

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

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра інженерної екології

(повна назва кафедри)

"На правах рукопису"

УДК 666.9

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Ткачук К.К.

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ” _____ 2019 р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності (спеціалізації) 101 «Екологія», «Інженерна екологія та
ресурсозбереження»

на тему: «Підвищення рівня захисту людини від впливу електромагнітного
випромінювання мобільних телефонів»

Виконала: студентка 2 курсу, групи ОЗ-81мп
(шифр групи)

Іванова Вікторія Олександрівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник д.т.н., доц., Тверда Оксана Ярославівна

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант стартап-проекту к.т.н., доцент Шевчук Наталя Анатоліївна

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

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”

Факультет (інститут) Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
(повна назва)
Кафедра Інженерної екології
(повна назва)
Рівень вищої освіти другий (магістерський) за освітньо-професійною
програмою
перший (бакалаврський), другий (магістерський)
Спеціальність 101 «Екологія»
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Ткачук К.К.
(підпис) (ініціали, прізвище)
«__» _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту

Івановій Вікторії Олександрівні
(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема дисертації «Підвищення рівня захисту людини від впливу
електромагнітного випромінювання мобільних телефонів»

науковий керівник дисертації д.т.н., доц. Тверда О.Я.
(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « 04 » листопада 2019 р. № 3814-С

2. Строк подання студентом дисертації 11 грудня 2019 р

3. Об'єкт дослідження електромагнітне випромінювання мобільних
телефонів

4. Предмет дослідження: залежність ефективності екранування від фізичних
параметрів захисних матеріалів

5. Перелік завдань, які потрібно розробити проаналізувати характер впливу
електромагнітного випромінювання на здоров'я людини; зробити висновки
щодо існуючих способів захисту від впливу мобільних телефонів; визначити
залежність ефективності екранування від складу захисного матеріалу;
розробити стартап-проект

6. Перелік графічного матеріалу _____

7. Орієнтовний перелік публікацій матеріали II Науково-технічної конференції магістрантів Інституту енергозбереження та енергоменеджменту (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів).

8. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Нормоконтроль	Репін Микола Володимирович		
Стартап-проект	Шевчук Наталя Анатоліївна		

9. Дата видачі завдання

Календарний план

№	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк подання етапів проекту	Примітка
1	Аналіз існуючих наукових досліджень з впливу електромагнітного випромінювання на здоров'я людини;	25.09.2019 р.	Виконано
2	Аналіз методів та способів зниження впливу електромагнітного випромінювання мобільних телефонів на здоров'я людини;	15.10.2019 р.	Виконано
3	Розрахунок ефективності екранування матеріалів в залежності від частоти електромагнітних хвиль;	10.11.2019 р.	Виконано
4	Моделювання складу екрануючої радіохвилі тканини в залежності від ефективності екранування матеріалів;	25.11.2019 р.	Виконано
5	Розробка стартап-проекту	07.12.2019 р.	Виконано

Студент

(підпис)

Іванова В. О.

(прізвище, ініціали)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

Тверда О. Я.

(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація містить 76 сторінок, 17 ілюстрацій, 31 таблицю та 26 джерел згідно з переліком посилань.

Актуальність теми. Постійно зростаюча кількість користувачів смартфонів зумовлюють необхідність дослідження негативних ефектів їх електромагнітного випромінювання та розробки способу підвищення рівня захисту здоров'я людини.

Зв'язок роботи з науковими програмами. Тематика дисертаційної роботи відповідає стратегічним пріоритетним напрямам інноваційної діяльності в Україні на 2011–2021 рр. «Широке застосування технологій більш чистого виробництва та охорони навколишнього природного середовища».

Мета дослідження – підвищити рівень захисту людини від впливу електромагнітного випромінювання мобільних телефонів за рахунок розроблення засобу захисту на основі встановлених залежностей.

Задачі дослідження:

- проаналізувати досвід європейських країн у дослідженні впливів електромагнітного випромінювання мобільних телефонів на організм людини;
- визначити найбільш пріоритетні підходи щодо реалізації захисту населення від електромагнітного випромінювання;
- встановити залежності ефективності екранування матеріалів від їх особливостей та властивостей;
- розробити стартап-проект.

Об'єкт дослідження: електромагнітне випромінювання мобільних телефонів.

Предмет дослідження: зниження рівня впливу електромагнітного випромінювання мобільних телефонів за рахунок розроблення засобу захисту.

Методи дослідження. В роботі використано метод аналізу – для аналізу сучасного стану досягнень з питань впливу електромагнітного випромінювання на здоров'я людини; методи математичної і статистичної обробки даних – для встановлення залежності ефективності екранування від властивостей та характеристик екрануючого матеріалу.

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше встановлено залежність

ефективності екранування матеріалів від їх особливостей та властивостей, а саме від товщини матеріалу, магнітної проникності та складу.

Практичне значення одержаних результатів. Запропоновано склад захисного матеріалу для ефективного захисту здоров'я людини від впливу електромагнітного випромінювання мобільних телефонів, який відрізняється від відомих тим, що в якості матеріалу використовується текстиль із сталевим напиленням.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень опубліковані у матеріалах II Науково-технічної конференції магістрантів Інституту енергозбереження та енергоменеджменту (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів).

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МОБІЛЬНІ ТЕЛЕФОНИ, ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕКРАНУВАННЯ, ЗАХИСНИЙ МАТЕРІАЛ.

ABSTRACT

The master's dissertation contains 75 pages, 17 illustrations, 31 tables and 34 sources according to the list of references.

Actuality of theme. The growing number of smartphone users necessitates the study of the negative effects of their electromagnetic radiation and the development of a way to improve the level of protection of human.

Relationship of work with scientific programs. The relevance of this study is due to the existence of the law of Ukraine on "State sanitary rules and rules for the protection of the population from the influence of electromagnetic radiation"; it is promising to create a way of protecting the population from the influence of electromagnetic radiation of radio waves of mobile phones.

The purpose of the study - to investigate environmental and economic indicators in the creation of a method of human protection by studying the waves' physical demonstration, the dependence of their propagation on the composition of protective materials

Research objectives:

- to analyze the experience of European countries in the study of the effects of electromagnetic radiation of mobile phones on the human body;
- to identify the most priority approaches in the implementation of increasing the level of protection of the population;
- carry out modeling of the dependence of the material's shielding efficiency on their physical parameters;
- calculate an effectiveness of protection against radio waves, depending of the composition of the protective materials;
- to work out on a startup project.

Object of research: electromagnetic radiation of mobile phones.

Subject of research: dependence of shielding efficiency on the physical parameters of the protective materials.

Research methods. The methods and synthesis commonly used in the scientific environment were used in the work; mathematical and statistical methods for modeling the parameters studied; mathematical modeling techniques for different optimal

characteristics of the studied system and computer models to visualize the results obtained.

Scientific novelty of the obtained results. For the first time, the composition of the protective material for the effective protection of health from the influence of the electromagnetic radiation of radio waves of mobile phones is calculated.

The practical value of the results. For the first It is recommended to use the research results when creating protective shielding fabrics.

Approbation of the results of the dissertation. The results of the conducted researches were published in the materials of the II Scientific and Technical Conference of the Master's students of the Energy Saving and Energy Management Institute (based on the results of the dissertation researches of the undergraduate students).

KEY WORDS: MOBILE PHONES, ELECTROMAGNETIC EMISSIONS, EFFICIENCY OF SCREENING,SHIELDING FABRICS.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	10
ВСТУП	11
1 ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ РАДІОЧАСТОТНОГО ДІАПАЗОНУ НА ЛЮДИНУ	12
1.1 Актуальність дослідження розповсюдження електромагнітного поля у навколишньому середовищі.....	12
1.2 Аналіз досліджень впливу електромагнітного випромінювання на людину в Україні та закордоном.	15
1.3 Аналіз способів, заходів та рекомендацій щодо підвищення рівня захисту здоров'я людини від впливу ЕМВ мобільних телефонів.	20
1.4 Оцінка сучасних досягнень щодо забезпечення захисту здоров'я людини від впливу ЕМВ.	31
Висновки до розділу 1	33
2 СПОСОБИ ЕКРАНУВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ	34
2.1 Основні визначення та фізичний зміст екранування.....	34
2.2 Розрахунок екрана магнітної котушки.....	37
2.3 Екранування хвильових струмів радіотехнічних засобів	39
2.4 Особливості конструювання електромагнітних екранів.....	41
Висновки до розділу 2	44
3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ЕКРАНІВ РАДІОЧАСТОТНИХ ПОЛІВ.....	46
3.1 Розрахунок коефіцієнтів екранування захисних матеріалів.....	46
3.2 Обґрунтування складу тканини для виробництва захисних чохла для мобільних телефонів	55

Висновки до розділу 3	56
4 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ	57
4.1 Опис ідеї проекту	57
4.2 Аналіз конкурентного середовища	58
4.3 SWOT-аналіз потенційних загроз та можливостей	58
4.4 Обґрунтування ресурсного забезпечення проекту	59
4.5 Ключові види діяльності	60
4.6 Обґрунтування рівня рентабельності ідеї	61
4.6.1 Прямі матеріальні витрати	61
4.6.2 Витрати на оплату праці	61
4.6.3 Обґрунтування вартості задіяних основних фондів та амортизаційних відрахувань	62
4.6.4 Інші прямі витрати	63
4.6.5 Загальновиробничі витрати	63
4.6.6 Умовно-змінні витрати	64
4.6.7 Умовно-постійні витрати	64
4.6.8 Накладні витрати	65
4.6.9 Обґрунтування собівартості інноваційної ідеї стартап-проекту	65
4.7 Обґрунтування рівня рентабельності інноваційної ідеї	65
4.8 Цільові групи потенційних споживачів	67
4.9 Канали збуту	68
4.10 Бізнес-модель проекту	68
Висновки до розділу 4	70
ВИСНОВКИ	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	72

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

БС – базова станція

ГДР – гранично допустимі рівні

ЕМП – електромагнітне поле

ЕП- електричне поле

РТО- радіотехнічні об'єкти

ПГК – полімерні гібридні композити

ЕМС – електромагнітний сигнал

ВСТУП

Радіохвилі є формою електромагнітного випромінювання, що розподіляються за частотою в межах 0,3...3ГГц, а за довжиною хвилі в межах 1...10 метрів, тобто відносяться до діапазону ультрависоких частот та ультракоротких хвиль і використовуються у сфері бездротового (LAN, Bluetooth, GPS), космічного, радіорелейного, вищезазначеного мобільного зв'язку і телебачення [1]. Антена, що передає або приймає сигнал в радіусі або межі базової станції стільникового зв'язку, розташовується всередині конструкції телефону, який під час розмови знаходиться безпосередньо близько до нашого мозку.

Так, як і звичайне видиме світло та тепло, радіочастотні хвилі є формою неіонізуючої радіації і їх енергії недостатньо, щоб викликати рак напряду пошкоджуючи внутрішньоклітинну структуру ДНК. Вони відрізняються від більш сильного іонізуючого випромінювання, такого як рентгенівське, гамма-променів та ультрафіолетових променів, що руйнують хімічні зв'язки ДНК.

Проектом закону України «Про встановлення державних санітарних норм та правил захисту для населення від впливу електромагнітного випромінювання » визначено нормативний підхід та встановлено гранично допустимі рівні опромінення, які доцільно використати при створенні реального продукту для підвищення рівня захисту населення.

