (м) сотової решітки від мінімального розміру α (м) окремих комірок для забезпечення необхідної величини загасання електромагетних випромінювань з частотою $f = 20$ ГГц

Таким чином, застосування сотових решіток, діючих за принципом позамежного хвилеводу, є досить ефективним рішенням для екранування ЕМВ від витoku через вентиляційні отвори як окремих радіоелектронних блоків апаратури, так і при створенні екранованих приміщень, при збереженні малого аеродинамічного опору повітряному потоку.

2.9.4 Захист каналів вводу магістралей опалення та водопостачання

Неметалеві (діелектричні) труби вводять на екрановану територію через металічні патрубки з поперечним розміром не більше 50 мм та довжиною більше двох поперечних розміри патрубка (- хвилеподібні фільтри), які електрично з'єднують по периметру з екраном методом зварювання. При недостатній площі перерізу одного патрубка, трубу розривають і застосовують з'єднання у місці проходу в екранований простір за допомогою хвилеводоподобної сотової решітки з поперечним розміром вічка не більше за 50 мм та не менше ніж два поперечних розміри вічка завдовжки. Сотову конструкцію решітки можна зварити з відрізків металевих профілів за умови зварювання усіх стиків, або з патрубків круглого перерізу, з одного боку кінцями приварені до листа з отворами за периметром кожного окремого патрубка, або з профілів з квадратним перерізом, кінці яких зварені один з одним по периметру кожного патрубка з одного боку. Усі зварювальні шви повинні бути суцільними. Готова сотова решітка зварюється з екраном по периметру. Замість сотової конструкції решітки також застосовується металева сітка з вічком не більше ніж 6 x 6 мм, яка також зварюється (спаюється) з екраном по периметру.

Провідна рідина, циркулююча в неметалевій трубі може бути введена в екранований простір приміщення повз сталеву трубу поперечного розміру не більше за 50 мм і довжиною не менше за три метри, яка по периметру введення зварюватися з екраном приміщення. В інший спосіб - неметалева труба розривається і з'єднується повз металевий штуцер, що проходить через екран і зварений з ним по периметру для забезпечення надійного контакту з екраном.

У точках введення до екранованого приміщення металевих труб, природно не заземлених, їх зварюють з оболонкою екрана по периметру, а в разі перевищення їх поперечних розмірів гранично-допустимих 50 мм, в розрив труб встановлюють сотові решітки або екрануючі сітки, які теж зварюється (спаюється) екраном по периметру. Для збереження можливості легкої заміни труб, рекомендується останні вводити через патрубок, який зварюється з екраном з одного кінця, а з другого зварюється з трубою по периметру.

У випадку природно-заземлених металевих труб, останні можуть бути введені до екранованого приміщення повз сталеві труби з діаметром не більше 50 мм і завдовжки не менше трьох метрів (ці труби виконують роль феромагнітного фільтра), які повинні бути приварені до екрана по периметру вводу. Ці сталеві труби екрану необхідно ізолювати від металевих труб, що вводяться до екранованого приміщення. Металічні труби, за умови циркулювання ними непровідної рідини, можна розірвати з наступним з'єднанням у місці проходження повз бар'єр екрану за допомогою відрізка неметалевої труби, введеної в екрановане приміщення через відрізок сталеві труби (поза межний хвилевід), як зазначено вище.

2.9.5 Захист каналів вводу/вивода електричних інформаційних кабелів

Усі виходячі назовні з екранованого приміщення інформаційні кабелі повинні бути екранованого типу (наприклад, STP, FTP, SFTP), або оптоволоконними, що забезпечують захист від ЕМВ. Кабелі мережі електроживлення технологічного обладнання в екрановане приміщення необхідно вводити повз фільтри електроживлення відповідного типу. Всі інші провідні лінії слід вводити через «феромагнітні фільтри» - сталеві труби діаметром не більше 50 мм і довжиною не менше трьох метрів, приварені до екрана по периметру. Для вводу інформаційних кабелів використовується заповнення каналів вводу феромагнітним порошком, що засипається в труби між кабелями.

Сигнальні кабелі мають прокладатись окремо від силових кабелів, що запобігає взаємним наведенням ЕМВ між ними. Внутрі екранованого приміщення кабельні мережі прокладають з застосуванням пластикових коробів. Важливо дотримуватись правила: коефіцієнт максимального заповнення перетину короба або труби кабелями має бути не більше за 65 %.

Використанні у якості інформаційної лінії витої пари, захищеної екрануючою оболонкою, забезпечує високу ефективність екранування від витоку інформаційних сигналів.

На низьких частотах застосовують інші схеми екранування, використовуючи коаксіальні кабелі, захищені подвійною екрануючою оболонкою (триаксіальні кабелі).

При екрануванні кабелів на високих частотах, при перевищенні товщиною екрана кабеля глибини проникнення електромагнітного поля, необхідність використання кабелів з подвійним екраном відпадає: зовнішня поверхня екрануючої оплітки кабелю виконує роль електричного екрана, а зворотні струми проходять по внутрішній поверхні екрануючої оплітки.

Кабельні екрани необхідно заземлювати лише з одного кінця. Екрани кабелів не слід використовувати в якості другого провідника у сигнальному колі або колі живлення відповідної апаратури.

Екрани кабелів мають бути ізольованими від електричного контакту з металоелементами коробів прокладання. Для монтажу застосовуються виключно екрановані кабелі з зовнішньою ізоляцією екранної оплітки. Ззовні кабелі можуть бути додатково екрановані металевими плетеними оболонками, або металевими екрануючими стрічками з металу, маючого високу питому провідність.

2.9.6 Використання оптоволоконних інформаційних ліній зв'язку

Для запобігання розповсюдження вторинних електромагнітних випромінювань по інформаційним кабелям мережі зв'язку з апаратурою

обробки інформації в екранованих кімнатах, доцільно використовувати виключно оптоволоконні лінії передачі інформації:

- оптоволоконні кабелі зв'язку не випромінюють ЕМВ інформаційних сигналів з поверхні оптоволоконна (немає витоків інформації);
- вздовж оптоволоконних (діелектричних) кабелів неможливе розповсюдження сторонніх наведених ЕМВ (вони не виконують роль випадкових антен);
- для несанкціонованого знімання інформації з оптоволоконного кабелю зв'язку необхідно задіювати спеціальну апаратуру з прямим підключенням до оптоволоконна, що є демаскуючим фактором при огляді цілісності останнього.

Для виконання вищенаведеної пропозиції слід використовувати відповідні перетворювачі електричних інформаційних сигналів в оптичні і навпаки.

Оптоволоконні діелектричні кабелі слід вводити в екранований простір приміщення через “поза межні хвилеводи” - металеві патрубки з поперечним перерізом не більше ніж 50 мм та довжиною більше подвоєного поперечного розміру, зварені з екраном приміщення по периметру.

2.9.7 Захист каналів введення мережі електроживлення

Кабелі мережі електроживлення технологічного обладнання та мережі освітлення необхідно вводити в простір екранованого приміщення повз відповідні радіочастотні фільтри електроживлення. Фільтри електроживлення слід встановлювати ззовні екранованого приміщення поруч з місцем введення електричних кабелів. Кабелі з'єднання між фільтром і екраном приміщення необхідно прокладати у металевих коробах (трубах) або в екранувальній плетений оболонці, при забезпеченні електричного контакту останніх з фільтром та екраном приміщення по перерізу вводу. Вузли вводу силових кабелів мережі електропостачання слід обладнати вставками з діелектричного радіопоглинаючого матеріалу.

2.10 Запобігання резонансним ефектам в екранованому просторі

При створенні екранованих приміщень слід брати до уваги можливість погіршення електромагнітного стану всередині екранованого об'єму за рахунок відбиття ЕМВ від внутрішньої поверхні екрану периметра приміщення. Окрім того, в екранованому приміщенні можливе виникнення ефекту резонансу за випадкового збігу геометричних розмірів внутрішньої поверхні екрану приміщення з резонансними для окремих частот ЕМВ, випромінюваних наявною в приміщенні апаратурою.

Для поліпшення електромагнітного стану у вищеприведених випадках слід рекомендувати обладнання внутрішньої поверхні екранованого об'єму приміщення матеріалами – поглиначами електромагнітних випромінювань, які мають:

- малий коефіцієнт відбиття ЕМВ від своєї поверхні;
- істотні поглинаючі властивості тіла поглинаючого матеріалу.

Ці параметри забезпечуються композитними аморфними матеріалами з значним вмістом у складі порошкоподібних металів або вуглецю. Такі матеріали мають відношення хвильових опорів границі повітря/поглинач близько одиниці, що зменшує відбиття ЕМВ від їх поверхневого шару, та забезпечують істотні об'ємні втрати ЕМВ на поглинання, знижуючи добротність небажаного резонансного об'єму, та запобігаючи таким чином резонансним явищам у внутрішньому просторі екранованого приміщення.

2.11 Розробка методики ефективного екранування побічного електромагнітного випромінювання при захисті приміщення від витоку інформації за електромагнітним каналом

При виконанні магістерської дисертації проведено аналітичні розрахунки екрануючих властивостей різних екрануючих матеріалів. За результатами порівняння розрахункових даних робимо висновок щодо доцільності використання для захисту від витоку інформації за електромагнітним каналом

екранування периметру приміщення суцільним екраном, виготовленим з конструкційного заліза або електротехнічної сталі, які мають:

- достатньо високий екрануючий коефіцієнт (методом поглинання) навіть на частотах звукового діапазону за малої товщини тіла екрана;
- переваги над іншими матеріалами за технологічністю монтажних робіт, що виконуються переважно методом зварювання;
- доступність та відносно-невисоку вартість екрануючого матеріала.

Товщина скін-шару електротехнічної сталі $\delta = 2.763 \cdot 10^{-4}$ м. на частоті 100 Гц (-значно менша за товщину скін-шару міді $\delta = 6.603 \cdot 10^{-3}$ м.), що забезпечує коефіцієнт екранування $K = 38.432$ дБ на частоті $f = 100$ Гц при товщині екрануючого сталевого листа всього 1 мм. Хоча мідні екрани значно ефективніші при екрануванні методом відбиття на високих частотах (що робить можливим їх використання для екранування радіочастотних контурів з малими втратами в останніх), сталевий екран забезпечує надійне екранування ЕМВ у всьому діапазоні частот за методом поглинання, там, де втрати у тілі металічного екрану діють на користь збільшення екрануючого ефекту та придушення небажаних побічних ЕМВ при екрануванні приміщень.

Екран приміщення з конструкційного заліза або з електротехнічної сталі товщиною 1 мм. забезпечить коефіцієнт екранування ЕМВ $K > 120$ дБ у частотному діапазоні вище 2 КГц. Для забезпечення коефіцієнта екранування ЕМВ $K > 120$ дБ для звукового діапазону частот, що починається з 50 Гц, необхідна товщина екрану з такого ж металу становитиме 6 мм. Екран такої товщини матиме велику вагу (рівень ваги екрану може мати певні обмеження), та, відповідно велику вартість.

Для подолання означеної вище проблеми пропонується:

- провести ретельне обстеження електромагнітного стану в приміщенні з працюючою апаратурою (джерелами ЕМВ) з визначенням розкладу перевищення рівнів випромінюваних апаратурою ЕМВ (у всьому частотному діапазоні) над рівнем електромагнітних шумів навколишнього середовища;

- за результатом обстеження рівнів ЕМВ визначити необхідний коефіцієнт екранування K , за яким визначити мінімальну достатню товщину екрануючого матеріалу для виконання суцільного екрану периметра приміщення, з урахуванням екрануючих властивостей будівельних конструкцій та стін захищуваного приміщення;

- при перевищенні розрахованої товщини екрана межі, максимально-допустимої за конструктивними (обмеженням ваги, наприклад) міркуваннями, (що може бути необхідно для низькочастотного (НЧ) діапазону нижче 10 КГц, за високих рівнів побічних ЕМВ звукового діапазону при наявності працюючої потужної звуковідтворюючої та іншої апаратури), слід провести додаткові розрахунки екранів для здійснення місцевого екранування вищезгаданих джерел низькочастотних ЕМВ екранами відповідної товщини.