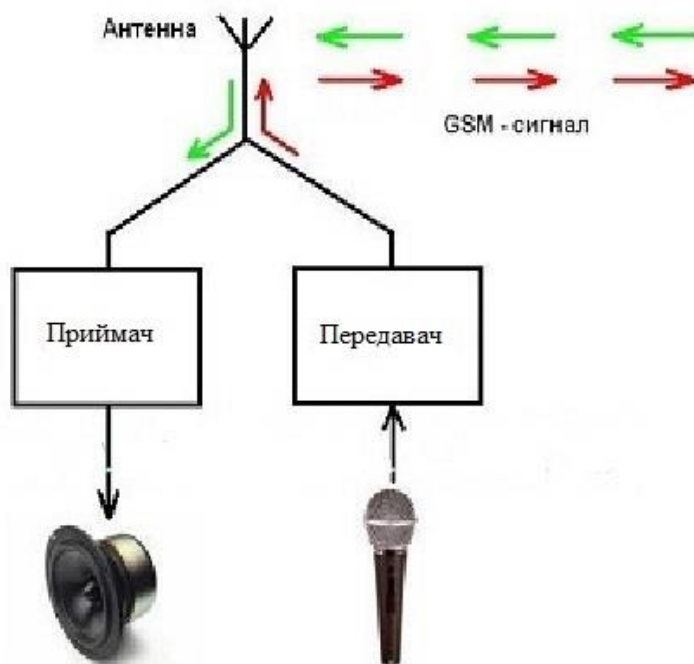
1 ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ РАДІОЧАСТОТНОГО ДІАПАЗОНУ НА ЛЮДИНУ

1.1 Актуальність дослідження розповсюдження електромагнітного поля у навколишньому середовищі

Сучасна людина навряд чи зможе обійтись без телефону хоча б день, адже наразі всі користуються не просто мобільним телефоном, а смартфоном, який дає можливість не тільки здійснювати дзвінки, а й “серфити” Інтернетом, користуватися GPS-навігацією, соціальними мережами, навчатися, читати книги та ще безліччю додаткових корисних функцій, що допомагають зробити наше життя більш впорядкованим та простішим. Але чим він може бути так небезпечний? Основні компоненти конструкції будь-якого смартфона – це корпус, материнська плата з процесором, контролером заряду, LTE-модемом, Bluetooth, Wi-Fi, графічним прискорювачем; блок оперативної та основної пам'яті, акумулятор (літій-іонний та літій-полімерний), датчики, модулі і дисплей.

Деякі з цих компонентів є джерелом електромагнітного випромінювання радіочастотного діапазону. За рахунок антени сигнал приймається і передається в одному з діапазонів частот 850...900МГц, 1800...1900МГц.

На рисунку 1.1 показана схема роботи антени при прийомі/передачі сигналу оператора. Телефон після включення і весь інший час моніторить (прослуховує, сканує) ефір на наявність GSM-сигналу своєї базової станції (БС) — чим вищий рівень сигналу БС, тим менша потужність випромінювання радіохвиль. Як і лінії електропередач базові станції маючи три антени створюють електричне і магнітне поле покриваючи достатньо великі відстані. Насправді поле посилюється маючи декілька джерел струмів .



Вишка базової станції

Рисунок 1.1- Схема передачі сигналу стільникового телефону

Радіохвилі відносяться до форми електромагнітного випромінювання ультрависоких частот та ультракоротких хвиль[1], вони використовуються у сфері бездротового, космічного, радіорелейного, мобільного зв'язку та телебачення. Створюється електромагнітне поле, в якому ми перебуваємо постійно. Такі хвилі мають недостатньо енергії аби впливати на клітинному рівні та викликати рак. Мобільний телефон знаходиться на відстані від 1 см до нашого мозку, тож можемо додати і термічний ефект використання цих гаджетів.

У 1995 році Всесвітня організація охорони здоров'я вводить термін “глобальне електромагнітне забруднення довкілля”[2]. Джерела поділяються на зовнішні та внутрішні. З урахуванням усіх нормативів смартфони відносяться до внутрішніх джерел електромагнітного поля. Випромінювання, яке створюється побутовими приладами показано на рисунку 1.2.

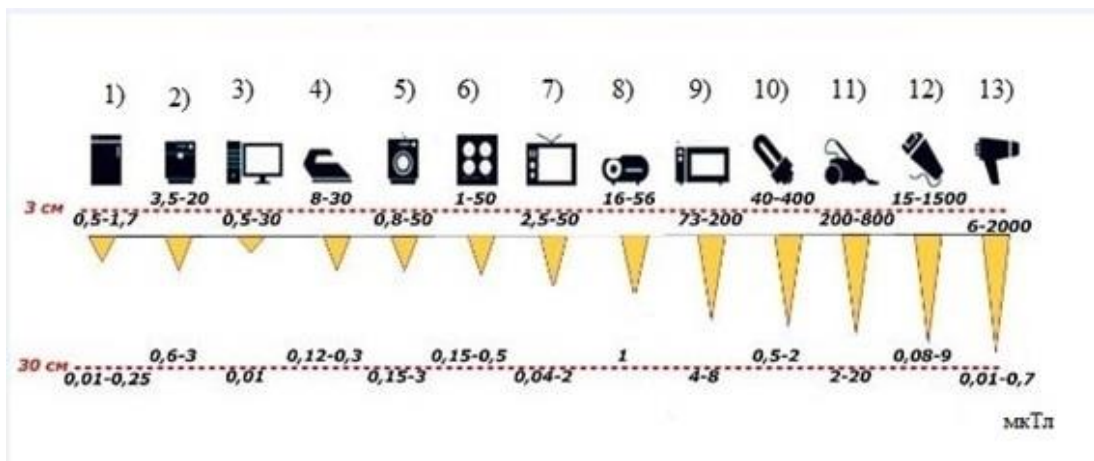


Рисунок 1.2 – Діапазон випромінювань ЕМП побутових приладів

На токсичність електромагнітного випромінювання впливають час його впливу, відстань до джерела випромінювання та потужність сигналу джерела.

Гранично допустимі рівні електромагнітного поля, навіть при найменшому значенні магнітної індукції створюють постійне поле в межах 100 мкТл, яке має тенденцію до збільшення при зменшенні відстані до джерела. За нормативами ГДР магнітного поля обмежені при 100 мкТл за 8 годин щоденного впливу.

Електромагнітні хвилі характеризуються такими параметрами як довжина та частота. Кожна хвиля має конкретну довжину хвилі. Це визначається як довжина від одного гребеня хвилі до другого. Різні види електромагнітних хвиль сильно різняться за довжиною хвилі, від великої довжини хвилі радіохвиль (приблизно 10 м) до значно коротших довжин хвиль видимого світла описуються сотнями нанометрів) та рентгенівських променів. Як і визначена швидкість, кожна хвиля має частоту. Це кількість довжин хвиль, які проходять повз точку за 1 секунду часу. Частота вимірюється в герцах (хвилі в секунду).

Щодо зовнішніх джерел, діапазон частот їх випромінювання представлений в таблиці 1.1. Враховані можливі джерела електромагнітного поля спеціального призначення, а також різноманітні технологічні установки, включені діапазони рентгенівського випромінювання задля більш повного

уявлення впливу такого створюваного поля на людину.

Таблиця 1.1 – Діапазон частот випромінювання зовнішніх джерел[2]

Назва	Діапазон частот (довжин хвиль)
Радіотехнічні об'єкти	30 кГц ... 30 МГц
Радіопередавальні станції	30 кГц ... 300 МГц
Радіолокаційні і радіонавігаційні станції	СВЧ-діапазон (300 МГц- 300 ГГц)
Телевізійні станції	30 МГц ... 3 ГГц
Плазмові установки	Відомий, ІЧ-, УФ-діапазони
Термічні установки	Відомий, ІЧ-діапазон
Високовольтні лінії електропередач	Промислові частоти, статичну електрику
Рентгенівські установки	Жорсткий УФ-, рентгенівський діапазон, видиме світіння
Лазери	Оптичний діапазон
Мазери	СВЧ-діапазон
Технологічні установки	ВЧ-, СВЧ-, ІЧ-, УФ-, видимий, рентгенівський діапазони
Ядерні реактори	Рентгенівське γ-випромінювання, ІЧ-, видиме і т. П.
Джерела ЕМП спеціального призначення (наземні, водні, підводні, повітряні), застосовувані в радіоелектронній протидії	Радіохвилі, оптичний діапазон, акустичні хвилі (комбіновані дії)

Об'єкти можна класифікувати за професійними напрямками, розрізняючи індуковану щільність струмів, силу електричного поля, густину магнітного поля, контактні струми, за якими можна дізнатися величину впливу на людину.

1.2 Аналіз досліджень впливу електромагнітного випромінювання на людину в Україні та закордоном.

Найбільш значимим інтернаціональним дослідженням вважається Interphone для оцінки можливого зв'язку між ризиком виникнення пухлини мозку, пухлини акустичного нерва та привушної залози і радіочастотним випромінюванням мобільних телефонів. Це дослідження було проведено методом

контролю випадків користування мобільними телефонами . Воно було проведено з 1998-2006 роки, за які були опитані 5000 респондентів. Результати показали, що ефект залежить від інтенсивності користування. Так, користування телефоном більше години на день протягом чотирьох років підвищував ризик виникнення гліом та менінгіом майже у 4 рази [3].

2011 року розгляд радіохвиль у рамках дослідження Interphone продовжився. Використовувався питомий коефіцієнт поглинання електромагнітної енергії (SAR), що показує ,скільки енергії електромагнітного поля поглинається тілом людини і вимірюється в Вт/кг. Було встановлено види ефекту на біологічний організм, результати представлені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Біологічний ефект електромагнітної енергії

Рівень SAR	Біологічний ефект
< 1 Вт / кг	Немає ніяких наслідків для здоров'я.
2 Вт / кг	Температура тканин підвищується на 0.3°C і тримається тривалий час.
10 Вт / кг	Температура тіла підвищується до 37°C ,людина відчуває жар.
50-100 Вт/кг	Високий ризик отримати значне пошкодження тканин.

Відомо, що частота обернено пов'язана з проникненням глибини випромінювання. Міжнародне агентство з вивчення раку віднесло електромагнітне поле, створюване мобільними телефонами до групи 2В(імовірно канцерогенне).

Серед вітчизняних вчених дослідження інтенсивності користування мобільними телефонами були проведені під керівництвом доктора біологічних наук І.Л. Якименка, який оцінював відповідність рівнів мікрохвильового випромінювання мобільних телефонів національним санітарним нормам та суб'єктивним відчуттям 173 студентів вишів 2-го та 4-го рівнів акредитації

віком від 17 до 19 років (53,8 % становили дівчата, 46,2 % – хлопці) під час тривалого користування мобільним зв'язком. На момент опитування (2011 р.) студенти користувалися мобільним телефоном від 3-х до 6-ти років. Проведене дослідження виявило, що інтенсивність мікрохвильового випромінювання мобільних телефонів національних користувачів у ряді випадків не відповідає національним нормам електромагнітної безпеки. Рівень щоденного користування мобільним телефоном опитаною студентською молоддю у більшості випадків (82,6 %) значно перевищує міжнародні норми. При цьому суб'єктивні відчуття фізичного дискомфорту або болю (у голові чи у вусі) під час тривалих розмов з мобільного телефону виникають у 20-63,6 % студентської молоді і тісно корелюють з інтенсивністю щоденного користування мобільним телефоном ($r=0,88$; $p<0,05$). 2014 року зазначені українські вчені надали практичні поради щодо зменшення надлишкового мікрохвильового опромінення користувачів мобільних телефонів [4].

Дебати щодо забруднення ЕМ були висвітлені останніми роками через розширення GSM-мережі та нових технологій бездротового зв'язку, такі як 3G та 4G телекомунікаційні технології.

Людський мозок - джерело електромагнітних струмів, додаткове електричне поле ,що створюється мобільним телефоном може впливати на зміну імпульсу коркових нейронів ,що в свою чергу порушує передачу інформації в інші структури мозку. На діаграмі (рис.1.3) показано результати дослідження людей ,які працюють в межах впливу ЕМП з урахуванням вікових груп [5].

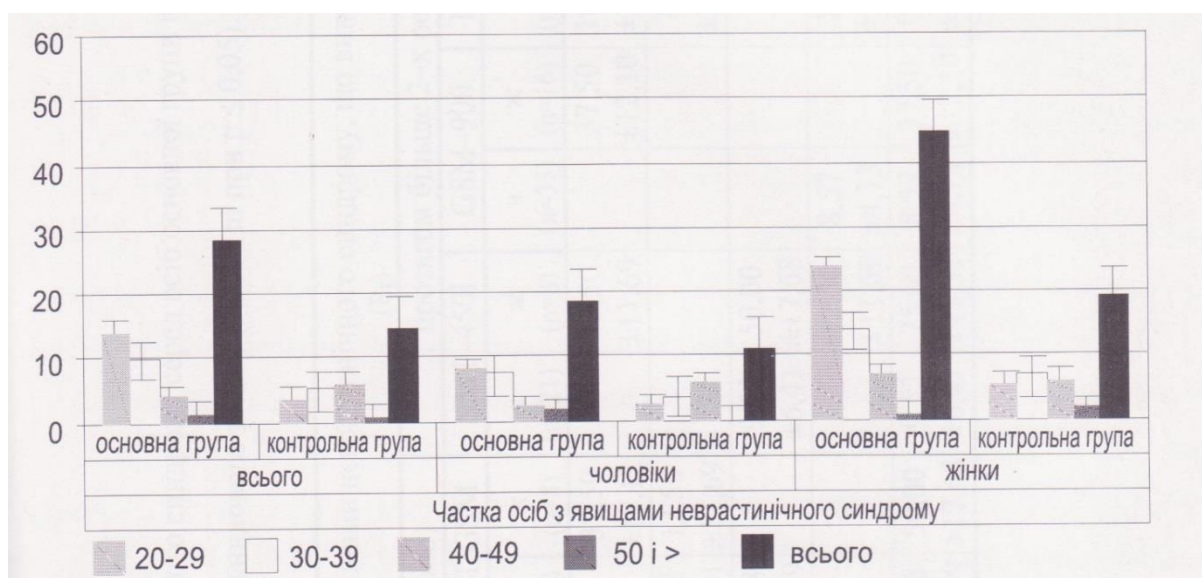


Рисунок 1.3 - Діаграма поширеності неврастенічного синдрому серед користувачів мобільного зв'язку з урахуванням вікових груп

Експериментально встановлено, що ЕМП радіочастотного діапазону, яка за своїми характеристиками відповідає випромінюванню мобільного терміналу стандарту GSM-900/1800, викликає зміни в системі проведення нервових імпульсів і реакціях глії, інгібує біоелектричну активність нейронів [6].

Зміни збудливості електричної активності різних відділів ЦНС відзначаються експериментально та підтверджуються симптомами дратівливості, порушення пам'яті, сну, виникнення відчуття втоми [7].

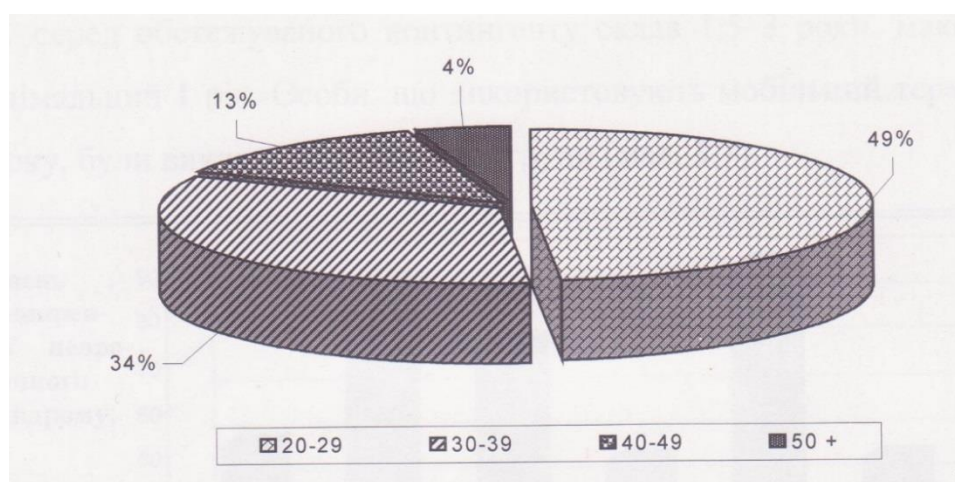


Рисунок 1.4 - Діаграма поширеності неврастенічного синдрому з урахуванням вікових груп

Результати досліджень радіолокаційних систем ,що знаходяться у розпорядженні прикордонної служби України ,окрім яких на постах також розташовані радіолокаційних засобів стільникового зв'язку, які показують, що радіолокаційна станція (РЛС) «Наяда-5» прикордонної служби, яка розміщена в АР Крим, м. Алушта, на узбережжі моря, у міській зоні, створює електромагнітне випромінювання, рівні якого на відстанях 2-300 м від центру місця розміщення випромінюючих антен на висоті 2 м від поверхні землі складають $19,8-2,07 \text{ мкВт/см}^2$ при нормативному рівні $2,5 \text{ мкВт/см}^2$. Ці рівні на віддалях до 280 м та на висоті 2 м при певних умовах можуть перевищувати гранично допустимий рівень (ГДР) – $2,5 \text{ мкВт/см}^2$. Результати досліджень просторового розподілу рівнів поверхневої густини потоку електромагнітної енергії, що створюється РЛС “Наяда-5” при середній потужності 15,75 Вт на прилеглий території, мкВт/см^2 представлено у таблиці 1.3[8].

Таблиця 1.3 – Поверхнева густина потоку “Наяда-5”

Віддаль, м	Рівень густини електромагнітної енергії (мкВт/см^2) на висоті:							
	2 м	5 м	7 м	12 м	15 м	20 м	30 м	35 м
2	19,84	65,86	36814,58	19,84	8,62	3,44	1,12	0,75
10	9,95	728,18	1880,68	9,95	3,63	2,21	0,95	0,67
30	107,56	187,59	208,96	107,56	39,97	3,55	0,42	0,35
50	59,07	72,36	75,23	59,07	40,76	15,56	0,81	0,18
70	33,91	37,63	38,38	33,91	28,00	16,89	3,29	1,13
100	17,70	18,62	18,81	17,70	16,10	12,52	5,42	3,06
150	8,14	8,32	8,36	8,14	7,80	6,97	4,76	3,65
200	4,63	4,69	4,70	4,63	4,52	4,24	3,42	2,94
250	2,98	3,00	3,01	2,98	2,94	2,82	2,45	2,22
280	2,38	2,40	2,40	2,38	2,35	2,28	2,04	1,88
300	2,08	2,09	2,09	2,08	2,05	2,00	1,81	1,69

Аналіз таблиці 1.3 показав, що актуальним є вибір раціонального дизайну та місцезнаходження базової станції. Дизайн базової станції набув важливого значення зі збільшенням кількості користувачів. У Туреччині шляхом встановлення електромагнітних рівнів на території студентського містечка встановлено, що площа базових станцій може становити 30 км^2 , якщо

потужність передачі становить 30-40 Вт, а коефіцієнт посилення антени становить 15-18 дБі. Станції розміщуються на вежі висотою 10-30 м. Загалом у кожній вежі є три антени, які мають горизонтальний кут 120° . Кожна вертикальна антена повинна бути встановлена променями під кутом $5-6^\circ$ до студентського містечка. Положення антени регулюється, тому балки розміщують на землі на відстані 50-200 м від вежі. Такі вимоги до встановлення станцій підтверджуються нормативними ГДР [8]. Розраховувався показник SAR шляхом вимірювання електричного поля, магнітного поля та густини потоку. Виявлений рівень SAR дорівнює 4 Вт/кг як величина, при якій відбувається підвищення температурного рівня на 1°C на середню масу людського тіла.

В організмі людини відсутні спеціальні органи чуття до зміни електричних або магнітних полів, тож ми не можемо стверджувати негативний ефект дії самого електромагнітного випромінювання, не використовуючи інші форми енергії. Для того аби повністю вивчити це питання потрібно більш відповідальне ставлення до розробки продукції та додаткові дослідження пов'язані з її випуском. У кожного з нас в руках завжди невелика базова станція із додатковими функціями.

З'ясування механізмів біологічної дії розглянутого фактора має велике значення при встановленні обґрунтованих заходів із зниження ризику появи негативних симптомів.

1.3 Аналіз способів, заходів та рекомендацій щодо підвищення рівня захисту здоров'я людини від впливу ЕМВ мобільних телефонів.

Нормування показників з електромагнітного забруднення регламентується у різних країнах. В Україні регламентується стандартами “Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань, 1996” [1].

Електромагнітна енергія, що випромінюється антенами передавальних

РТО, поширюється в просторі, утворюючи ЕМП, яке прийнято характеризувати двома нерозривно пов'язаними складовими: електричною (Е) і магнітною (Н).

За ГДР прийняті такі значення напруженості ЕП:

- всередині житлових будинків - 0.5 кВ/м;
- на території зони житлової забудови - 1 кВ/м;
- у населеній місцевості, поза зоною житлової забудови (землі в межах міста з урахуванням перспективного розвитку на 10 років, приміські та зелені зони, курорти, землі селищ міського типу, в межах селищної межі і сільських населених пунктів, в межах цих пунктів), а також на території городів і садів - 5 кВ/м.

Згідно зі встановленою процедурою, захист людини від такого небезпечного впливу повинен здійснюється наступними способами:

- зменшення випромінювання від джерела;
- екранування джерела випромінювання та робочого місця;
- встановлення санітарно-захисної зони;
- поглинання або зменшення утворення зарядів статичної електрики;
- усунення зарядів статичної електрики;
- підтримання оптимальної відносної вологості (не нижче 60 %), іонного складу повітря робочих приміщень застосування засобів індивідуального захисту.

Електрична складова регламентується допустими імпульсними струмами для організму, що представлені таблицею (рис.1.7).

$j, \text{A/m}^2$	Біологічні ефекти впливу
1 – 10	Мінімальні ефекти, що не являють собою небезпеки*
10 – 100	Виражені ефекти: зорові й з боку нервової системи
100 – 1000	Стимуляція збудливих структур (м'язова й нервова) тканини, можливий несприятливий вплив на здоров'я
>1000	Можлива екстрасистоляція, фібриляція серця (гостре ураження)

*Ефекти, що можуть бути компенсовані адаптаційними системами організму.