Таким чином буде досягнуто необхідний розрахунковий коефіцієнт K екранування ЕМВ за периметром екранованого приміщення у всьому необхідному діапазоні частот, з мінімальними витратами екранувальних матеріалів та, відповідно, зменшить матеріаловитрати і кошторис екранувальних робіт.

При проектуванні системи захисту приміщення від ЕМВ методом екранування є необхідність забезпечити надійний захист від витоку інформаційних ЕМВ через наявні в приміщенні технологічні комунікаційні отвори. Під комунікаційними отворами розуміємо:

- дверні отвори;
- віконні отвори;
- канали вентиляції та кондиціонування;
- канали вводу магістралей опалення та водопостачання;
- кабельні канали вводу/вивода інформаційних кабелів;
- канали вводу оптоволоконних інформаційних ліній зв'язку;
- канали вводу мережі електроживлення.

За результатом аналізу наявних на даний час технологій захисту комунікаційних отворів від витоку ЕМВ розроблено наступні рекомендації:

1. Двері в екранованому приміщенні повинні бути виконані з металу (з конструкційної сталі), з забезпеченням герметизації за ЕМВ-каналами методом подвійного ущільнення периметру дверного полотна з металевою рамою дверного проходу, маючою надійний електричний контакт з екрануючим матеріалом периметру стін приміщення методом зварки. У якості подвійного ущільнення рекомендовано: застосування металевої гребінки з берилієвої бронзи (для ущільнення зовнішнього контуру дверей) та застосування ущільнюючого профіля (рукава) з тонкого дроту високої електропровідності, з внутрішнім наповненням рукава пружним еластичним матеріалом (що забезпечить надійне притискання металево-тканного ущільнювача до екрануючих поверхонь по внутрішньому контуру стику закритих дверей з металом дверної коробки). Притискання дверей до дверної рами повинно бути забезпечено спеціальним притискним замковим пристроєм, що забезпечить надійне притискнення ущільнювачів дверей по всьому контуру дверного отвору.

2. Віконні отвори в екранованому приміщенні небажані з-за складності забезпечення достатнього рівню коефіцієнту екранування останніх. Тому за необхідності забезпечення високих екрануючих коефіцієнтів загального периметру екранованого приміщення, віконні отворів слід позбутись, закривши останні суцільним металевим екраном розрахованої товщини.

При помірних розрахункових значеннях коефіцієнту екранування ЕМВ віконні отвори можна захистити від витоку ЕМВ з застосуванням багатошарових сітчастих екранів з електропровідного матеріалу (густі сітки з малим шагом дроту), але слід враховувати зниження екрануючого коефіцієнту сітчастих екранів на низьких частотах (НЧ) (-де товщини сітчастого екрану недостатньо для ефективного екранування низькочастотних ЕМВ), та на надвисоких частотах (НВЧ), де довжина ЕМХ стає сумірною шагу дротів сітчастого екрану. Для захисту від витоку ЕМВ на високих частотах можна рекомендувати покриття поверхні віконного скла шаром оптично прозорого електропровідного матеріалу, при забезпеченні гальванічного контакту

останнього з електропровідним покриттям віконних рам по всьому периметру скла. Таке покриття забезпечує ефективне екранування зовнішнього мікрохвильового електромагнітного випромінювання методом відбиття від поверхні скла при товщині нанесеного шару оптично прозорого матеріалу високої електропровідності товщиною більше 1 мкм. При цьому залишається достатня оптична прозорість скла, що забезпечує природну освітленість екрануємого приміщення у денний час.

3. Канали вентиляції та кондиціонування рекомендовано захистити хвилеводними фільтрами типу “сотова решітка”, затосування яких забезпечує високі коефіцієнти екранування ЕМВ з збереженням низького аеродинамічного опору потоку повітря при вентиляції внутрішнього простору екранованого приміщення. Переважну ефективність застосування фільтрів типу “сотова решітка” доведено відповідними розрахунками у розділі 2.9.3. даної роботи.

4. Магістралі опалення та водопостачання рекомендовано вводити в екрановане приміщення, використовуючи виключно пластикові труби (без алюмінієвого прошарку), або неметалеві (пластикові) відрізки труб, вставлені в розрив металевих труб вже існуючої системи опалення/водопостачання. Ввод пластикових труб в екранований простір слід робити через металеві патрубки, маючі діаметр не більше 50 мм та довжиною більше двох поперечних розмірів (позамержні хвилеводи), які слід з'єднати з екраном по периметру ввода методом зварювання.

5. Кабельні канали ввода/вивода інформаційних кабелів рекомендовано виконувати у вигляді “феромагнітних фільтрів” (сталеві труби з діаметром не більше 50 мм і завдовжки не менше трьох метрів, зварені з екраном по периметру введення). Для додаткового екранування інформаційних кабелів використовується феромагнітний порошок, який засипається в труби що виконують роль феромагнітних фільтрів.

6. Оптиковолоконні діелектричні кабелі слід вводити в екранований простір приміщення через “позамержні хвилеводи” - металеві патрубки з поперечним

перерізом не більше ніж 50 мм та довжиною більше подвоєного поперечного розміру, зварені з екраном приміщення по периметру.

Використання оптоволоконних кабелів зв'язку дає наступні переваги:

- оптоволоконні кабелі зв'язку не випромінюють ЕМВ інформаційних сигналів з поверхні оптоволокна (немає витoku інформації);
- вздовж оптоволоконних (діелектричних) кабелів неможливе розповсюдження сторонніх наведених ЕМВ (вони не виконують роль випадкових антен);
- для несанкціонованого знімання інформації з оптоволоконного кабелю зв'язку необхідно задіювати спеціальну апаратуру з прямим підключенням до оптоволокна, що є демаскуючим фактором при огляді цілісності останнього.

Наведені вище переваги оптоволоконних кабелів дозволяють рекомендувати використання у якості інформаційних каналів зв'язку з апаратурою обробки інформації, розміщеною в екранованому приміщенні, виключно оптоволоконних ліній зв'язку.

7. Канали вводу мережі електроживлення слід виконати у вигляді “ферромагнітних фільтрів” (сталеві труби з діаметром не більше 50 мм і завдовжки не менше трьох метрів, зварені з екраном приміщення по периметру введення). Додатково рекомендується встановити фільтри електроживлення, останні слід встановлювати із зовнішнього боку екранованого приміщення біля місця введення електричних проводів. Проводи між фільтром і екраном приміщення прокладають у металевій трубі або в екранувальному обплетенні, електрично з'єднаних як з фільтром, так і з екраном по периметру. Вузол введення мереж електропостачання має бути обладнано діелектричними вставками з радіопоглинаючого матеріалу.

8. Заземлення екрану приміщення.

Заземлення тіла екрану при захисті приміщення від ЕМВ має бути виконано з дотриманням переліку наступного:

- екрануючий матеріал екрану приміщення не повинен мати гальванічного контакту з металевою арматурою конструкції будівлі, де воно розміщено;

- опір контуру заземлення не повинен перевищувати 4 Ом;
- заземлюючі провідники повинні мати перехідний опір з'єднання не більший, ніж 600 мкОм;
- шину заземлення поза контролюємою територією необхідно прокладати на глибині ≥ 1.5 м., а усередині приміщень - по стіні чи у спеціальних каналах для збереження можливості періодичного контролю шини заземлення на відсутність несанкціонованих підключень з ціллю видобутку інформації за наведенням ЕМВ на заземлюючі провідники;
- заземлюючий пристрій має з'єднуватись з контуром заземлення лудженою шиною (для запобігання гальванічної корозії), точка з'єднання має бути захищена від впливу атмосферної вологи;
- шина заземлення має бути введена в екрановане приміщення через "феромагнітний фільтр" (сталеві труба діаметром не більше 5 см. та довжиною не менше 3 м., що має бути приварена по периметру проходу через бар'єр екрана приміщення);
- підключення апаратури обігу інформації до заземлення у захищеному приміщенні виконувати по радіальній схемі – в одній точці;
- провідники заземлення не повинні створювати "петлі" для запобігання збільшення випромінювання ЕМВ.

Для запобігання резонансним ефектам в екранованому просторі, створюваним за рахунок відбитого внутрішньою поверхнею екрана ЕМВ, рекомендовано обладнання внутрішньої поверхні екранованого об'єму приміщення матеріалами – поглиначами електромагнітних випромінювань.

Для запобігання можливого витоку інформації за ЕМВ, незважаючи на правильно розраховані та створені екрани екранованих приміщень, слід приділяти увагу необхідності проведення регулярного моніторингу електромагнітного стану навколо захищуваного екраном приміщення для виявлення можливих порушень цілісності екранного контуру та запобігання визваного цим витоку ЕМВ. Водночас моніторинг ЕМВ дозволить вчасно

вирішити проблему виявлення спроб несанкціонованого зйому інформації за електромагнітним каналом.

2.12 Проектування екранованого приміщення

За розробленою автором методикою захисту від витоку інформації за електромагнітним каналом розроблена система захисту від ПЕМВ для приміщення нарад об'єкту інформаційної діяльності (ОІД). Приміщення загальною площею 40 м^2 , з двома вікнами, призначене для проведення конфіденційних нарад з застосуванням комп'ютерної техніки для обробки та аудіовізуалізації інформації службового користування з вмістом комерційної таємниці у складі. Розрахунковий коефіцієнт необхідного рівню захисту від ПЕМВ екрану приміщення дорівнює 60 дБ.

Вона в себе включає:

- екранування периметра приміщення суцільним екраном, виконаним з листової електротехнічної сталі товщиною 2 мм. Електричне з'єднання окремих сталевих елементів екрану виконане за методом зварювання останніх між собою суцільним швом;

- екранування дверей - виконано обшивкою останніх суцільним шаром листової електротехнічної сталі товщиною 2 мм, привареної по периметру до металевого профілю обрамлення дверного полотна. Ущільнення дверного полотна з металевою рамою дверного проходу по периметру останньої, виконане, (враховуючи необхідний коефіцієнт екранування ЕМВ), з застосуванням одинарного ущільнюючого профілю (рукава) з тонкого дроту високої провідності, з внутрішнім наповненням рукава пружним еластичним матеріалом. Надійний контакт ущільнюючого профілю по всьому контуру дверей (при їх закритті) до металічної дверної рами - забезпечено замковим пристроєм відповідної конструкції;

- екранування віконних отворів забезпечено подвійними склопакетами, з подвійного скла з прошарком тонкої екрануючої сітки з міді (діаметр проводу сітки 50 мкм., шаг сітки 150 мкм.) у кожному. Цим забезпечено сумарний

необхідний коефіцієнт екранування більше 60 дБ, при збереженні 28 % прозорості вікон. Екрануючі сітки у склопакетах мають надійний електричний контакт по контуру з металічним профілем віконних отворів, що з'єднані з екраном стіни приміщення суцільним зварним швом;

- в приміщення заведено систему витяжної вентиляції - вентиляційний канал діаметром 15 см. (площа перерізу $S=225$ см.), екранування якого забезпечено встановленням хвилеводного фільтру типу "сотова решітка" з розрахунковими параметрами: розмір "соти" $a = 6$ мм, довжина сотової решітки $l = 2$ см., що забезпечує розрахунковий коефіцієнт згасання ПЕМВ більше 60 дБ (до верхньої частоти 20 ГГц - включно), з одночасним збереженням низького аеродинамічного опору повітряному потоку в каналі вентиляції;

- в приміщенні заведено систему опалення, яка включає дві металеві батареї (під вікнами) з підведеними до них магістралями опалення. Для забезпечення ефективного екранування наведень ПЕМВ на систему опалення від витoku за межі екранованого об'єму приміщення - магістралі системи опалення виконані з неметаловмісних пластикових труб, з вводом останніх в екранований об'єм через сталеві патрубки діаметром 40 мм. та довжиною 300 мм. (поза межні хвилеводи), які електрично-з'єднані з екраном приміщення по периметру введення методом зварювання;

- інформаційні кабелі вводу/вивода введені в екранований простір через феромагнітний фільтр (сталеву трубу діаметром 40 мм та довжиною 3 метри, зварену по периметру з екраном). Після введення необхідної кількості інформаційних кабелів, вільний об'єм труби - заповнено феромагнітним порошковим матеріалом;

- введення силових кабелів мережі електроживлення в екранований простір виконано через феромагнітний фільтр (сталеву трубу діаметром 40 мм та довжиною 3 метри, зварену по периметру з екраном приміщення). Додатково з зовнішнього боку екрану встановлено загороджувальний фільтр мережі живлення. Проводи між фільтром і екраном приміщення прокладені у металевій

трубі, електрично-з'єднаній з екрануючим корпусом фільтра, та з екраном приміщення по периметру.