Рисунок 1.7 – Значення допустимих імпульсних струмів для організму

Нормування параметрів стану електромагнітного поля здійснюється за участю міжнародних організацій. CENELEC - Європейський комітет з електротехнічної стандартизації і відповідає за стандартизацію в галузі електротехнічної інженерії. Процес стандартизації комітету. Європейські стандарти базуються на консенсусі, який відображає економічні та соціальні інтереси 34 країн-членів CENELEC, направлених через їхні національні електротехнічні комітети. Більшість стандартів ініційовані промисловістю. Інші стандартизаційні проекти можуть надходити від споживачів, малих та середніх підприємств (МСП) чи асоціацій, або навіть європейських законодавців. Окрім європейських стандартів, CENELEC виробляє інші довідкові документи, які можна швидко та легко розробити: технічні умови, технічні звіти та Угоди про проведення семінару.

IRPA - це міжнародний голос професії радіаційного захисту. Це асоціація фахівців із захисту від радіаційного захисту, що об'єднується через національні та регіональні товариства захисту від радіації. Ми сприяємо підвищенню професійної компетентності, культури захисту від радіації та в усьому світі, надаючи орієнтири належної практики та заохочуючи застосування найвищих стандартів професійної поведінки, навичок та знань на благо людей та суспільства.

Центральноєвропейський університет ("CEU" або "University") був заснований в 1991 році для підтримки демократичних переходів у Центральній та Східній Європі та колишньому Радянському Союзі. Запустивши нову пропозицію для бакалавратів у 2020 році, зараз це глобальний університет-випускник, що базується в Будапешті та Відні, зі студентами понад 100 країн та викладачами понад 50 років. Мова викладання - англійська. Місія Університету, який сьогодні включає 15 академічних кафедр, докторську школу та 20 науково-дослідних центрів, - сприяти відкритому суспільству та демократії шляхом передових досліджень та викладання на основі наукових досліджень, насамперед із суспільних та гуманітарних наук.

Трійка цих науково-дослідницьких центрів завдяки своїм можливостям бере участь у розробці спеціальної документації. Цікаво, що при абсолютно однакових рівнях одних показників, встановлюються більш високі порогові значення для використання у реальних умовах. У таблиці 1.6 показані ГДР при промисловій частоті на підприємствах.

Таблиця 1.6 – ГДР ЕМП промислової частоти(50 Гц).

(a) power frequency 50 Hz		CENELEC	IRPA	CEU
induced current density , head and trunk	[mA/m ²]	10	10	10
electric field strength	[kV/m]	10	10	19,6;12,3;6,1
magnetic flux density	[mT]	1,6	0,5	0,64;0,4; 0,2
contact current	[mA]	3,5		1,5

(b) high frequencies		CENELEC	IRPA	CEU
frequency range	[Hz]	1,0.10 ⁴ - 3,0.10 ¹¹	1,0.10 ⁷ - 3,0.10 ¹¹	1,0.10 ⁵ - 3,0.10 ¹¹
specific absorption rate SAR	[W/kg]			
whole body		0,4	0,4	0,4
extremities (averaged over 10 g tissue)		20	20	20
head and trunk (av. over 10 g)		10	10	10
peak specific absorption rate SA	[mJ/kg]	10		10
contact current (0,1 - 3 (100) MHz)	[mA]	35	(50)	50

Враховуючи зазначене, максимальні рівні ЕМП, нормовані рядом міжнародних і національних стандартів, поблизу ПЛ змінного струму для цілодобового перебування населення не перевищують 10 кВ/м для електричного поля і 100 мкТл – для магнітного поля. При цьому встановлені в Україні гранично допустимі рівні (ГДР) значення ЕМП частотою 50 Гц для населення набагато суворіші (тобто нижчі) від пропонованих міжнародним комітетом ICNIRP.

Вимірювальні прилади, часто використовувані екологічними службами (лабораторіями) при проведенні експертизи. Найбільш затребуваними, а також більш точними приладами для вимірювання у великих масштабах вважаються ПЗ-31 і широкосмуговий вимірювач напруженості електромагнітного поля ПЗ-41. ПЗ-31 – зиметр ступенів електромагнітних випромінювань, створений з метою вимірювання середньоквадратичних показників інтенсивності

електричної і магнітної складової ЕМП (електромагнітних полів), в порядку постійного генерування, частотною, амплітудної, імпульсної модуляцій, до того ж для визначення концентрації потоку енергії при виконанні перевірки рівнів ЕМП (електромагнітних полів) відповідно з нормами Гостів і Санпіну.

Прилад ПЗ-31 здатний забезпечити:

- показання усереднених результатів вимірювання поточних значень концентрації потоку енергії та інтенсивності ЕМП за останні 6 хв.;
- відбір граничних результатів вимірювання поточних значень концентрації потоку енергії ЕМП за останні 6 хв.;
- збереження в оперативній пам'яті процесора з альтернативою виведення на ПЕОМ типу РС усереднених граничних значень інтенсивності ЕМП дискретністю усереднення 6 хв., фіксованих на протязі трьох з половиною діб роботи (від 1-832 усереднених і від 1-832 граничних);
- вимірювання розташування опромінення;
- звукове інформування користувача при граничних показниках.

Основними технічними характеристиками цього зиметра є такі показники, як:

- діапазон частот відносно електричної складової ЕМП, (коливається в межах від 0,03 до 300 мГц);
- діапазон частот відносно магнітної складової ЕМП, (коливається в межах від 0,01 до 30 мГц);
- для концентрації потоку енергії від 300 до 40 000 мГц. Діапазон вимірювання дорівнює:
 - щодо електричної складової від 2 до 600 В/м;
 - відносно магнітної складової від 0,5 до 16 А/м;
 - до концентрації потоку від 0, 265 до 100 000 мкВт/см²[10].

Для вимірювання показників небезпеки радіохвиль пропонується використовувати тесла-метр[11] - портативний пристрій, що фіксує не тільки напруженість електричного поля (В/м), а й індукцію магнітного поля (мкТл).

Технічні характеристики:

- Діапазон індукції магнітного поля: від 0.01 до 19.99 мкТл
- Діапазон напруженості електричного поля: від 1 до 1999 В / м
- Діапазон аналізованих частот випромінювання: від 5 Гц до 3,5 ГГц
- Звукова сигналізація перевищення небезпечних меж
- Похибка: 0.01 мкТл, 1 В / м
- Світлова індикація.

Використання екрануючих матеріалів та фарб.

Теорія екранування заснована на двох фундаментальних принципах -на відображенні і поглинанні електромагнітних хвиль при переході їх з одного матеріального середовища в інше. Обидва ці ефекти знижують енергію електромагнітної хвилі , що пройшла за екран. Найчастіше в якості матеріалу екрану використовується провідник.

На низьких частотах екранування електричних полів засноване на ефекті Фарадея . Поляризація зарядів в металевій стінці екрану створює поле, яке компенсує зовнішнє низькочастотне електричне поле. Оскільки рухливість електронів в металі дуже висока, то товщина стінок екрану може бути малою.

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

В екрані з металу з високою провідністю високочастотне магнітне поле викликає вихрові струми, які в свою чергу створюють магнітне поле, спрямоване назустріч зовнішньому і компенсує його. Товщина екрану в цьому випадку може бути досить тонкою по рівнянню з товщиною екрану для низькочастотних магнітних полів і магнітна проникність матеріалу екрану не обов'язково повинна бути високою.

Тут важлива в першу чергу висока провідність металу екрану.

Електропровідність. Інтенсивність, густина або величина струму в електричному колі пропорційна напруженості електричного поля (E) і залежить від властивостей провідника, через який проходить струм.

Показник провідника, який визначає густину струму в даному електричному полі, називають електропровідністю.

Відношення величини струму I до напруги джерела енергії U називають провідністю, або активною провідністю і позначають буквою G .

Провідність залежить від електропровідності провідника ν , його поперечного перерізу S і довжини l ; вона визначає величину утворюваного струму при заданих розмірах і властивостях провідника, якщо напруга на його кінцях дорівнює 1 В. Часто використовують такий запис [12]:

$$G=I/U$$

Одиницею провідності є ампер на вольт (А/В) або сименс (См). Електропровідність провідника з поперечним перерізом один квадратний міліметр і довжиною один метр визначає питома електропровідність, яку позначають буквою γ . Одиницею питомої електропровідності є сименс на метр (См/м).

Електричний опір. Електричний опір — це величина, що характеризує протидію електричного кола електричним зарядам, які рухаються.

Електричний опір є величиною, оберненою до провідності[11]:

$$R=1/G$$

На підставі формули можна записати:

$$R=U/I$$

Одиницею електричного опору є Ом. Це опір такого провідника, в якому при різниці потенціалів на його кінцях в 1 В встановлюється струм в 1 А.

У техніці застосовуються елементи електричних кіл, які включаються для електричного опору і називаються резисторами.

Опір провідника залежить від матеріалу, з якого він зроблений, від розмірів (довжини та поперечного перерізу) і від температури. В електричному колі опір залежить і від надійного з'єднання провідників і елементів кола між собою та затискачами.

Залежність опору від матеріалу і розмірів провідника визначається формулою:

$$R=r l / S \quad ,$$

де R — опір, Ом;

r — питомий опір, Ом • м;

l — довжина, м;

S — площа поперечного перерізу, м²

Питомим опором називається опір провідника довжиною 1 м з площею поперечного перерізу 1 м² при температурі 20 °С. Наприклад, r алюмінію — $0,029 \times 10^{(-6)}$ Ом•м, нікеліну — $0,4 \cdot 10^{(-6)}$ Ом•м. Питомий опір діелектриків дуже великий; так, для скла— 5×10^{11} Ом•м ебоніту — 10^{10} Ом•м, слюди — 5×10^{14} Ом•м.

Звідси одиницею питомого опору є Ом на метр (Ом•м).

Питомий опір провідника можна визначити через питому електропровідність як обернену до неї величину [12]:

$$r n = 1 / \nu \quad ,$$

де r — питомий опір,

ν — питома електропровідність провідника.

Якщо провідники з металів і сплавів нагрівати, то в них зростає рух вільних електронів, збільшується число зіткнень з іншими частинками і між собою), а отже, зменшується впорядкований рух електронів. Внаслідок цього опір провідника збільшується.

Величина, яка характеризує зміну опору провідника при зміні температури на $1\text{ }^{\circ}\text{C}$, називається температурним коефіцієнтом і позначається α . У широкому діапазоні зміни температури провідників з металів та сплавів їх опір визначається за формулою[12]:

$$R_2 = R_1(1 + \alpha(t_2 - t_1))$$

де R_1 — опір провідника при температурі t_1 , Ом;

R_2 — опір провідника при температурі t_2 , Ом;

α — температурний коефіцієнт, $^{\circ}\text{C}(-1)$.

Наприклад, температурний коефіцієнт алюмінію — $0,0042\text{ }^{\circ}\text{C}(-1)$ латуні — $0,002\text{ }^{\circ}\text{C}(-1)$ срібла — $0,004\text{ }^{\circ}\text{C}(-1)$.