- екран приміщення заземлено з додержанням всіх необхідних умов (опір заземлювача складає 3.7 Ом , перехідний опір з'єднання 470 мкОм , заземлення виконано на контрольованій ОІД території (заземлювач - на глибині 1.8 м), шину заземлення прокладено по стіні та введено в екранований об'єм через феромагнітний фільтр (сталеву трубу діаметром 40 мм та довжиною 3 метри , зварену по периметру з екраном приміщення).

Перевірка досяжності розрахункових результатів коефіцієнту екранування приміщення обраними конструкційними елементами з відповідними параметрами - проведена на зменшеному екранованому об'ємі (технічному приміщенні площею $2 \times 2\text{ м.}$) з застосуванням діапазонних генераторів ЕМВ та вимірювального пристрою Agilent E4402 сумісно з антеною АИ5-0. В діапазоні частот $0.1 \dots 2000\text{ МГц}$ одержаний коефіцієнт екранування ЕМВ перевищував 64 дБ , що підтверджує правомірність розробленої методики. Виконання робіт підтверджено довідкою ТОВ "Квірін" від 04 грудня 2019 року, (Додаток - В).

2.13 Висновок

Для запобігання можливого витоку конфіденційної інформації з об'єкту інформаційної діяльності, слід вжити всіх існуючих на даний час заходів захисту інформації. Створення екранованого від ЕМВ приміщення значно спрощує захист інформації від витоку за побічними електромагнітними випромінюваннями, що створюються під час обробки інформації сучасними електронними пристроями. Однак, незважаючи на правильно розраховані та створені екрани екранованих приміщень, слід приділяти увагу необхідності проведення регулярного моніторингу електромагнітного стану простору навколо захищуваного екраном приміщення для виявлення можливих порушень цілісності екранного контуру останнього та запобігання створення каналу витоку ЕМВ. Водночас моніторинг ЕМВ дозволить вчасно вирішити

проблему виявлення та знешкодження спроб несанкціонованого знімання інформації за електромагнітним каналом з використанням активних та пасивних закладних пристроїв.

Для підвищення ефективності екранування ЕМВ при створенні системи захисту приміщення від витоку інформації за електромагнітним каналом виконані наступні задачі:

- проведено всебічний аналіз властивостей існуючих екрануючих матеріалів для екранування окремих складових ПЕМВ;
- виконано порівняльну оцінку розрахунків характеристик існуючих екрануючих матеріалів;
- проведено порівняльну оцінку існуючих методів екранування побічного електромагнітного випромінювання при обладнанні комунікаційних отворів в екранованому приміщенні;
- розроблено рекомендації по забезпеченню ефективного екранування електромагнітних випромінювань при обладнанні комунікаційних отворів в екранованому приміщенні;
- розроблено рекомендації (методику) по підвищенню ефективності екранування побічного електромагнітного випромінювання при захисті приміщення від витоку інформації за електромагнітним каналом та поліпшенню електромагнітного стану всередині екранованого приміщення;
- за розробленою автором методикою захисту від витоку інформації за електромагнітним каналом розроблена система захисту від витоку ЕМВ для приміщення об'єкту інформаційної діяльності.

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА СТАРТАП

3.1 Опис ідеї проекту

Таблиця 3.1. Опис ідеї стартап-проекту.

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Створення приладу “EMR-Catch” для контролю навколишнього електромагнітного стану з функцією демодуляції модуляційної складової виявлених ЕМВ-каналів.	1. Моніторинг ЕМВ-стану оточуючого середовища.	Контроль ЕМВ-стану.
	2. Пошук закладних пристроїв видобутку інформації за ЕМВ останніх.	Можливість очистки робочих приміщень від несанкціонованих пристроїв видобутку інформації.
	3. Можливість демодуляції знайденого каналу ЕМВ.	Можливість бути освідомленим у складі навколишнього ЕМВ

Таблиця 3.2. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту.

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(Потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Конкурент1	Конкурент2	Конкурент3			
1	Діапазон частот моніторингу	10 Гц - 6 ГГц	100 Гц- 12 ГГц	100 Гц- 10 ГГц	100 Гц- 3 ГГц		10 Гц - 6 ГГц	
2	Модуляція SW AM SFM NFM WFM UWFM SSB	+	+	+	+			Наявність повного набору можливостей
3	Мініторинг GSM CDMI WiFi	+	+	+	+		+	
4	Моніторинг мережі живлення	+	+	-	+			+
5	Моніторинг телефонних ліній	+	-	+	+			+
6	Моніторинг оптичного діапазону	+	-	+	-			+
7	Час автономної роботи	> 10 годин	> 8 годин	> 6 годин	> 6 годин			> 10 годин

3.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Таблиця 3.3. Технологічна здійсненність ідеї проекту.

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
	Створення приладу для контролю навколишнього ЕМВ-стану	Технологія 1: Розробка приладу власними можливостями з виготовленням приладу виключно на вітчизняному підприємстві	Технології наявні в Україні, можливості існують.	Доступно, є обмеження з виготовленням корпусів майбутнього приладу.
	Створення приладу для контролю навколишнього ЕМВ-стану	Технологія 2: Розробка приладу власними можливостями з виготовленням плат друкованого монтажу в Україні, виготовленням корпусів приладу за індивідуальними кресленнями за кордоном	Технології наявні, можливості існують.	Доступно, необхідна розробка власного дизайну корпусування приладу з відповідним кошторисом.
	Створення приладу для контролю навколишнього ЕМВ-стану	Технологія 3: Розробка приладу власними можливостями з виготовленням плат друкованого монтажу в Україні, використанням імпортованих корпусів стандартного ряду	Технології наявні, можливості існують.	Доступно, менше кошторис корпусування приладу, є обмеженість у виборі корпусування за вже існуючим на ринку рядом корпусів.
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: за технологією 2. - Розробка приладу власними можливостями з виготовленням плат друкованого монтажу в Україні, виготовленням корпусів приладу за індивідуальними кресленнями за кордоном.				

3.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.

Таблиця 3.4. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту.

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	4
2	Загальний обсяг продаж, грн	5000000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Ринок постійний.
4	Наявність обмежень для входу: Світовий ринок розподілено між основними гравцями галузі захисту інформації	В Україні прилади цього типу не виробляються.
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Є необхідність сертифікації за умови виробництва вимірювальної апаратури.
6	Середня норма рентабельності в галузі (по ринку), %	85 %
Висновок: вхід на ринок можливий.		

Таблиця 3.5. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту.

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
	Товар задовольняє потреби здійснення ЕМВ-моніторингу навколишнього простору потенційними користувачами.	Державні підприємства галузі захисту інформації від витоку; Приватні компанії, працюючі в галузі захисту інформації; Окремі приватні користувачі.	Цінова політика має значення для всіх груп потенційних користувачів майбутнього приладу	- до продукції: надійність, багатофункційність, зручність використання; - до компанії-постачальника: стабільність на ринку, наявність гарантійного супроводу товару.

Таблиця 3.6. Фактори загроз.

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Нестабільність грошової системи в країні	При значному прігршенні курсу національної валюти виникають проблеми з закупівлею імпортованих комплектуючих.	Прийняття цінової політики до курсу стабільних світових валют з корекцією ціноутворення на майбутню продукцію, пошук шляхів зробити продукцію більш дешевою.
2.	Незадовільна податкова політика в державі	За незбалансованої податкової політики будь-який бізнес становиться нерентабельним.	Пошук комфортних умов оподаткування, для зменшення податкового тиску на підприємство.

Таблиця 3.7. Фактори можливостей.

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Покращення відношення ціна-якість	Удосконалення процесу виробництва, що зменшить кошторис останнього.	Робота над покращенням та удосконаленням технологічних процесів створення продукції.
2.	Збільшення кількості функцій приладу	Виконання одним приладом якомога більшої кількості функцій, що збільшить привабливість останнього	Покращення використовуваних елементної бази та програмного забезпечення для збільшення кількості функцій в одному приладі.

Таблиця 3.8. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку.

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Вказати тип конкуренції: - конкуренція між поставщиками аналогічної продукції на вітчизняний ринок.	Ринок поділено між основними дистриб'юторами продукції імпортного походження.	Необхідно знайти нішу між основними гравцями на ринку збуту аналогічної продукції в Україні.
2. За рівнем конкурентної боротьби: - національний	Впровадження імпортного продукту за відсутності вітчизняного виробництва.	Ціна на власний продукт має бути збалансована для забезпечення конкурентоспроможності.
3. За галузевою ознакою: - внутрішньогалузева	Ринок поділено між дистриб'юторами приладів у галузі захисту інформації.	Товар власного виробництва має бути привабливим за функціоналом можливостей.
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-родова	Кожний дистриб'ютор займає нішу на поставку окремих типів приладів.	Товар власного виробництва має бути привабливим за функціоналом можливостей.
5. За характером конкурентних переваг: - цінова	Цінова політика узгоджена між основними гравцями ринку в Україні.	Необхідно узгодити цінову політику з конкурентами поставок приладів на ринок України.
6. За інтенсивністю: - не марочна	Немає чіткої орієнтації ринку на марку виробів.	Марка виробу має відповідати його призначенню.

Таблиця 3.9. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером.

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Навести перелік прямих конкурентів	Визначити бар'єри входження в ринок	Визначити фактори сили постачальників	Визначити фактори сили споживачів	Фактори загроз з боку замінників
Висновки: - Для виходу на ринок продукт має мати адекватну ціну та забезпечувати повний набір функцій як у аналогічній імпорتنій продукції	З боку прямих конкурентів є чітке розподілення впливу на стан ринку аналогічної продукції для захисту інформації	Можливості входу в ринок існують. Потенційні конкуренти серед виробників аналогічної продукції в Україні відсутні.	Постачальники диктують цінову політику умов роботи на ринку.	Клієнти диктують співвідношенням ціна-можливості-надійність приладів.	Обмеження для роботи на ринку – в необхідності створити продукцію конкурентоспроможною за ціною та можливостями.

Висновок: вихід на ринок з продуктом вітчизняного походження можливий за умови забезпечення виконання приладом набору функцій на рівні аналогічній імпорتنій продукції з забезпеченням здорової політики ціноутворення, що забезпечить конкурентоспроможність на ринку в Україні.

Таблиця 3.10. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності.

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Виробництво в Україні.	Відсутність таможенних витрат.
2	Можливість продаж за ціною виробника у власних торгових точках.	Відсутність фактору збільшення ціни на продукцію через сторонніх дилерів.
3	Незалежність виробництва від зовнішньо-політичного стану ринкових відносин.	Виробництво приладу здійснюється на внутрідержавних виробничих потужностях.
4	Можливість гнучкого реагування на набір функціональних можливостей приладу	Забезпечення максимальної зручності використання приладу за призначенням (багатофункційність забезпечить можливість виконання роботи з меншою кількістю апаратури).

Висновок: Прилад має бути технологічним при виробництві та забезпечувати якомога більший набір функцій за помірної політики ціноутворення, що зробить виробництво конкурентоспроможним.

Таблиця 3.11. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін “EMR-Catch”.

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з “ГРУППА СТ”						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Багатофункційність	16					*		
2	Ціна	16						*	
3	Надійність	19							*
4	Зручність використання	19							*
5	Час автономної роботи	17						*	

Таблиця 3.12. SWOT- аналіз стартап-проекту.

Сильні сторони: - зручний функціонал приладу; - багатофункційність; - оптимізоване співвідношення ціна – якість.	Слабкі сторони: - необхідність використання імпортованих комплектуючих.
Можливості: - гнучкість процесу виробництва дає можливість швидкого пристосування до змін на існуючому ринку; - гнучке ціноутворення на продукцію; - можливість робити зниження цін для власних дилерів.	Загрози: - нестабільність курсу державної грошової одиниці може вплинути на придбання імпортованої комплектації для виробництва.

Таблиця 3.13. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту.

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Створення приладу силами компанії за короткий термін та самостійний вихід на ринок з рекламою продукту.	Існує	Шість місяців
2	Розробка приладу силами компанії з наступним виробництвом на орендованих потужностях та вихід на ринок з рекламою продукту повз дилерів.	Більш вірогідне	П’ять місяців
Обрано альтернативу № 2: Розробка приладу силами компанії з наступним виробництвом на орендованих потужностях та вихід на ринок з рекламою продукту повз дилерів.			

3.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Таблиця 3.14. Вибір цільових груп потенційних споживачів.

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Державні структури	Існує	Існує	Тендерна	Складно
2	Приватні структури	Існує	Існує	Середня	Доступно
3	Окремі споживачі	Найбільша	Існує	Середня	Доступно
Які цільові групи обрано: Приватні структури та окремі споживачі.					

Таблиця 3.15. Визначення базової стратегії розвитку.

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
	Розробка приладу силами компанії з наступним виробництвом на орендованих потужностях	Реклама та вихід на ринок повз дилерів	Швидко впровадити нові прилади захисту мовної інформації	Стратегія спеціалізації

Таблиця 3.16. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки.

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
	Ні	Так	Покращувати характеристики товару, збільшуючи його конкурентоздатність	Стратегія наслідування лідеру

Таблиця 3.17. Визначення стратегії позиціонування.

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Багатофункційність приладу	Розширення	Багатофункційність	“багатофункційність” “надійність” “ефективність”
2	Дизайн	Покращення	Використання стандартних рішень	
3	Надійність	Покращення	Використання сучасної схемотехніки	
4	Автономність	Збільшення часу автономної дії	Оптимальний вибір автономної батареї живлення	
5	Ефективність використання	Покращення	Ергономічний дизайн	

3.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Таблиця 3.18. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару.

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Багатофункціональність	“все в одному”	Розширений набір функцій
2	Дизайн	Стандартний	Компактність
3	Надійність	+	+
4	Автономність	Збільшена	Час автономної роботи збільшено
5	Ефективність	Висока	Покращено чутливість приладу
6	Прийнятна ціна	Помірна	Помірна, враховуючи багатофункційність

Таблиця 3.19. Опис трьох рівнів моделі товару.

Рівні товару	Сутність та складові
I. Товар за задумом	Товар забезпечує контроль ЕМВ-стану оточуючого середовища, виконання обстеження об'єктів інформаційної діяльності на можливі витoki інформації за електромагнітним каналом.
	1.Повний набір функціоналу
	2.Набір функціоналу за замовленням потенційного споживача
	Якість: відповідно Державним стандартам на аналогічну продукцію
	Пакування: Індивідуальна упаковка з повною комплектацією поставки виробу
	Марка: "EMR-Catch"
III. Товар із підкріпленням	До продажу: комплектація розширеним набором антен.
	Після продажу: ----- /----/ ----- + гарантійне обслуговування.
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: - Оригінальне програмне забезпечення (індивідуальна "прошивка" кожного приладу).	

Таблиця 3.20. Визначення меж встановлення ціни.

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	-	165000 Гр.	> 25000 Гр.	70000 – 100000 Гр.

Таблиця 3.21. Формування системи збуту.

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Особиста закупка товару	Функції продавця – консультанта	1 рівень	Прямий продаж
2	Закупівля товару через дилерську мережу	Постачання товару діллерам	2 рівні	

Таблиця 3.22. Концепція маркетингових комунікацій.

Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
Досконале вивчення функціональних можливостей приладу, знаходження оптимального співвідношення ціна – якість.	Замовлення через інтернет-сайт фірми Замовлення товару по телефону. Купівля товару безпосередньо в офісі виробника.	Надійність Портативність Багатофункціональність Ефективність Зручність використання	Реклама пристрою через інтернет та дилерську мережу	“Надійний моніторинг навколишнього електромагнітного стану – гарантія вашої безпеки”

3.6 Висновок

За результатами проведеного аналізу наявного попиту, динаміки ринку, рентабельності роботи на ринку визначено можливість ринкового впровадження проекту.

Враховуючи аналіз потенційних груп клієнтів – користувачів нової продукції, аналіз бар’єрів входження на ринок, існуючий стан конкуренції в цьому риночному секторі – бачимо достатню конкурентоспроможність проекту за умови його швидкої реалізації.

Для впровадження проекту – як альтернативу – слід обрати стратегію наслідування лідеру, з поступовим зайняттям частини загального простору в цьому секторі ринкової діяльності.

Подальша імплементація проекту за наведених вище аналітичних досліджень має бути доцільною.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Даний розділ по охороні праці присвячений питанням забезпечення сприятливих умов праці та безпеки працівників під час аналітичних розрахунків системи захисту приміщення від витоку інформації за електромагнітним каналом та монтажних робіт по обладнанню приміщення відповідними засобами захисту інформації від витоку, експлуатації обладнаного приміщення.

Основна увага приділена питанням відповідності умов праці існуючим санітарним нормам, також розглянуті питання щодо створення безпечних умов праці при використанні засобів обчислювальної техніки, вказані основні заходи з електробезпеки, запропоновані відповідні технічні рішення та організаційні заходи із гігієни праці і виробничої санітарії та визначені основні заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях.

4.1 Визначення основних потенційно небезпечних і шкідливих виробничих чинників

При використанні засобів обчислювальної техніки, виконанні монтажних робіт при обладнанні приміщення засобами захисту інформації, налагодженні та експлуатації апаратури приміщення, людина може піддаватися впливу наступних шкідливих і небезпечних виробничих факторів:

- небезпека ураження електричним струмом;
- м'яке рентгенівське випромінювання, електромагнітне випромінювання, ультрафіолетове і інфрачервоне випромінювання від терміналу ЕОМ;
- електростатичне поле між екраном і оператором;
- можливість опіків при виконанні паяних з'єднань;
- можливість виникнення пожежі;
- невідповідність освітлення санітарним нормам – умови освітленості виробничих приміщень повинні задовольняти нормам, відзначеним у ДБНВ2.5-28-2006;

- вплив шкідливих газів та пилу, незадовільний мікроклімат на робочому місці (ГОСТ 12.1.005-88 та ДСН 3.3.6.042-99);
- підвищені рівні електромагнітного поля (ДСНІП № 476, ДСНІП № 239);
- підвищена напруженість електричного поля промислової частоти на робочому місці (ДСНІП № 239);
- підвищений рівень шуму, звукового тиску – санітарні норми повинні відповідати ДСН 3.3.6.037-99.

4.2 Відповідність параметрів робочого приміщення санітарним нормам

Для створення найбільш сприятливих умов ефективної і безпечної роботи в приміщенні, необхідно забезпечити оптимальні санітарно-гігієнічні умови праці. Основні вимоги, пропоновані до таких приміщень, викладені в СНиП 2.09.02-85 “Производственные здания” і в інших нормативних документах.

Приміщення, у якому виконуються роботи, розташовано на території комерційного підприємства у житловому будинку на першому поверсі. Відповідно вібрація, шуми та ГДК шкідливих речовин задовольняють нормам.

Параметри приміщення: довжина $l = 8\text{м}$; ширина $b = 5\text{м}$; висота $h = 2.3\text{м}$ (висота підвісної стелі).

У складі монтажної групи працюють 2 людини, $N = 2$.

Площа, яка припадає на одного робочого розрахуємо по формулі:

$$S = l \cdot b / N = 8 \cdot 5 / 2 = 20\text{м}^2.$$

Відповідно СНиП 2.09.02-85 “Производственные здания” мінімально допустима площа на одного робочого $S_{\min} = 4.5\text{м}^2$. Ця вимога виконується.

Об’єм приміщення, який припадає на одного робочого розраховується за формулою:

$$V = l \cdot b \cdot h / N = 8 \cdot 5 \cdot 2.3 / 2 = 46\text{м}^3.$$

Згідно СНиП 2.09.02-85 “Производственные здания” мінімально допустимий об’єм на одного робочого $V_{\min} = 15\text{м}^3$. Ця вимога також виконується.

Виконувані роботи не вимагають систематичного значного фізичного навантаження і відносяться до легких фізичних робіт з енерговитратами до 120 ккал/година (ГОСТ 12.1.005-88 та ДСН 3.3.6.042-99).

4.3 Електробезпека

Приміщення виконання робіт згідно з НПАОП 40.1-1.21-98 відноситься до приміщень без підвищеної небезпеки ураження електричним струмом, оскільки відносна вологість повітря не перевищує 75%, матеріал підлоги – неструмопровідний (лінолеум вкритий ковраліном), температура повітря не перевищує 35°C, відсутні хімічно агресивні середовища, відсутня можливість одночасного торкання людини до металоконструкцій будови, апаратам, механізмам, металічним корпусам, які мають з'єднання з землею.

Живлення контрольно-вимірювальної апаратури здійснюється від однофазної мережі змінної напруги, зануленням і повторним заземленням нульового дроту. Використовується пристрій струмового захисту і таким чином, передбачено захисне відключення напруги живлення мережі при аварійному режимі роботи обладнання.

Напруга дотику й струм, що протікає через тіло людини при нормальному (неаварійному) режимі приладу не перевищують згідно ГОСТ 12.1.038 – 88 напруг і струмів, наведених у таблиці 4.1:

Таблиця 4.1. Безпечні для людини рівні напруги і струму дотику.

Рід струму	U , В	I , мА
	не більше	
Змінний, 50 Гц	2,0	0,3
Змінний, 400 Гц	3,0	0,4
Постійний	8,0	1,0
Примітки до табл.4.1:		
1 Напруги дотику й струми наведені при тривалості впливів не більше 10 хв у добу й установлені, виходячи з реакції відчуття.		
2 Напруги дотику й струми для осіб, що виконують роботу в умовах високих температур (вище 25°C) і вологості (відносна вологість більше 75%), повинні бути зменшені в три рази.		

Таблиця-4.2. Ступінь впливу електричного струму на організм людини.

Струм, мА	Вплив на людину	
	змінного струму	постійного струму
0,5	Відсутній	Відсутній
0,6 – 1,5	легке тремтіння пальців	Відсутній
2 – 3	сильне тремтіння пальців	відсутній
5 – 10	судоми у руках	Нагрівання
12 – 15	складно відірвати руки від проводів	посилення нагрівання
20 – 25	руки паралізує одразу	посилення нагрівання
50 – 80	параліч дихання	утруднення дихання

Таблиця 4.3. Гранично допустимі значення напруги та часу доторкання при аварійному режимі електрообладнання (ПУЕ-2017).

t, (сек)	До 0.1	0.2	0.5	0.7	0.9	>1 сек., до 5сек.
$U_{\text{Доп.дот.}}(\text{В})$	500	400	200	130	100	65

Гранично допустимі значення сили струму (змінного та постійного), що проходить через тіло людини при тривалості дії більше ніж 1 секунда, - нижчі за пороговий рівень невідпускання струмопровідних частин, людина здатна самостійно звільнитися від дії електричного струму.

Виконаємо розрахунок ланцюга захисного відключення фазного проводу при короткому замиканні.