У деяких провідників з підвищенням температури число вільних зарядів збільшується, що приводить до зменшення опору. Такі провідники мають від'ємний температурний коефіцієнт. Наприклад, вугілля — $0,0005\text{ }^{\circ}\text{C}(-1)$, електроліти — $0,025\text{ }^{\circ}\text{C}(-1)$.

Як відомо, магнітна індукція B зв'язана з напруженістю магнітного поля H в ізотопних речовинах формулою[12]:

$$B = \mu H,$$

де μ — магнітна проникність.

В ізотропних речовинах [12]:

$$\mu = B/H.$$

В анізотропних μ -величина тензорна і залежить від кристалографічних осей.

З іншої сторони [12]:

$$B = 4\pi H + N$$

де N - намагніченість речовини, яка пропорційна напруженості магнітного поля.

Таким чином:

$$B = (4\pi\lambda + 1)H,$$

$$4\pi\lambda + 1 = \mu$$

Магнітна проникність ферромагнетиках $\lambda \gg 1$; $\mu \gg 1$; в парамагнетиках $\lambda > 0$; $\mu \geq 1$; в діамагнетиках $\lambda < 0$; $\mu \leq 1$.

Магнітні (ферромагнітні) матеріали застосовуються для виготовлення елементів радіоелектронної апаратури. Вони виконують самостійну функцію або є частиною конструкції окремих радіодеталей та вузлів.

В залежності від призначення магнітні матеріали застосовуються для виготовлення осердя котушок індуктивності, трансформаторів та дроселів; елементів пам'яті, пристроїв обчислювальної техніки, автоматики та зв'язку; магнітопроводів реле, вимірювальних приладів, магнітних голівок магнітофонів, магнітних антен і т. ін.

Слід відмітити комплексність підходу до нормування та обмеження впливу МП німецькими спеціалістами, в результаті чого нормативним

документом DIN VDE 0848/4 визначено граничні значення для МП частотою 0 – 30 кГц [13]. Цим документом визначається максимально допустимі значення напруженості магнітного поля поза промисловим виробництвом та на виробництві, врахований час перебування в залежності від виду поля і показано у таблиці 1.8.

Таблиця 1.7 - Максимально допустимі значення напруженості магнітного поля

Перебування поза промисловим виробництвом		Перебування на промисловому виробництві	
Н, А/м	Допустимий час перебування	Н, А/м	Допустимий час перебування
80	Опромінення до 24 годин на день	4 000	Опромінення до 6 годин у разі гармонічних полів
800	Опромінення протягом 2-х годин на добу	6 000	Опромінення до 6 годин у разі імпульсних полів. При опроміненні кінцівок допустимі значення можна збільшувати до 25 разів, а при опроміненні всього тіла – не більше 5 хв. на годину – у 2,5 раза

Складний механізм поширення, поглинання і відбивання ЕМВ в широкому діапазоні частот пропонує безліч матеріалів для створення таких екранів. Металеві екрани відомі уже давно і мають широке використання. Вони відзначаються високою ефективністю, яка збільшується у разі підвищення частоти падаючого ЕМВ. Виготовляють їх з суцільних і перфорованих листів, сіток, ґрат, трубок. Екрануючі властивості листового металу вищі, ніж у сітки, проте сітка технологічно зручніша. Однак металічні листи мають високу ціну, а

виготовлення з них екранів і їх експлуатація потребують великих витрат. Коррозія та напруженість зварювальних швів при монтажі знижують надійність та довговічність таких екранів, тому останнім часом наряду з традиційними методами застосовують фольгові та металізовані матеріали, струмопровідні фарби та клеї, радіопоглинаючі будівні матеріали. Однак багато з них не підтверджують свою ефективність експериментально, і зазвичай фактична ефективність набагато нижча за заявлену.

1.4 Оцінка сучасних досягнень щодо забезпечення захисту здоров'я людини від впливу ЕМВ.

Одним з найбільш ефективних способів захисту є “теорія дистанціювання” [14]. Вона базується на принципах часу та відстані у хвильовій теорії.

Принцип часу : допустиме значення часу опромінення визначається за формулою:

$$t_{\text{доп}} = T \frac{1 + 0,005 \Psi / \Psi_{\text{доп}}}{0,65 + 0,355 \Psi / \Psi_{\text{доп}}}$$

де Ψ – інтенсивність опромінення, Вт/м²,

$\Psi_{\text{доп}}$ - допустима інтенсивність опромінення, Вт/м².

Принцип відстані залежить від коефіцієнту поширення хвилі у середовищі [14]. В цьому випадку збільшують відстань між джерелом випромінювання та обслуговуючим персоналом. В ближній зоні при спрямованому випромінюванні цей метод не застосовується, оскільки в цій зоні щільність поверхневої енергії не залежить від віддалі. Передбачено також улаштування санітарно-захисних зон.

Ще одна спроба захиститися від радіохвиль -- створення полімерних

матеріалів, таких як полімерних гібридних композитів на основі полівінілхлоридів та лінійного поліетилену. Встановлено, що показники електропровідності у ПГК вищі, ніж при введенні тільки дисперсних наповнювачів і наближені за величиною до композитів з лише волокнистими наповнювачами. Визначено, що на властивості ПГК значно впливає як тип наповнювача і його вміст, так і тип полімерної матриці. ПГК на основі ПЕ мають межу міцності на 10–20 МПа більшу, ніж для відповідних ПГК на основі ЕПВХ, а поріг перколяції у ПГК виникає за вмісту наповнювача на 0,02–0,07 % об. відповідно пізніше. Поєднання двох різних за структурою, формою та анізотропією наповнювачів дозволяє більш ефективно створювати електропровідні структури в полімерній матриці, економити затрати на дорогий волокнистий наповнювач. Виробники аксесуарів на телефон випускають захисні наклейки з даних матеріалів в залежності від діагоналі екрана. Тестування даної продукції показують низьку ефективність екранування або повне непроходження сигналу, а низька ціна приваблює користувачів до такої доступної альтернативи обмеженого використання гаджету.

Особливий інтерес становить використання текстильних матеріалів для виготовлення екранів. Це дає можливість реалізувати більш високу ефективність поглинання завдяки особливостям поширення ЕМВ у текстильних матеріалах і виготовляти екрани складної просторової форми. Текстильні матеріали виготовляють тканим, трикотажним та нетканим способами. Тканим способом виготовляють металеві сітки з міді, латуні, нержавіючої сталі, молібдену тощо. Використовують їх як металеві екрани. Неткані матеріали виробляють з безперервних волокон, отриманих фільєрно-роздувним способом з розплаву полімерів і з'єднаних в полотно каландруванням. Для їх виготовлення використовують поліпропілен, полієфір, поліамід, поліетилен та їхні комбінації. Неткані матеріали використовують як основу екранів, на яку наносять покриття з високими електромагнітними характеристиками. Трикотажний спосіб дає змогу мати безкінечну різноманітність матеріалів з тримірною просторовою структурою. Для виготовлення радіозахисних

трикотажних матеріалів використовують синтетичні (поліамідні, поліефірні, поліакрилонітрильні) нитки, а також металевий мікродріт (з міді, нержавіючої сталі, молібдену тощо). Механізм ослаблення ЕМВ радіочастотного діапазону в трикотажних полотнах з мікродротом є аналогічним дії сітчастих металевих екранів. Ефективність екранування трикотажних полотен мало залежить від матеріалу використовуваного мікродроту і не перевищує 10 дБ. Трикотажні полотна з мікродротом мають високу матеріалоемність, що знижує їхню ефективність як радіозахисного матеріалу. Тому перспективним напрямком розвитку радіозахисних трикотажних матеріалів є нанесення на поверхню трикотажних полотен металевого покриття. Для покриття використовують нікель, кобальт, молібден, хром, рідкоземельні метали тощо. Це дає змогу значно зменшити матеріалоемність одношарового трикотажного матеріалу і підвищити в декілька разів ефективність екранування ЕМВ в радіочастотному діапазоні.

Висновки до розділу 1

Міжнародний досвід на тему впливу електромагнітного випромінювання на базі існуючих численних досліджень все ж знаходиться на недостатньому рівні, аби вирішити проблему “електромагнітного забруднення”. Запропоновані відповіді носять більш декларативний характер і питання реального технічного рішення залишається відкритим. Здійснюється моніторинг навколишнього середовища за наявності засобів зменшуючих вплив ЕМВ на організм людини та біоти, але показники показують перевищення допустимих нормативів.

2 СПОСОБИ ЕКРАНУВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ

2.1 Основні визначення та фізичний зміст екранування

Екрануванням називається локалізація електромагнітної енергії в межах певного простору, що досягається шляхом запобігання розповсюдженню її всіма можливими способами.

Визначення опору. Об'ємний питомий опір (ρ) - опір однієї грані матеріалу до протилежної грані. Коли куб дорівнює одному кубічному метру, об'ємний питомий опір зазначено в Ом-м. Об'ємний опір в Ом-метр може бути перетворений на Ом-см.

Поверхневий опір (R_s), - це опір від одного краю квадрата тонкого матеріалу до протилежного краю. Будь-який квадрат розміру має однакове значення для заданої товщини.

На малюнку 2.1 зображено визначення питомого опору[15].

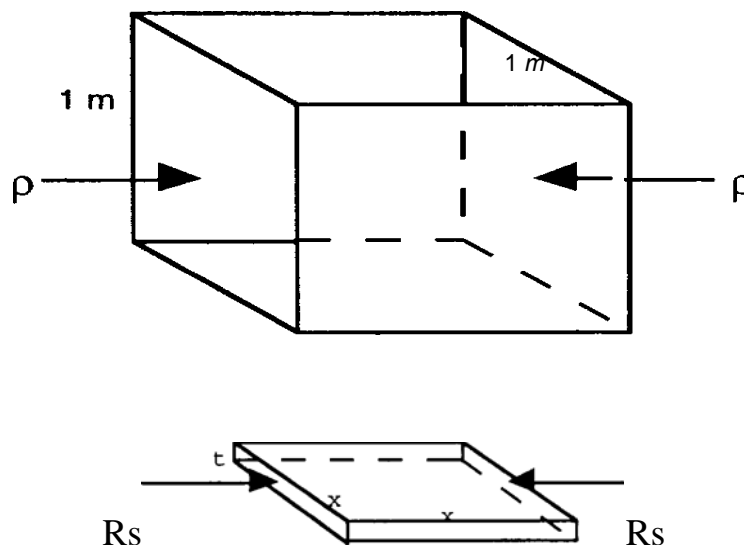


Рисунок 2.1 – Питомий опір матеріалу

Об'ємний опір гомогенного матеріалу, поверхневий опір можна знайти, поділивши об'ємний Якщо відомий опір на товщину поверхні:

$$R = \frac{\rho}{\sigma}$$

де R - поверхневий опір в 10^{-6} Ом·м,

ρ - об'ємний опір в Ом·м,

σ -товщина струмопровідної поверхні в метрах.

Об'ємний опір залишається постійним для даного матеріалу. Поверхневий питомий опір змінюється обернено від товщини.

Відносний опір матеріалу - це об'ємний питомий опір матеріалу, поділений на питомий опір міді [16] :

$$\rho_x = \frac{\rho_0}{\rho_y}$$

де ρ_x = питомий опір матеріалу відносно міді,

ρ_0 = об'ємний опір матеріалу, Ом·м;

ρ_y = об'ємний опір міді, Ом·м;

$\rho_y = 1,724 \times 10$ Ом·м.