Струм короткого замикання можна обчислити за формулою:

$$I_{\text{кз}} = \frac{U_F}{R_0 + R_F + Z_{TR}}$$

де: $U_F = 220 \text{ В}$ — напруга фазного проводу;

$R_F = 3 \text{ Ом}$ — опір фазного проводу;

$R_0 = 3 \text{ Ом}$ — опір нульового проводу;

$R_3 = 3 \text{ Ом}$ — опір заземлення;

$Z_{TR} = 0,12 \text{ Ом}$ — еквівалентний опір трансформатора.

$$I_{кз} = \frac{220}{3 + 3 + 0.12} = 35.95 \text{ (A)}.$$

Для надійної роботи автомату струмового захисту з електромагнітним спрацюванням струм спрацювання (I_C) повинен бути в 1,4 рази менше струму короткого замикання (при струмі короткого замикання до 100 А).

$$I_C < \frac{35.95}{1.4} = 25.68 \text{ (A)}.$$

Струм спрацювання автомату повинен бути менше 25.68 А. Цим умовам відповідають сучасні автомати струмового захисту зі струмом спрацювання 15 А та часом спрацювання близько 0,1 с., які встановлені у робочому приміщенні.

Розрахуємо напругу дотику до корпусів електрообладнання при короткому замиканні ($I_{кз}$):

$$U_T = I_{кз} \cdot R_3 = 25.68 \cdot 3 = 77.04 \text{ (В)}$$

Відповідно до ПУЕ-2017 (таблиця-4.3) максимально допустима напруга дотику при часі спрацювання автомату струмового захисту $< 0,1 \text{ с}$ дорівнює 500 В. Опір заземлення пристрою повинен бути: $R_3 < 4 \text{ Ом}$, що відповідає вимогам ПУЕ-2017. В робочому приміщенні виконуються всі вимоги по електробезпеці. Гранично допустимі значення струмів і напруг дотику при нормальному і аварійному режимах роботи електрообладнання відповідають ПУЕ-2017.

4.4 Неіонізуючі електромагнітні випромінювання, електростатичні та магнітні поля ПЕОМ

Використані в даному приміщенні ПЕОМ обладнані рідкокристалічними моніторами, тому гранично допустима напруженість електростатичного поля на робочих місцях не повинна перевищувати допустимих рівнів.

Рівні інфрачервоного випромінювання не перевищують граничних відповідно до ГОСТ 12.1.005 та СН № 4088-86 з урахуванням площі тіла, яка опромінюється, та ДСанПіН 3.3.2-007-98.

Рівні ультрафіолетового випромінювання не перевищують допустимих відповідно до СН № 4557-88 "Санітарні норми ультрафіолетового випромінювання у виробничих приміщеннях", та ДСанПіН 3.3.2-007-98.

Потужність експозиційної дози рентгенівського випромінювання на відстані 0,05 м від екрана та корпусу відеотермінала при будь-яких положеннях регулювальних пристроїв відповідно до Норм радіаційної безпеки України (НРБУ-97), затверджених постановою державного санітарного лікаря Міністерства охорони здоров'я України від 18.08.97 №58, не повинна перевищувати $7,74..12 \text{ А/кГ}$, що відповідає еквівалентній дозі $0,1 \text{ мбер/год}$ (100 мкР/год).

Відповідно до ГОСТ 12.1.005-88 вміст озону в повітрі робочої зони не повинен перевищувати $0,1 \text{ мг/м}^3$; вміст оксидів азоту – 5 мг/м^3 ; вміст пилу – 4 мг/м^3 .

4.5 Вимоги до освітлення робочих місць

Приміщення повинні мати природне і штучне освітлення відповідно до ДБН В 2.5–28–2006. Природне світло повинно проникати через бічні світлопрорізи, забезпечувати коефіцієнт природної освітленості не нижче 1,5 %. Розрахунки коефіцієнта освітленості проводяться відповідно до ДБН В.2.5–28–2006.

Приміщення (робоча кімната), площею $8 \times 5 \text{ м}$, має бічне природне та штучне освітлення. Природне світло проникає через бічні світлопрорізи - два вікна розміром $1.5 \times 1.3 \text{ м}$ кожне. В якості джерела штучного світла використовується люмінесцентні лампи низького тиску ARS/R418, розміщені по 4 шт. в 8 світильниках, розташованих на поверхні підвісної стелі у 2 ряди.

Перевіримо освітленість, що забезпечується загальним рівномірним штучним освітленням.

Для визначення освітленості застосуємо метод коефіцієнта використання світлового потоку:

$$E = N \cdot \Phi_{\text{л}} \cdot \eta / (S \cdot K_3 \cdot Z)$$

де: $N = 8$ – кількість світильників у приміщенні;

$\Phi_{\text{л}} = 1150 \cdot 4 = 4600$ (Лм) – світловий потік світильника. (Світильники чотирилампові, марка лампи вказана вище, світловий потік однієї лампи 1150 Лм.)

$S = 40 \text{ м}^2$ – площа освітлюваного приміщення;

η – коефіцієнт використання світлового потоку. Визначається в залежності від індексу приміщення і коефіцієнтів відображення відповідно стелі, стін та підлоги, $\rho_1=0.7$; $\rho_2=0.5$; $\rho_3=0.2$.

Індекс приміщення: $\phi = S/(h \cdot (a+b)) = 40/(2.3 \cdot (5+8)) = 1.34$;

По таблиці вибираємо: $\eta = 0.75$;

$K_3 = 1.4$ – коефіцієнт запасу, при використуванні люмінесцентних ламп в приміщеннях з повітряним середовищем, використовуємих як приміщення управління(робочі кімнати).

$Z = 1.2$ – коефіцієнт нерівномірності освітлення.

$$E = 8 \cdot 4600 \cdot 0.75 / (40 \cdot 1.4 \cdot 1.2) = 410.7 \text{ (Лм)}$$

Відповідно до ДБН В.2.5–28–2006, для розряду зорових робіт IVв необхідно, щоб комбінована освітленість була не менше 400 Лм. Ця умова виконується.

4.6 Виробничий шум

Для умов і характеру робіт у приміщенні, останнє можна класифікувати як приміщення управління (робочі кімнати), рівні шуму визначені ДСН 3.3.6.037–99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку». Допустимі рівні звуку і рівні звукового тиску в октавних смугах частот наведені у таблиці-4.4 нижче.

Таблиця-4.4. Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного (непостійного) широкосмугового (тонального) шуму.

Робочі місця	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах частот із середньгеометричними значеннями (Гц)									Допустимий рівень звуку (ДБА)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Адміністративно - керівна діяльність	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60

Максимальний рівень шуму, що коливається у часі та передається, не повинен перевищувати 110 дБА. Максимальний рівень для імпульсного шуму не повинен перевищувати 125 дБА.

Основними джерелами шуму в умовах розглядаємого приміщення є вентилятори охолодження внутрішніх систем персональних ЕОМ, система кондиціонування повітря.

Очікуванні рівні звукового тиску та рівні звуку відповідають шумовим характеристикам цих джерел шуму, а саме:

- рівень шуму, створюваний внутрішніми елементами ПК дорівнює 35 дБ;
- рівень шуму системи кондиціонування повітря на низьких та високих частотах дорівнює 25 дБ та 30 дБ -відповідно.

Оскільки визначені рівні звуку потенційних джерел шуму значно нижчі за допустимі норми, - умови приміщення повністю відповідають існуючим санітарним вимогам.

4.7 Безпека у надзвичайних ситуаціях

Безпека у надзвичайних ситуаціях регламентується ПЛАС. Одними з основних складових ПЛАС є розробка технічних рішень та організаційних заходів щодо оповіщення, евакуації та дії виробничого персоналу у разі виникнення надзвичайної ситуації та визначення активних заходів з пожежної безпеки.

4.7.1. Вимоги щодо організації ефективної роботи системи оповіщення персоналу в разі виникнення надзвичайної ситуації

Для підвищення безпеки у надзвичайних ситуаціях (НС) пропонується встановлення системи оповіщення (СО) виробничого персоналу.

Оповіщення виробничого персоналу у разі виникнення НС, наприклад при пожежі, здійснюється відповідно до вимог НАПБ А.01.003-2009.

Оповіщення про НС та управління евакуацією людей здійснюється одним з наступних способів або їх комбінацією:

- поданням звукових і (або) світлових сигналів в усі виробничі приміщення будівлі з постійним або тимчасовим перебуванням людей;
- трансляцією текстів про необхідність евакуації, шляхи евакуації, напрямки руху й інші дії, спрямовані на забезпечення безпеки людей;
- трансляцією спеціально розроблених текстів, спрямованих на запобігання паніці й іншим явищам, що ускладнюють евакуацію;
- розміщенням знаків безпеки на шляхах евакуації згідно з ДСТУ ISO 6309;
- ввімкненням евакуаційних знаків "Вихід";
- ввімкненням евакуаційного освітлення та світлових показників напрямку евакуації;
- дистанційним відкриванням дверей евакуаційних виходів;

Як правило, СО вмикається автоматично від сигналу про пожежу, який формується системою пожежної сигналізації або системою пожежогасіння. Також з приміщення оперативного (чергового) персоналу СО (диспетчера пожежного поста) слід передбачати можливість запуску СО вручну, що забезпечує надійну роботу СО не тільки при пожежі, а й у разі виникнення будь-якої іншої НС.

Згідно з вимогами ДБН В.1.1-7-2016 необхідно забезпечити можливість прямої трансляції мовленнєвого оповіщення та керівних команд через мікрофон

для оперативного реагування в разі зміни обставин або порушення нормальних умов евакуації виробничого персоналу.

Оповіщення виробничого персоналу про НС /пожежу/ здійснюється за допомогою світлових та/або звукових оповіщувачів - обладнуються всі виробничі приміщення.

СО повинна розпочати трансляцію сигналу оповіщення про НС /пожежу/, не пізніше трьох секунд з моменту отримання сигналу про НС /пожежу/.

Сигнал привертання уваги та сигнал оповіщення про НС /пожежу/, повинен відрізнятися від сигналів іншого призначення.

Пульти управління СО необхідно розмішувати у приміщенні пожежного поста, диспетчерської або іншого спеціального приміщення (в разі його наявності). Ці приміщення повинні відповідати вимогам ДБН В.2.5-56-2014.

Кількість звукових та мовленнєвих оповіщувачів, їх розміщення та потужність повинні забезпечувати необхідний рівень звуку в усіх місцях постійного або тимчасового перебування виробничого персоналу.

У місцях, де є небезпека механічного ушкодження оповіщувачів, повинен бути забезпечений їх захист, що не порушує працездатності оповіщувачів.

Звукові оповіщувачі повинні комбінуватися зі світловими, які працюють у режимі спалахування, у таких випадках:

- у приміщеннях, де люди перебувають у шумозахисному спорядженні;
- у приміщеннях з рівнем шуму понад 95 дБ.

Евакуаційні світлові покажчики "Вихід" слід вмикати разом з основними освітлювальними приладами робочого освітлення.

Допускається використовувати евакуаційні світлові покажчики, що автоматично вмикаються при отриманні СО командного імпульсу про початок оповіщення про НС /пожежу/ та (або) аварійному припиненні живлення робочого освітлення.

Вимоги до світлових покажчиків "Вихід" приймаються відповідно до ДБН В.2.5-28-2006 "Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення".

Електропостачання, заземлення, занулення, вибір та прокладання мереж оповіщення приймаються згідно з вимогами до систем пожежної сигналізації за ДБН В.2.5-56-2014 "Інженерне обладнання будинків і споруд. Пожежна автоматика будинків і споруд".

Вимоги до евакуаційного освітлення приймаються відповідно до ДБН В.2.5-28-2006 "Природне та штучне освітлення".

СО в режимі "Тривога" повинна функціонувати протягом часу, необхідного для евакуації людей з будинку, але не менше 15 хвилин.