Поверхневий опір - це вимірюваний опір (R), що перевищує ширину, поділену на довжину в метрах, щоб дати ом на квадрат.

Об'ємний і поверхневий опри пов'язані співвідношеннями[16]:

$$R_s = R_m \frac{w}{l}$$

$$R_s = R_m \frac{w}{l}(t)$$

$$R_s = R_s(t)$$

де R_s - поверхневий опір (10^{-6} Ом·м);

R_m - вимірюваний опір (Ом);

w - ширина (м);

l - довжина (м);

t - товщина (м);

ρ -об'ємний опір (Ом·м).

Провідність - це зворотний питомий опір, який вимірюється у Сіменсах/м [17]:

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

Відносна провідність матеріалу є електропровідність матеріалу ділиться на провідність міді [17]:

$$\sigma_r = \frac{\sigma}{\sigma_m}$$

Нормальне функціонування засобу оцінюється критерієм (числовим показником) забезпечення його ЕМС з джерелом ЕМП або, навпаки, джерела ЕМП із засобом, схильним до дії ЕМП. У загальному випадку «критерій ЕМС» - це допустиме відношення сигнал-перешкода на вході пристрою (S / I) вх за умови, що його чисельне значення (дБ) визначається по допустимому ефекту впливу перешкоди на корисний сигнал на виході пристрою, тобто по допустимому кількісному значенням (дБ) відношення (S / I) вих. У свою чергу, це значення визначається допустимою величиною втрати інформації в корисному сигналі, що залежить від призначення системи передачі сигналу і вимог до якості сигналу при його використанні.

У загальному випадку критерій забезпечення ЕМС виражається залежністю:

$$(S / I)_{\text{вх}} = k (S / I)_{\text{вих}}$$

де k - коефіцієнт ослаблення заважає дії перешкоди при її спільному з сигналом проходженні від входу до виходу пристрою.

Однак при визначенні критерію ЕМС доводиться рахуватися з власним шумом пристрою. Якщо зовнішніх перешкод немає, то необхідну якість корисного сигналу повинно забезпечуватися при допустимому відношенні [18]:

$$[(S + N) / N]_{\text{вх}}$$

де S - середня потужність корисного сигналу, дБ;

N - середня потужність шуму власного пристрою, дБ.

У разі дії станційної перешкоди I необхідну якість сигналу повинно забезпечуватися при допустимому відношенні [18]:

$$[(S + N + I) / (N + I)]_{\text{вих}}$$

де I - середня потужність перешкоди на вході пристрою, дБ.

При цьому [18]:

$$(S / I)_{\text{вх}} = (S / N)_{\text{вх}} - (I / N)_{\text{вх}}$$

Такі співвідношення очевидні, коли станційний перешкода (заважає сигнал) діє в основному каналі прийому, повністю або частково збігаючись зі смугою частот корисного сигналу. Однак критерій ЕМС використовується і в інших випадках, коли перешкода діє за неосновним каналу прийому.

2.2 Розрахунок екрана магнітної котушки

Для розрахунку екрана індукційної потрібен радіус котушки, довжина, кількість витків, сила струму в котушці, робоча напруга та робоча частота.

Втрати енергії в екрані розраховують у наведеному нижче порядку.

Визначають глибину проникнення поля в екран по формулі[19].

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{\sigma_e \mu_e \pi f}}$$

де σ_e – питома провідність матеріалу екрана.

μ_e – абсолютна магнітна проникність матеріалу екрана, Гн/м.

$$\mu_e = \mu_0 \mu_r$$

де μ_0 – відносна магнітна проникність.

Як правило, глибина проникнення поля в екран менше 1 мм, але, виходячи з міцності екрана, товщину його стінок d варто приймати не менш 1 мм. При цьому $d > \delta$.

У цьому випадку втрати енергії W у циліндричному екрані розраховують за такими формулами:

- для котушок без сердечника, що задовольняють умові $l > 1,5(A - a)$:

$$W = \frac{2\pi w^2 I^2 a^4}{l A^3 \sigma_r \delta},$$

де A – радіус екрана, м.

Спочатку орієнтовно можна прийняти $A = 3a$;

- для котушок без сердечника, що задовольняють умові $l < 1,5(A - a)$:

$$W = \frac{[3\pi(A - a) + 2a] a^4 I^2 w^2}{2A^4 (A - a) \sigma_r \delta}$$

- для котушок із сердечником, що задовольняють умові $l > 1,5(A - a)$:

$$W = \frac{2\pi w^2 I^2 a^4}{LA^3 \left[1 + \frac{a_c^2 (A^2 - a^2) l_c}{A^2 (a^2 - a_c^2) l} \right]^2 \sigma_3 \delta},$$

У випадку екрана квадратного перетину величина A приймається рівною половині сторони квадрата. Знайдену величину втрат W варто порівняти з припустимою величиною втрат $W_{\text{п}}$. Якщо W більше $W_{\text{п}}$, то можна зменшити радіус екрана A , коли цьому не заважає конструкція самої установки. Якщо W менше $W_{\text{п}}$, то варто збільшити радіус екрана A' і знову призвести розрахунок.

2.3 Екранування хвильових струмів радіотехнічних засобів

Електромагнітні явища, які відбуваються у системі заряджених тіл і контурів, тобто у будь-якому електротехнічному пристрої визначається не тільки фізичними процесами у заряджених тілах та провідниках, а й в не меншій мірі фізичними явищами в оточуючому ці процеси, діелектрику. Саме електромагнітне поле у діелектрику є носієм енергії системи, яка може передаватись від одної частини до іншої. Електричне поле заряджених тіл цілком знаходиться за цими тілами в оточуючому їх діелектрику. Магнітне і електричне поля електричних струмів у провідниках існує як за межами провідників зі струмами, так і в них самих. Однак електричне поле всередині провідника зі струмом пов'язано тільки з кінцевим питомим опором матеріалу цих провідників і, відповідно, визначає втрати енергії в провідниках. Енергія ж, яка передається уздовж провідників, цілком відноситься до електромагнітного поля в середовищі, яке оточує провідники. Електрична ємність і індуктивність будь-яких елементів електротехнічного пристрою визначається їх електричними і магнітними полями при заданих зарядах і струмах.

Таким чином, розглядаючи електромагнітне явище у всій його повноті, потрібно у всіх випадках вивчати електромагнітне поле досліджуваного

пристрою. Для того, щоб розрахувати електричне поле приймається ряд допущень для зосередження параметрів електричних ланцюгів. Сюди відносять усі звичайні електричні ланцюги при промисловій, а також при звуковій частоті та високих частотах у радіотехніці.

Поставимо на шляху рівномірного змінного магнітного поля (рис.2.2, а) мідний циліндр. У ньому збудяться змінні ЕРС, які, в свою чергу, створять змінні індукційні вихрові струми (струми Фуко). Магнітне поле цих струмів (рис. 2.2, б) буде замкнутим; всередині циліндра воно буде направлено назустріч збудливій полю, а за його межами - в ту ж сторону, що і збудливу поле. Результируюче поле (рис.2.2, в) виявляється ослабленим всередині циліндра і посиленним поза ним, тобто відбувається витіснення поля з простору, займаного циліндром, в чому і полягає його екранує,. Очевидно, що воно буде тим більше, чим більше створюється циліндром зворотне магнітне поле і, отже, чим більше протікають по ньому вихрові струми. Цей вид екранування називається електромагнітним або витісненням магнітного поля екраном[20].

Вихрові струми в екранувальній циліндрі розподіляються нерівномірно по його перетину. Це викликається явищем поверхневого ефекту («скін-ефекту»), сутність якого полягає в тому, що змінне магнітне поле послаблюється у міру проникнення в глиб металу, так як внутрішні шари екрануються вихровими струмами, циркулюючими в поверхневих шарах.

Через поверхневого ефекту щільність вихрових струмів і напруженість змінного магнітного поля в міру поглиблення в

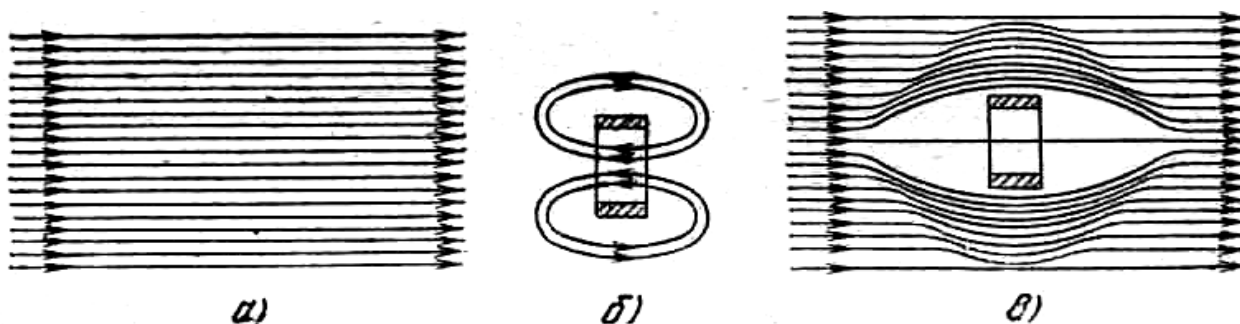


Рисунок 2.2 - Витіснення магнітного поля вихровими струмами в екрані метал
падає по експонентному закону

Для наближеного розрахунку врахуємо, що ефективність екранування вихровими струмами визначається двома факторами: зворотним полем, створюваним струмами, що протікають в екрані, і поверхневим ефектом в матеріалі екрану. На низьких частотах, коли товщина екрана $d < \sigma$, поверхневий ефект незначний, діє практично тільки перший фактор і розрахунок проводиться по наближеному рівнянню:

$$\mathcal{E} \approx \sqrt{1 + \left(\frac{\omega \cdot \mu_0 \cdot \sigma \cdot D \cdot d}{2 \cdot m} \right)^2}$$

На високих частотах, при щодо товстому матеріалі екрану $d > \sigma$ діють обидва чинники і ефективність екранування можна визначити по наближеному рівнянню.

При правильно обраній товщині і матеріалі екрану розрахована ефективність екранування магнітного поля майже завжди виявляється набагато більше необхідною. Коефіцієнт паразитного індуктивного зв'язку пропорційний паразитному зв'язку взаємоіндуктивності. Очевидно, що подібно паразитного ємнісного зв'язку залишковий паразитний індуктивний зв'язок після екранування магнітного поля буде пропорційна. З огляду на, що всі інші величини при екранування не змінюються, отримаємо, що дійсна ефективність екранування магнітного поля залежить виключно від якості конструкції і виконання екрану.

2.4 Особливості конструювання електромагнітних екранів

Сучасні РЕМ відрізняються великою складністю і складаються з безлічі елементів. Взаємодія між ними має відбуватися за строго певних каналів, трактах і схемами. Поява будь-яких інших напрямів взаємодії елементів РЕМ порушує умови нормального функціонування апаратури.

Одним з основних способів усунення взаємних зв'язків, не передбачених функціональною схемою, є поелементне, блочне і загальне екранування РЕМ. У цьому сенсі екранування виконує допоміжну роль, а конструювання екранів залежить від їх конкретного призначення. Якщо при розробці РЕЗ загальний задум конструктора, розташування і компоновання частин апаратури не враховують необхідності екранування, то зумовлені ним завдання конструювання виявляються в суто підпорядкованому становищі, що часто призводить до непереборним труднощам. Якщо ж придушення небажаних паразитних зв'язків між елементами РЕМ є одним з основних умов проектування, то екранування набуває провідну роль, що сприяє більш ефективному і якісному вирішенню основного завдання.