Вихід з ладу одного з оповіщувачів не повинен призводити до виведення з ладу ланки оповіщувачів, до якої його під'єднано.

Електропостачання СО здійснюється за I категорією надійності згідно з ПУЕ-2006 від двох незалежних джерел енергії: основного - від мережі змінного струму, резервного - від акумуляторних батарей тощо. Перехід з основного джерела електропостачання на резервний та у зворотному напрямку в разі відновлення централізованого електропостачання повинен бути автоматичним.

Тривалість роботи СО від резервного джерела енергії у черговому режимі має бути не менш 24 годин.

Тривалість роботи СО від резервного джерела енергії у режимі "Тривога" має бути не менше 15 хвилин.

Звукові оповіщувачі повинні відповідати вимогам ДСТУ EN 54-3:2003 "Системи пожежної сигналізації. Частина 3. Оповіщувачі пожежні звукові".

Звукові сигнали СО повинні забезпечувати загальний рівень звуку не менше 75 дБ на відстані 3 м від оповіщувача, але не більше 120 дБ у будь-якій точці виробничого приміщення. При цьому для забезпечення чіткої чутності звукові сигнали СО повинні забезпечувати рівень звуку не менше ніж на 15 дБ вище допустимого рівня звуку постійного шуму у захищеному приміщенні. Вимір проводиться на висоті 1,5 м від підлоги.

Світлові оповіщувачі, які працюють у режимі спалахування, повинні бути червоного кольору, мати частоту мигтіння в межах від 0,5 Гц до 5 Гц та розташовуватись у межах прямої видимості з постійних робочих місць.

4.7.2 Обов'язки та дії персоналу при надзвичайних ситуаціях

У разі виявлення ознак надзвичайної ситуації (НС) працівник, який їх помітив, повинен:

- негайно повідомити про це засобами зв'язку органи ДСНС та Державну пожежну охорону, вказати при цьому адресу, кількість поверхів, місце виникнення НС, наявність людей, а також своє прізвище;
- повідомити про НС керівника, адміністрацію, пожежну охорону підприємства;
- організувати оповіщення людей про НС;
- вжити заходів щодо евакуації людей та матеріальних цінностей;
- вжити заходів щодо ліквідації наслідків НС з використанням наявних засобів.

Керівник та пожежна охорона установи, яким повідомлено про виникнення пожежі, повинні:

- перевірити, чи викликано підрозділи ДСНС;
- вимкнути у разі необхідності струмоприймачі та вентиляцію;
- у разі загрози життю людей негайно організувати їх евакуацію та їх рятування, вивести за межі небезпечної зони всіх працівників, які не беруть участь у ліквідації НС;
- перевірити здійснення оповіщення людей про НС;
- забезпечити дотримання техніки безпеки працівниками, які беруть участь у ліквідації НС;
- організувати зустріч підрозділів ДСНС та Державної пожежної охорони, надати їм допомогу у локалізації та ліквідації НС.

Після прибуття підрозділів ДСНС та Державної пожежної охорони повинен бути забезпечений безперешкодний доступ їх до місця, де виникла НС.

4.7.3 Пожежна безпека

Усі заходи по пожежній безпеці в робочому приміщенні здійснюються згідно з вимогами НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні.

Виникнення пожежі під час виконання електромонтажних робіт по обладнанню приміщення засобами захисту інформації, подальшої експлуатації приміщення за призначенням - можливе у наступних випадках:

- порушення правил користування паяльником;
- порушення ізоляції струмоведучих дротів;
- можливість враження електричним струмом;
- порушення правил користування електроінструментом;
- порушення правил експлуатації ПЕОМ та іншої РЕА;
- перевантаження обмоток силового трансформатора та фільтра;
- у випадку короткого замикання в ланках електроживлення;
- поломки приладів і обладнання, які живляться від данної мережі;
- порушення норм протипожежної безпеки;
- куріння в невстановлених місцях.

Аналіз електромережі робочого приміщення.

Термічна дія струмів короткого замкнення.

Температуру провідника ($t_{пр}$), °С, нагріваємого струмом короткого замкнення, рахують за формулою:

де: t_n - початкова температура провідника, °С;

$I_{к.з}$ - струм короткого замкнення, А;

R - опір провідника, Ом; для міді: $R_0 = 0.0175$ (Ом/мм²·м);

$T_{к.з}$ - час короткого замкнення, с;

$C_{пр}$ - теплоємність провідника, Дж·кг⁻¹·К⁻¹; для міді: $C_{пр} = 380$ Дж·кг⁻¹·К⁻¹;

$m_{пр}$ - маса провідника, кг.; питома вага міді = 8.96 кг·дм³;

Проведемо розрахунок:

- електропроводку приміщення виконано мідним провідником з перерізом:

$$S_{\text{пер}} = 2.5 \text{ мм}^2 = 2.5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2; \text{ для міді: } r_0 = 0.0175 \text{ (Ом/мм}^2 \cdot \text{м)},$$

$$R_{\text{пр}} = r_0 / S_{\text{пер}} = 0.0175 / 2.5 = 0.007 \text{ (Ом)},$$

$$t_n = 20^\circ\text{C}, I_{\text{к.з}} = 35.95 \text{ А}, C_{\text{пр}} = 380 \text{ Дж} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}, T_{\text{к.з}} = 0.1 \text{ с},$$

$$\rho_{\text{міді}} = 8.96 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3,$$

$$m_{\text{пр}} = \rho_{\text{міді}} \cdot S_{\text{пер}} \cdot l_{\text{пр}} = 8.96 \cdot 10^3 \cdot 2.5 \cdot 10^{-6} \cdot 1 = 0.0224 \text{ (кг/м)},$$

$$t_{\text{пр}} = t_n + I_{\text{к.з}} \cdot R_{\text{пр}} \cdot T_{\text{к.з}} / (C_{\text{пр}} \cdot m_{\text{пр}}) = 20 + 35.95 \cdot 0.007 \cdot 0.1 / (380 \cdot 0.0224) = 20.11^\circ\text{C}.$$

Робимо висновок, що за час спрацювання запобіжного автомату захисту від короткого замкнення проводки в приміщенні - нагрівання провідників майже невідчутне.

- Вогнезаймистість кабелю й провіднику з ізоляцією залежить від значення кратності струму короткого замкнення $I_{\text{к.з}}$, (від значення відношення $I_{\text{к.з}}$ до тривало-допустимого струму в кабелі або провіднику). Якщо ця кратність більше за 2.5, але менше за 18 -для кабеля і менше за 21 -для провідника, тоді проходить займання полівінілхлоридної ізоляції.

Розрахунок:

Проводку в приміщенні виконано мідним проводом перерізом: $S = 2.5 \text{ мм}^2$.

Допустима щільність тривалого струму через провідник: $J \leq 3.5 \text{ А/мм}^2$.

Допустимий струм проводки приміщення: $I_{\text{пр}} \leq 3.5 \cdot 2.5 = 8.75 \text{ А}$.

Вище розрахований струм короткого замкнення: $I_{\text{к.з}} = 35.95 \text{ А}$.

Відношення $I_{\text{к.з}} / I_{\text{пр}} = 35.95 / 8.75 = 4.11$, - робимо висновок: одержане в розрахунку значення означає можливість займання ізоляції провідників проводки при довготривалій дії струму короткого замкнення.

Захист від займання проводки у випадку короткого замкнення забезпечено встановленням автоматичних запобіжників перевищення струму, з часом зпрацьовування $T \leq 0.1 \text{ с}$, тому умови займання ізоляції проводки - не виконуються (проводка не встигне нагрітись до температури займання).

Пожежа, що може виникнути в приміщенні, відноситься до класу „Е” – так, як в ньому розташоване електрообладнання для захисту інформації від витоку.

Відповідно до НАПБ Б.01.008-2004 "Правила експлуатації вогнегасників" в приміщенні знаходиться вогнегасник: вуглекислотний типу ВВ-5 для гасіння електроустановок під напругою. ВВ-5 розташований на висоті 1,5 м від підлоги поруч із вихідним дверним блоком. Розміщення і умови зберігання вогнегасника відповідають вимогам.

В коридорі знаходяться коробка, де є пожежний кран та рукав, а також перебуває вогнегасник типу ВХП-10, пожежний інвентар відповідно до ГОСТ 12.4.009-83.

Телефонний апарат знаходиться в кімнаті секретаря організації. Поруч з ним знаходиться список номерів телефонів виклику міської пожежної охорони.

Приміщення попередньо обладнане датчиками диму та вогню згідно вимог ДБНВ.2.5.-56:2014, у кількості 2 шт, розміщеними на нижній поверхні підвісної стелі. Датчики підключені лінією на пульт міської пожежної охорони.

На випадок виникнення пожежі, забезпечена можливість безпечної евакуації людей. Значення основних параметрів шляхів евакуації з робочого приміщення приведені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5. Характеристики і норми евакуовиходів.

Параметр	Фактичне значення	Норма
Висота дверних прорізів	2,0 м	Не менше 2 м
Ширина дверних прорізів	0,85 м	Не менше 0,8 м
Ширина проходу для евакуації	1,4 м	Не менше 1 м
Ширина коридору	2 м	Не менше 2 м
Число виходів з коридору	2 м	Не менше 2 м
Ширина сходового маршу	1,3 м	Не менше 1 м
Висота поруччя сходів	1.1 м	Не менше 0,9 м

4.7.4 Висновок

Дотримано усі вимоги ДБН В.1.1-7-2016 та СНиП 2.09.02-85 по вогнестійкості будинку і ширині евакуаційних проходів і виходів із приміщень

назовні. Евакуація людей з приміщення проводиться через вихід. В приміщенні є план евакуації людей на випадок виникнення пожежі, де показано розташування пожежних кранів, вогнегасників, телефону. Мінімальний час евакуації відповідає вимогам ДБН В.1.2.-7-208. Таким чином в приміщеннях організації виконуються вимоги з пожежної безпеки згідно з НАПБ А.01.001-14 Правил пожежної безпеки в Україні, СНиП 2.09.02-85, ДБН В.1.2.-7-208.

ВИСНОВКИ

У магістерській дисертації розв'язано актуальне завдання щодо підвищення ефективності системи екранування побічного електромагнітного випромінювання (ПЕМВ) технічних засобів обробки інформації з обмеженим доступом від просочення за межі периметру захищуваного приміщення.

При розв'язанні поставленого завдання були отримані наступні наукові та практичні результати:

1. Проаналізовано процеси виникнення побічних електромагнітних випромінювань;

2. Проведено аналіз існуючих способів забезпечення захисту інформації з обмеженим доступом від витoku за каналами побічних електромагнітних випромінювань;

3. Проведено аналіз принципів екранування побічного електромагнітного випромінювання на фізичному рівні;

4. Проведено аналіз властивостей існуючих матеріалів для екранування електричної та магнітної складових електромагнітного випромінювання;

5. Надано порівняльну оцінку екрануючих властивостей основних екрануючих металів за розрахунками їх характеристик;

6. Проведено порівняльний огляд методів екранування побічного електромагнітного випромінювання при обладнанні комунікаційних отворів в екранованому приміщенні;

7. Розроблено методику проектування ефективної системи захисту приміщення від витoku інформації за електромагнітним каналом методом екранування ПЕМВ при обладнанні екранованого приміщення;

8. За розробленою автором методикою захисту від витoku інформації за електромагнітним каналом спроектовано систему захисту від витoku ЕМВ для приміщення реального об'єкту інформаційної діяльності, з експериментальним доведенням відповідності одержаного коефіцієнта екранування ЕМВ розрахунковому (Додаток-В).

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

- 1 Зайцева А.П., Шелупанова А.А. Технические средства и методы защиты информации. – М.: «Издательство Машиностроение», 2009. – 508 с.
- 2 Хорошко В.О., Чередниченко В.С., Шелест М.Є. Основи інформаційної безпеки. – К.: «ДУІКТ», 2008. – 186 с.
- 3 Генне В.И. К вопросу оценки ПЭМИ цифрового электронного оборудования. – М.: «Конфидент», 1999. – 82 с.
- 4 Хорев А.А. Техническая защита информации: учеб. пособие для студентов вузов. В 3 т. Т. 1. Технические каналы утечки информации. - М.: НПЦ «Аналитика», 2008. – 436 с.
- 5 Ю.Н. Максимов, В.Г. Сонников и др. Технические методы и средства защиты информации. - СПб.: «Издательство Полигон», 2000. – 320 с.
- 6 Хорошко В.А., Чекатков А.А. Методы и средства защиты информации – К.: «Издательство Юниор», 2003. – 504 с.
- 7 Торокин А.А. Инженерно-техническая защита информации. -М.: «Гелиос АРВ», 2005 – 203 с.
- 8 Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. — Издание 7-е, исправленное. — М.: «Наука», 1988. — 512 с.
- 9 Берестецкий В. Б., Лифшиц Е. М., Питаевский Л. П. Теоретическая физика. — М.: «Наука», 1968. — 480 с.
- 10 Гольдштейн Л. Д., Зернов Н. В. Электромагнитные поля и волны. — 2-е изд.—М.: «Советское радио», 1971. — 664 с.
- 11 Магнитный диполь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1016752>.
- 12 Методы и средства защиты информации, обрабатываемой ТСПИ, от утечки по техническим каналам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.analitika.info/zaschita.php?page=1&full=block_article87.
- 13 Кузнецов Ю.В., Бехтин М.А., Система измерения электромагнитного излучения технических средств. Научно-техническая конференция молодых ученых факультета «Радиоэлектроники летательных аппаратов»,

- М.: «МАИ», 2007. – 180 с.
- 14 Крылов В.А., Юченкова Т.В. Защита от электромагнитных излучений. – М.: «Сов. радио», 1972. – 216 с.
 - 15 Рогинский В.Ю. Экранирование в радиоустройствах. – Л.: «Энергия», 1969. – 112 с.
 - 16 Экранирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://antenna.psuti.ru/uploads/ruzhnikov/emc/004.pdf>.
 - 17 Магнитное экранирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://femto.com.ua/articles/part_1/2064.html.
 - 18 Способы защиты объектов информатизации от утечки информации по техническим каналам: экранирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bnti.ru/showart.asp?aid=985&lvl=04>.
 - 19 Шапиро Д.Н. Электромагнитное экранирование. – Д.: «Интеллект», 2010. – 120 с.
 - 20 Гроднев И.И. Электромагнитное экранирование в широком диапазоне частот. – М.: «Связь», 1972. – 112 с.
 - 21 Материалы для магнитных экранов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ntpo.com/38797-materialy-dlya-magnitnyh-ekranov.html>.
 - 22 Зіньковський Ю.Ф., Клименко В.Г. Дослідження процесів взаємодії електромагнітних полів та екранів. – К.: «Техніка», 1994. – 155 с.
 - 23 Материалы для защиты от воздействия электромагнитных полів радиочастотного диапазона [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/225/2255866.html>.
 - 24 Бузов Г. А., Калинин СВ., Кондратьев А. В. Защита от утечки информации по техническим каналам. – М.: «Телеком», 2005. – 416 с.
 - 25 Сидорин Ю.С. Технічні засоби захисту інформації. – СПб.: «СПбГПУ», 2005. – 125 с.
 - 26 Электромагнитное экранирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://electrono.ru/dopolnitelnye/5-3-elektromagnitnoe-ekranirovanie>.

- 27 Физические принципы экранирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://neo-chaos.narod.ru/useful/emc/screening_physical.pdf.
- 28 Хорошко В.О., Чередниченко В.С., Шелест М.Є. Основы інформаційної безпеки. – К.: «ДУІКТ», 2008. – 186 с.
- 29 Побочные электромагнитные излучения и наводки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.generallytech.ru/gentecs-1203-2.html>.
- 30 Petzold J. Advantages of softmagnetic materials for modern electronic applications. – Н.: «Scripta Materialia», 2014. – 901 p.
- 31 Соловьянова И.П., Шабунин С.Н. Теория волновых процессов. – Е.: «ГОУ ВПО УПИ», 2004. – 142 с.
- 32 Теория поля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/288312/>.
- 33 Экранирование электромагнитных волн [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bnti.ru/showart.asp?aid=225&lvl=04.03.04.02>.
- 34 Кечиев Л.Н., Акбашев Б.Б., Степанов П.В. Экранирование технических средств и экранирующие системы. □ М.: ООО "Группа ИДТ", 2010- 470 с.
- 35 ЯНУШКЕВИЧ В. Ф. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ И ВОЛНЫ. Учебное издание. - Новополюцк: Учреждение образования «Полоцкий государственный университет», 2007.
- 36 Конструирование экранов и СВЧ- устройств Под ред. Л.М.Чернушенко.-М.: Радио и связь, 1990.-351с.
- 37 Ковнеристый Ю.К., Лазарева И.Ю., Раваев Л.Л. Материалы, поглощающие СВЧ -излучения.-М.: Наука, 1982.-164 с.
- 38 Vaessen W.T.E. Transmissiemetingen aan Bouw-maierialen, Refleclie aan Draadschermen en de Fysica van Dunne Metaallagen /7 The Netherlands: EUT internal report, May 1987.- 112 p.
- 39 Т.Р. Газизов. ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ Учебное пособие 2012.
- 40 https://pidruchniki.com/1208062339078/bzhd/yak_provoditsya_ekranuvannya_dzherel_elektromagnitnih_viprominyuvan

- 41 Герасимов В.Г. Электротехнический справочник. – М.: «МЭИ», 2003.-215с.
- 42 Зінковський Ю.Ф., Клименко В.Г. Електромагнітна, інформаційна захищеність та сумісність електронних апаратів. – Ж.: «ЖІТІ», 1999.– 376с.
- 43 Electromagnetic materials [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.npl.co.uk/electromagnetics/electromagnetic-materials/>.
- 44 Князев А.Д., Кечиев Л.Н., Петров Б.В. Конструирование радиоэлектронной и электронно-вычислительной аппаратуры с учетом электромагнитной совместимости. – М.: «Радио и связь», 1989. – 222 с.
- 45 СНиП 2.09.02-85 “Производственные здания”.
- 46 Державні будівельні норми України. Природне і штучне освітлення. ДБН В.2.5-28-2006. Видання офіційне, Мінбуд України, Київ, 2006.
- 47 ДСН 3.3.6.037-99. «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».
- 48 ДСНіП № 239 “Електробезпека”.
- 49 НАПБ Б.01.008-2004 "Правила експлуатації вогнегасників".
- 50 НАПБ А.01.001.-14. “Правила пожежної безпеки в Україні”.
- 51 ДСНіП № 476 “Електромагнітні поля”.
- 52 СН № 4557-88 "Санітарні норми ультрафіолетового випромінювання у виробничих приміщеннях".
- 53 ДСанПіН 3.3.2-007-98 "Санітарні норми ультрафіолетового випромінювання у виробничих приміщеннях".
- 54 ДБН В.1.1-7-2016 "Оповіщення робочого персоналу”.
- 55 ДБН В.2.5-56-2014 "Інженерне обладнання будинків і споруд. Пожежна автоматика будинків і споруд".
- 56 НАПБ А.01.003-2009 “Оповіщення виробничого персоналу у разі виникнення надзвичайної ситуації”.
- 57 ДСТУ EN 54-3:2003 "Системи пожежної сигналізації. Частина 3. Оповіщувачі пожежні звукові".

ДОДАТОК – А

ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ЗАХИСТ ОБ'ЄКТІВ ВІД ВИТОКУ КОНФІДЕНЦІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ЗА ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ КАНАЛОМ

Сапов О. Є.

(Науковий керівник Піддубний В. О., к.т.н., доцент)

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут», Радіотехнічний факультет*

При використанні технічних засобів обробки інформації побічні електромагнітні випромінювання, що виникають внаслідок недосконалості електронної апаратури, створюють додатковий електромагнітний канал витоку інформації, який може бути використаний для несанкціонованого доступу до оброблюваної інформації з боку зацікавлених осіб. Це актуально при обладнанні приміщень, призначених для обігу та обробки конфіденційної інформації.

Основні чинники впливу на інформацію, що мають електромагнітну природу наступні:

- електромагнітні випромінювання та поля в радіочастотному діапазоні, функціонально властиві технічним засобам об'єктів інформатизації;
- побічні та паразитні електромагнітні випромінювання;
- ненавмисні опромінення об'єктів інформатизації електромагнітними полями техногенних джерел;
- електромагнітні впливи грозових розрядів і інших природних явищ;
- застосування технічних засобів радіоелектронної розвідки;
- використання закладних пристроїв для несанкціонованого доступу;
- навісне блокування, знищення, спотворення інформації зовнішнім силовим електромагнітним впливом з кримінальною метою.

Ці проблеми вирішуються електромагнітним екрануванням приміщень, в яких розташовано системи обробки даних, що є ефективним засобом інженерно-технічного захисту від витоку цієї інформації за електромагнітним каналом.

Електромагнітний екран локалізує електромагнітні випромінювання (ЕМВ) технічних засобів в межах екранованого приміщення, перешкоджаючи їх появу в навколишньому просторі, знижує рівень ЕМВ до заданих величин, унеможливорюючи несанкціоноване знімання інформації за межами екранованого простору. Екранування забезпечує значне зниження впливу зовнішнього навмисного електромагнітного опромінювання на персонал та засоби обробки інформації з метою зняття або руйнування останньої. Це обумовлює електромагнітну безпеку об'єкта.

Вимоги щодо захисту інформації від витоку за технічно створеними каналами (електроакустичний канал, радіоканал, канал побічних ЕМВ та

наведень) задаються на стадії розроблення проекту. У зонах підвищеної конфіденційності (кімнати переговорів, технологічні приміщення, в яких циркулює інформація, призначена для службового користування) не повинно бути вікон, наявні екрановані двері, повинна бути незалежна система електроживлення. Будівництво такого об'єкта слід проводити з екранувальних матеріалів (наприклад, бетону з електропровідним наповнювачем). Стіни мають бути покриті гнучкими екранами, тканими з аморфних матеріалів або електропровідними тканинами та металізованими плівками. Для запобігання утворенню стоячих електромагнітних хвиль з частотами понад 1 ГГц, приміщення оброблюють конструкційними радіопоглинальними матеріалами. Сумарно коефіцієнт екранування правильно спроектованого приміщення може бути більше 60 дБ в широкому частотному діапазоні.

Велике значення має екранування вже існуючих приміщень. В цьому випадку для підвищення екрануючих властивостей використовується струмопровідні лакофарбові покриття та струмопровідні шпалери, оздоблення стін гнучкими багатошаровими екранами. Вікна оснащують металізованим склом (диоксид олова) у металевих (металізованих) рамах, або, також перекриваються металевими сітками, металізованими плівками та шторами з металізованої тканини, яка має радіопоглинальні властивості у широкому частотному діапазоні. Таким чином можна досягти коефіцієнту екранування до 20 дБ та вище. Загальна ефективність екрану лежить в межах 60...120 дБ. Більш детально про особливості екранування приміщень можна подивитись в [1,2].

Автором спроектоване приміщення розміром 5м x 8м, яке має 2 вікна та 1 подвійні двері. Екранування приміщення здійснюється з використанням вище описаних засобів. Розрахункове значення коефіцієнта екранування 60 дБ, виміряне за допомогою пристрою Agilent E4402 сумісно з антеною АИ5-0 в діапазоні частот 0.1...2000 МГц – 64 дБ.

Таким чином захист від витоку інформації з приміщень призначених для обігу та обробки конфіденційної інформації можна забезпечити екрануванням ЕМВ в приміщенні, що захищається, і це є ефективним інженерно-технічним засобом від витоку цієї інформації.

Література

1. Пігур Н.В. Методи електромагнітного екранування приміщень // ІУ Міжнар. конф. молодих вчених Національного університету «Львівська політехніка» CSE-2010 ((Computer science & Engineering 2010)) – 2010. — С. 358–359.
2. Козловський В.В., Софиенко И.И. Экранирующие свойства современных материалов // Вісник ДУІКТ. – 2009. – 7(3). — С. 233-245.

ДОДАТОК – Б

Сапов О.Є., бакалавр

НТУУ «Київський політехнічний інститут» імені Ігоря Сікорського, м.Київ
Радіотехнічний факультет, студент

ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ МЕТОД ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ ВІД ВИТОКУ ІНФОРМАЦІЇ ЗА ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ КАНАЛОМ

Недосконалість апаратури технічних засобів обробки інформації призводить до виникнення побічних електромагнітних випромінювань, які можуть бути використані зацікавленими особами як додатковий електромагнітний канал несанкціонованого доступу до змісту оброблюваної інформації. Можливість витоку оброблюваної інформації за електромагнітним каналом є проблемою, яку необхідно враховувати під час обладнання приміщень, призначених для обігу конфіденційної інформації.

Основні складові впливу на інформацію, що мають електромагнітну природу:

- електромагнітні випромінювання та поля в радіочастотному діапазоні, функціонально властиві технічним засобам об'єктів інформатизації;
- побічні (паразитні) електромагнітні випромінювання;
- наведення в електричних ланцюгах, викликані побічними електромагнітними випромінюваннями, ємнісними і індуктивними зв'язками;
- ненавмисні опромінення об'єктів інформатизації електромагнітними полями техногенних джерел;
- електромагнітні впливи грозових розрядів і інших природних явищ;
- застосування технічних засобів радіоелектронної розвідки для доступу до захищеної інформації;
- використання закладних пристроїв для несанкціонованого доступу до інформації;
- навмисне блокування, знищення, спотворення інформації зовнішнім силовим електромагнітним впливом у кримінальних цілях.

Означену вище проблему може бути вирішено забезпеченням електромагнітного екранування приміщень розташування систем обробки конфіденційної інформації. Електромагнітне екранування є ефективним інженерно-технічним захистом від витоку інформації за електромагнітним каналом: екран локалізує електромагнітні випромінювання (ЕМВ) технічних засобів обробки інформації в об'ємі екранованого приміщення, запобігаючи їх просоченню в навколишній простір, знижує рівень ЕМВ нижче граничних величин, унеможливаючи тим самим несанкціоновану реєстрацію інформації за межами екранованого приміщення. Також корисним результатом екранування є значне зниження наслідків впливу зовнішнього навмисного електромагнітного опромінювання на персонал та технічні засоби обробки

даних з метою зняття або руйнування останніх. Вищенаведене обумовлює комплексну електромагнітну безпеку об'єкта.

Для екранування силових ліній статичного магнітного поля використовують екрани, виконані з легконамагнічуваних матеріалів, що призводять до замкнення силових ліній магнітного поля всередині матеріалу екрану запобігаючи їх поширенню у зовнішній простір. Якість екранування магнітного поля не залежить від наявності заземлення екрану, на відміну від обов'язкової необхідності якісного заземлення екранів статичного електричного поля, для екранування якого використовують екрани з низьким поверхневим опором конструкційного матеріалу, що призводить до локалізації силових ліній електричного поля на екрануючій поверхні з наступним їх заземленням.

Для екранування високих частот використовують виключно електромагнітне екранування, принцип дії якого базується на наведенні (вихровими струмами в матеріалі екрану) високочастотного електромагнітного поля, протифазного опромінюючому та послаблюючого останнє.

Необхідність технічного захисту від витоку інформації за радіотехнічними каналами враховують на етапі проектних робіт. Приміщення підвищеного рівню конфіденційності -мають бути без вікон, з екранованими дверима, обладнані незалежною системою електропостачання з захистними фільтрами. Будівництво об'єкта слід проводити з бетону з електропровідним наповнювачем (має високі екрануючі властивості). Оздоблення стін об'єкта виконувати гнучкими екранами з аморфних матеріалів або струмопровідними тканинами (вуглетканини різних типів або синтетичні плівки з металізованою поверхнею). Обробка внутрішніх стін об'єкту радіопоглинаючими матеріалами запобігає утворенню стоячих електромагнітних хвиль на частотах вище 1 ГГц. Загальний коефіцієнт екранування правильно спроектованого об'єкта може сягати більше 60 дБ в широкому діапазоні радіохвиль.

При створенні конфіденційної зони суттєве значення має екранування вже існуючих приміщень, попередньо не призначених для спецвикористання. В більшості випадків екрануючі властивості стін підвищують електропровідним лакофарбовим покриттям або оздобленням останніх струмопровідними шпалерами та багатошаровими гнучкими екрануючими матеріалами. Наявні в стінах віконні отвори перекривають екранами з металевої сітки або металізованої плівки, або оснащують металізованим склом (диоксид олова) у металевих (металізованих) рамах та шторами з екрануючих тканин, що мають радіопоглинальні властивості в широкому діапазоні радіохвиль. В цьому разі досяжний коефіцієнт екранування перевищує 20 дБ.

Можливість екранування приміщення, що забезпечить захист інформації та персоналу від перерахованих вище факторів, забезпечується в основному властивостями застосовуваних радіоекрануючих матеріалів.

Матеріали, що застосовують для виготовлення екрану:

- сталь листова декапірована ДСТ 1386-47, товщина листа (мм) 0,35; 0,50; 0,60; 0,70; 0,80; 1,00; 1,25; 1,50; 1,75; 2,00;
- сталь тонколистова оцинкована ДСТ 7118-54, товщина листа (мм) 0,35; 0,51; 0,63; 0,76; 0,82; 1,00; 1,25; 1,50; 1,75; 2,00;

- сітка з сталі тканина ДСТ 3826-47, № 0,4; 0,5; 0,7; 1,0; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,5;
- сітка з сталі плетена ДСТ 5336-50, № 3; 4; 5; 6;
- сітка з латуні(марка Л-80) ДСТ 6613-53, № 0.25, 0,5; 1,0; 1,6; 2,0; 2,5; 2,6.

Екранування приміщення листовою сталлю має меншу вартість та спрощене виконання, але необхідно враховувати проблеми освітлення та вентиляції в екранованому приміщенні, вирішення яких спрощується за умови виконання екранів з металевої сітки.

Екранувальні властивості металевих сіток:

- низьковуглецева луджена сталева сітка (вікно 2.5x2.5 мм), дає затухання до 60 дБ, така ж подвійна сітка (100 мм між сітками) - до 90 дБ;
- одинарна мідна сітка (вікно 2.5x2.5 мм), забезпечує затухання до 70 дБ.

Окремі листи матеріалу виконання екрану мають бути з'єднані по периметру між собою суцільним зварним або паяним швом, для екранів з сітки – до 15 мм між точками з'єднання (шов виконується пайкою або точковим зварюванням).

Також для додаткового екранування використовуються:

- різні екрануючі тканини з металевими волокнами у складі (сталеві, мідні та ін.), що утворюють екрануючу сітку;
- застосовуються екрануючі фарби, з вмістом провідних неметалевих компонентів у складі, (порошкова газова сажа та полімерні волокна з графітом);
- металоплівки (для вікон), з вмістом значної кількості оксидів металів срібла, нікелю, олова, міді.

Додаткові необхідні вимоги:

- Необхідно забезпечити надійність електричного контакту закритих дверей з дверною рамою та стінками приміщення по периметру з шагом 10... 15 мм -макс. (наприклад встановленням бронзової пружинної гребінки по периметру рами дверей).
- Закриттям вікон кількома шарами сітки з міді з отворами менше 2.5x2.5 мм та відстанню більше 50 мм між окремими шарами сітки (необхідна наявність надійного електричного контакту між окремими шарами сітки та елементами екрану стін приміщення по периметру віконних отворів).
- Під час екранування приміщення необхідно передбачити забезпечення вентиляції повітря і освітлення для нормальних умов праці працівників. Розміри вентиляційних отворів екрану мають бути не більше 0.1 від найменшої довжини хвилі, що екранується. На високих частотах необхідний малий розмір отворів може значно погіршити ефективність вентиляції.

Необхідний рівень придушення електромагнітних випромінювань екраном лежить між межами 60 дБ та 120 дБ, в залежності від конкретної ситуації.

Реальні рівні придушення електромагнітних випромінювань для екранованих приміщень:

- екрановане сталевим листом, з подвійними дверима з притискними пристроями – до 100 дБ
- екрановане двома шарами сітки з подвійними дверима з притискними пристроями – до 80 дБ,

– екрановане сіткою з одинарними дверима з притискними пристроями – до 40 дБ,

Спеціальні екрановані камери спроможні забезпечити придушення електромагнітних випромінювань понад 100 дБ. Це найбільш поширений вид екранованих приміщень, виконаних "електрогерметичним сталевим корпусом" (з використанням спеціальних фільтрів для введення необхідних електричних комунікацій), що використовується у сферах технічного захисту інформації та тестування продукції на вимоги стандартів ЕМС.

Робочий частотний діапазон екранованих камер – від 10 кГц до 40 ГГц:

– екранування електричної складової радіохвиль: від 10 кГц до 100 МГц – 100 дБ; від 100 МГц до 1 ГГц – 100 дБ, від 1 ГГц до 10 ГГц – 100 дБ; від 10 ГГц до 18 ГГц – 90 дБ, від 18 ГГц до 40 ГГц – 80 дБ;

– екранування магнітної складової радіохвиль: від 10 кГц до 100 кГц – 70 дБ; від 100 кГц до 10 МГц – 100 дБ; понад 10 МГц – 100...120 дБ;

Більш детально про особливості екранування приміщень можна подивитись в [1...5].

Підсумки викладеного матеріалу:

Недосконалість електронної апаратури та можливості навмисного електромагнітного впливу на засоби обробки інформації з метою незаконного її видобутку або руйнування останньої обумовлює необхідність захисту об'єкту від витоку інформації за електромагнітним каналом. Екранування приміщень може забезпечити електромагнітну безпеку об'єкта – що є ефективним інженерно-технічним захистом від витоку конфіденційної інформації за електромагнітним каналом.

Література

1. Козловський В.В., Софиенко И.И. Экранирующие свойства современных материалов // Вісник ДУІКТ. - 2009. - 7(3). - С. 233-245.
- 2 http://alfapol.ru/elektromagnitnoe_ekranirovanie/, 2010. Электромагнитное экранирование. [Электронный ресурс].
3. Винников В.В. Основы проектирования РЭС. Электромагнитная совместимость и конструирование экранов: Учеб. пособие. - СПб.: Изд. СЗТУ, 2006. - 164 с.
4. Погребенник В.Д., Пігур Н.В. Розроблення класифікації електромагнітних екранів будівель і приміщень. – Львів: НУ «Львівська політехніка», - 2011.
5. Пігур Н.В. Методи електромагнітного екранування приміщень // Матеріали ІУ Міжнар. конф. молодих вчених Національного університету «Львівська політехніка» CSE-2010 «Computer science & Engineering 2010». - 2010. - С. 358-359.

ДОДАТОК - В

04211 Київ, Україна а/с 88

Тел/факс (044)- 568-57-45

E-mail: bezpeka@kvirin.com<http://www.kvirin.com>

Примірник № 1

**Декану радіотехнічного факультету
НТУУ КПІ ім. І. Сікорського
к.т.н., доценту Антипенку Р.В.**

Д О В І Д К А

Видана студенту радіотехнічного факультету Сапову О.Є. в тому, що результати виконання його дипломної роботи впроваджені в реальний проект системи захисту інформації приміщення де циркулює конфіденційна інформація.

Зокрема, правомірність розробленої Саповим О.Є. методики захисту приміщення від витоку інформації за електромагнітним каналом доведено експериментально.

Планується подальше виконання робіт щодо використання отриманих результатів в діяльності підприємства.

Технічний директор ТОВ «Квірін»**Є.В. Ананський**«04» грудня 2019 р.