Таким чином, конструювання електромагнітних екранів може мати такі особливості.

По-перше, воно може полягати в самостійній розробці конструкцій екранів. Тоді екран являє собою зовнішній кожух апаратури і повинен забезпечити тепловий режим, захист від пилу і вологи, стійкість до вібрації, ослаблення впливу зовнішніх електромагнітних полів на пристрій в цілому або локалізацію його електромагнітних випромінювань.

По-друге, можуть розроблятися конструкції екранів для окремих елементів і вузлів РЕА, коли розміри і навіть форма екрану практично вже визначені самим екранованого об'єктом. В даному випадку екран повинен вписуватися в загальний пристрій, забезпечувати мінімальну реакцію на екранованого об'єкт, ремонтпридатність і нормальний режим роботи РЕЗ.

І, нарешті, по-третє, завдання конструювання може складатися в розробці електромагнітних екранів як самостійних споруд, не пов'язаних з будь-яким окремим типом РЕМ. Такі екрани призначені для захисту від зовнішніх полів або локалізації випромінювань цілого радіоелектронного комплексу, для проведення спеціальних вимірювань в умовах, що наближаються до умов вільного простору, для складання і налагодження апаратури і т. д.

Рішення завдання по конструюванню екранів в залежності від їх

призначення має свою специфіку, обумовлену об'ємом робіт і послідовністю рішень.

Якщо екран є зовнішнім кожухом апаратури, він визначає загальну компоновку, зовнішній вигляд і умови експлуатації РЕЗ. Такий випадок є найбільш загальним, так як при цьому повинні вирішуватися питання блочного і поелементного екранування і фільтрації ланцюгів при максимальному використанні стандартизованих і нормалізованих виробів, а також освоєних виробництвом виробів з іншої апаратури. Проектування повинно вестися з урахуванням особливостей даного типу РЕЗ. Досягнення простоти конструкції екрана має поєднуватися з його компактністю, винятком зайвого розчленування загальної конструкції на окремі блоки, забезпечувати простоту виготовлення, високу економічну ефективність і підвищення експлуатаційних якостей, зручність обслуговування і ремонту РЕЗ, а також реалізацію вимог ергономіки та дизайну. З цих позицій важливо обґрунтовано зробити вибір матеріалу екрану і його покриттів, який визначає технологічні характеристики апаратури, її окремих пристроїв і їх режими роботи. Вимоги, що пред'являються до екрану, впливають із загальних вимог до РЕЗ та ролі, що відводиться зовнішнім кожуху пристрою.

У другому випадку технічні вимоги до екрану ще більш обумовлені екранованим елементом. Визначальним тут є вимога забезпечення необхідної ефективності.

У третьому випадку, коли екран є самостійним спорудою, наприклад екранованим приміщенням, робота виконується на основі проектного завдання, в якому повинні бути вирішені наступні питання:

- встановлено необхідну ЕЕ в заданому діапазоні частот;
- обрані матеріали для екрану, розміри його, кількість і тип дверних і віконних прорізів;
- обраний варіант розміщення апаратури, що забезпечує мінімальні рівні перешкод і простоту фільтрації мереж;
- визначена конструкція основних вузлів: способи з'єднання листів

екрану, кріплення його до стін, підлоги, стелі, пристрій контактних систем, способи екранування вентиляційних систем і вводів різних комунікацій;

- встановлені типи і кількість кабелів, що вводяться в екран, обрані типи фільтрів і місця їх установки, виконані схеми розводки електромереж;

- обрані способи прокладки і введення нефільтрованих кабелів високої частоти і кабелів, які несуть несинусоїдальні струми або напруги.

Однією з основних причин появи взаємних перешкод є недостатня увага до питань екранування і фільтрації РЕС.

Провідним робочим документом проектування екранів є принципова схема системи екранування, на якій повинні бути виділені що перешкоджають і випромінюють елементи з оцінкою рівнів перешкод і сприйнятливі (чутливі) елементи із зазначенням допустимих значень наводяться ЕРС перешкод і ступеня необхідного ослаблення. Отримана таким чином схема взаємного зв'язку елементів і вузлів послідовно ведеться протягом всієї роботи і змінюється в міру досягнення задовільних результатів на різних етапах проектування. Очевидно, що при одних і тих самих вихідних даних може бути отримано певну кількість варіантів таких схем, залежне від складності завдання і досвіду конструктора. У підсумку це повинно привести до оптимального (або кращого) технічному рішенню. Слід зазначити, що необґрунтована відмова від будь-якого з варіантів або від обліку будь-якого фактора, що визначає інтенсивність перешкод в припущенні, що відповідна корекція буде виконуватись при монтажі пристрою, часто призводить до затримки реалізації проекту системи екранування, здачі в експлуатацію РЕС і зайвих витрат коштів.

Висновки до розділу 2

Розрахунок ефективності екранування базується на визначенні електричних складових радіотехнічних засобів і майже неможливо зробити його точним без урахування завадового середовища. Обраний спосіб розрахунку включає характеристики електричного поля пристрою і базується

на теорії виникнення хвильових струмів [18]. При виборі способу розрахунку екрану потрібно вказати схему його конструкції.

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ЕКРАНІВ РАДІОЧАСТОТНИХ ПОЛІВ

3.1 Розрахунок коефіцієнтів екранування захисних матеріалів

Екранування електромагнітних випромінювань мобільних телефонів базується на електричних та магнітних складових створюваного поля. Базуючись на методиці розрахунку електричних ланцюгів під дією імпульсної ЕДС та існуванні частотних електричних фільтрів можна розрахувати коефіцієнти затухання потрібної нам частоти без утримання нами самого радіосигналу.

В залежності від частоти вибір екрануючого матеріалу має здійснюватися за вибором більшого коефіцієнта магнітної проникності та високого рівня електричної провідності.

3.1 Визначення коефіцієнтів екранування для різних матеріалів

Для феромагнітних та немагнітних матеріалів ефективність екранування визначається коефіцієнтом затухання вхідного та вихідного сигналу.

Коефіцієнт екранування визначається за формулою:

$$S = S_{\Pi} S_{\text{В}}$$

$$S_{\Pi} = [\text{ch}(kd)]^{-1}$$

$$S_{\text{В}} = [1 + 0,5(N + 1/N)\text{th}(kd)]^{-1}$$

$$N = Z_{\text{Д}}/Z_{\text{М}}$$

де S_{Π} – ефективність екранування поглинанням;

$S_{\text{В}}$ – ефективність екранування відбиттям;

$Z_{\text{Д}} = 377$ – хвильовий опір діелектрика, Ом;

$Z_{\text{М}} = 2\pi f \sqrt{\mu_{\text{М}}/\sigma}$ – хвильовий опір металу, Ом;

$k = j2\pi f \sqrt{\mu\sigma}$ – коефіцієнт поширення в металі;

d – товщина екрана, м;

l – відстань між стінками екрана, м;

μ – магнітна проникність матеріалу, Гн/м ;

σ – електрична провідність, См/м,

f – частота, Гц.

Якщо екран зроблений з немагнітного матеріалу, то вираз $\mu = \mu_0$ і екрануючий ефект залежить лише від питомої провідності матеріалу та частоти екранованого поля.

Якщо екран зроблений із феромагнітного матеріалу, то за інших рівних умов у ньому зовнішнім полем буде наводитись велика ЕДС завдяки більшій концентрації силових ліній. За однакової провідності матеріалу підвищуються вихрові струми, що приведе до меншої глибини проникнення і до кращого екрануючого ефекту.

Ефект відбиття пояснюється різницею хвильових опорів [21]:

$$B = \ln|1/S| = \ln|1/(S_{\pi}S_{\nu})|, \quad (3.1),$$

$$B = B_{\pi} + B_{\nu} = \ln|1/B_{\pi}| + \ln|1/B_{\nu}| \quad (3.2)$$

У техніці провідного зв'язку ця величина виражається в неперах (N_{π}):

$$B = \ln S = 0,115 A, \quad ,$$

В децибелах величина A дорівнюватиме:

$$A = 20 \lg S = 8,7 B \quad .$$

Значення δ – еквівалентної глибини проникнення при розрахунку зручно характеризувати ефект екранування хвильових струмів, яка дорівнює товщині екрану d і розраховується наступним чином:

$$\delta = 1/\sqrt{2\pi f\mu\sigma}$$

Тобто на високих частотах магнітне поле шунтується феромагнітним матеріалом. Дамо характеристику основним використаним матеріалам у вигляді таблиці [18].

Таблиця 3.1 – Характеристики матеріалів у ЕМП

Матеріал	μ	ρ , См/м
Алюміній	1	0,01
Арамідне волокно	1	0,003
Сталь	100	0,1
Нанокристалічний сплав	1	0,06
Ферритний неіржавіючий сплав	1000	0,65

В Excel проводимо розрахунок для межі ($10^2 \dots 10^5$) і другої ($10^5 \dots 10^8$).

Проведемо розрахунок залежності товщини покриття від частоти покриття для сталі:

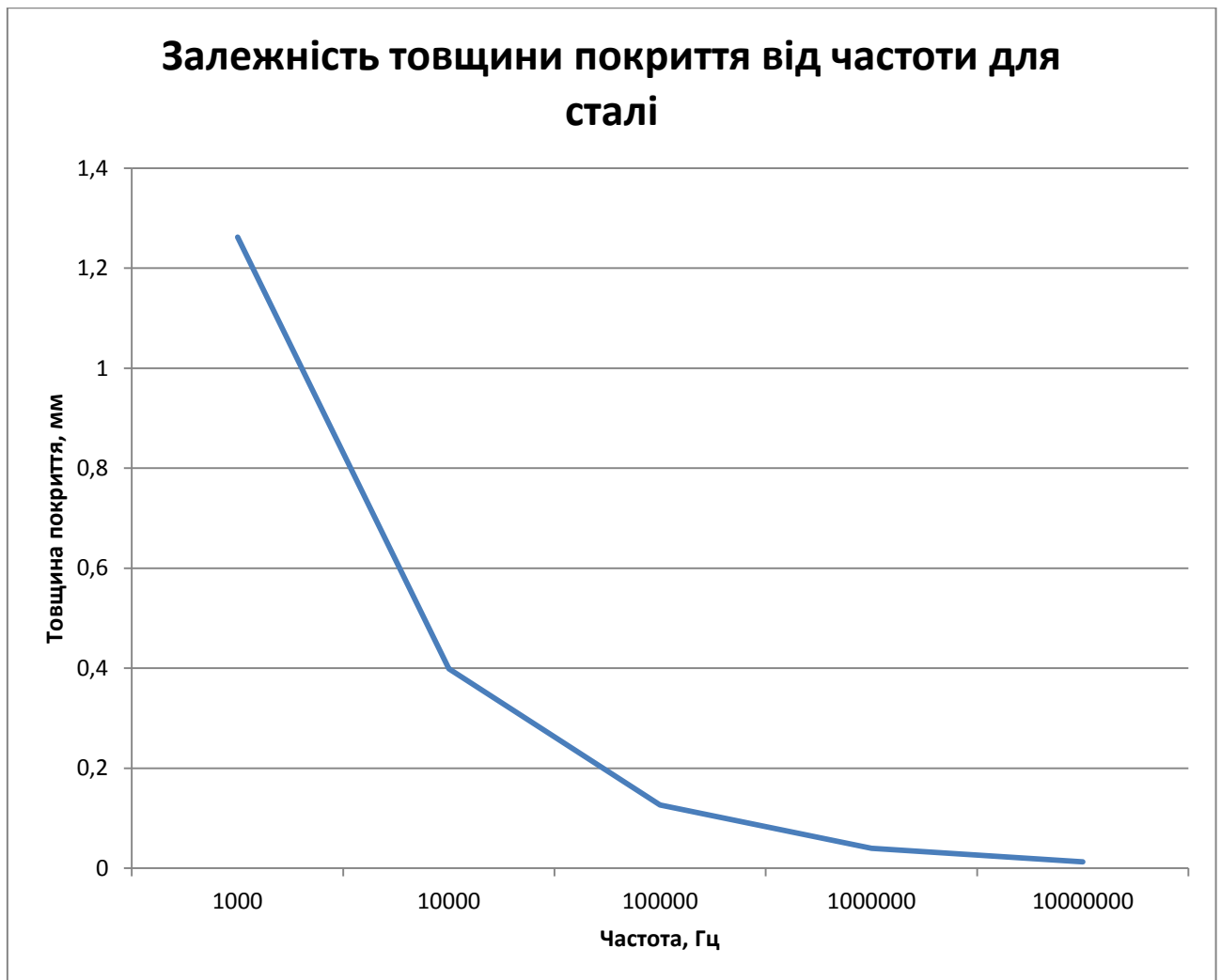
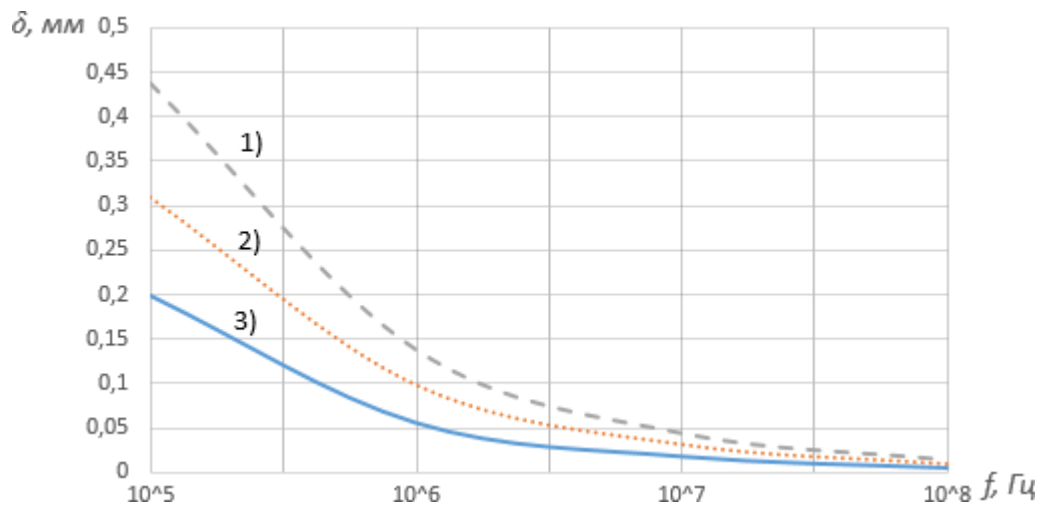


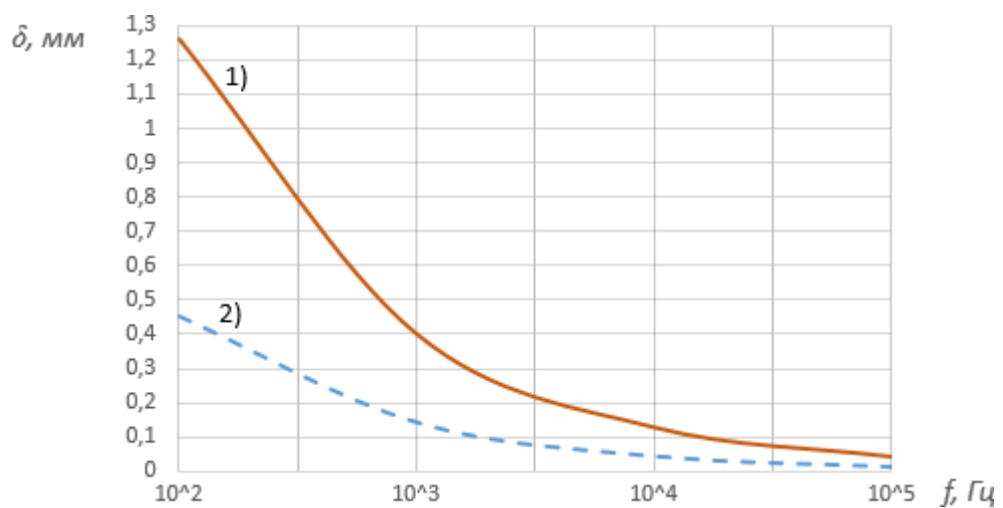
Рисунок 3.1 – Залежність товщини покриття екрану від частоти для сталі

Представимо графіки залежності товщини покриття для інших речовин.



1) нанокристалічний сплав; 2) арамідне волокно; 3) алюміній

Рисунок 3.2 – Залежність товщини покриття від частоти для -



1) сталі; 2) феритна неіржавіючий сплав.

Рисунок 3.3 – Залежність товщини покриття від частоти

Розрахуємо величину B екрану нанокристалічного сплаву за формулами 3.1 і 3.2. За умовою теорії вихрових струмів[14] товщина матеріалу має бути не менше за 0.1 мм. Результати розрахунків представлені у вигляді таблиці 3.2 і на графіку(рис.3.3) виражена залежність коефіцієнта B від частоти для сплаву.

Таблиця 3.2 – Залежність $B(f)$ для сплаву.

f , кГц	1	10	10^2	10^3	10^4	10^5
B , Нп	1,795	1,795	1,795	1,803	2,114	3,361

Вв, Нп	$3,6 \cdot 10^{-6}$	$3,6 \cdot 10^{-4}$	$3,5 \cdot 10^{-2}$	0,101	0,454	1,87
Вп, Нп	1,795	1,795	1,79	1,672	1,534	1,409

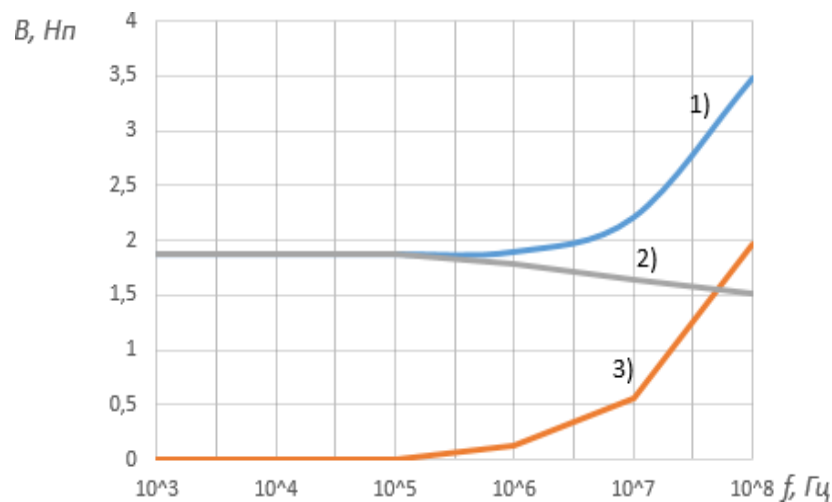


Рисунок 3.3 – Залежність 1) В(f); 2) Вп(f); 3) Вв(f) для сплаву

Розрахуємо величину В екрану арамідного волокна за формулами 3.1 і 3.2. За умовою теорії вихрових струмів[14] товщина матеріалу має бути не менше за 0.1 мм. Результати розрахунків представлені у вигляді таблиці 3.3 і на графіку(рис.3.4) виражена залежність коефіцієнта В від частоти для волокна.

Таблиця 3.3 – Залежність В(f) для арамідного волокна.

f , кГц	1	10	10^2	10^3	10^4	10^5
В, Нп	1,646	1,646	1,646	1,648	1,763	2,436
Вв, Нп	$4,1 \cdot 10^{-7}$	$4,1 \cdot 10^{-5}$	$4,1 \cdot 10^{-4}$	0,023	0,282	1,077
Вп, Нп	1,646	1,646	1,646	1,616	1,473	1,339

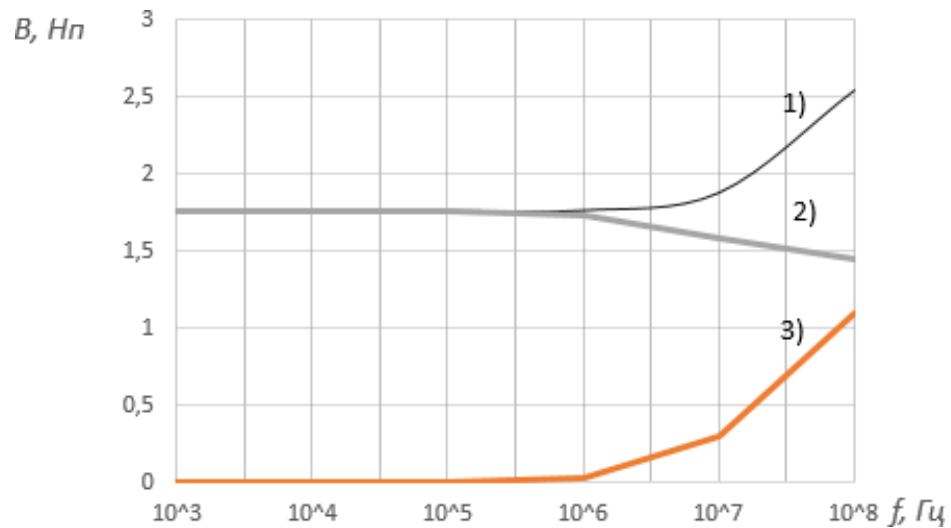


Рисунок 3.4 - Залежність 1) $B(f)$; 2) $B_{п}(f)$; 3) $B_{в}(f)$ для арамідного волокна

Розрахуємо величину B екрану алюмінію за формулами 3.1 і 3.2. За умовою теорії вихрових струмів[14] товщина матеріалу має бути не менше за 0.1 мм. Результати розрахунків представлені у вигляді таблиці 3.4 і на графіку(рис.3.5) виражена залежність коефіцієнта B від частоти для алюмінієвого екрану.

Таблиця 3.4 – Залежність $B(f)$ для алюмінієвого екрану.

f , кГц	1	10	10^2	10^3	10^4	10^5
B , Нп	1,565	1,565	1,565	1,648	1,702	2,051
$B_{в}$, Нп	$1,3 \cdot 10^{-8}$	$1,3 \cdot 10^{-6}$	$0,9 \cdot 10^{-4}$	$8,5 \cdot 10^{-4}$	0,173	0,693
$B_{п}$, Нп	1,565	1,565	1,565	1,578	1,431	1,398

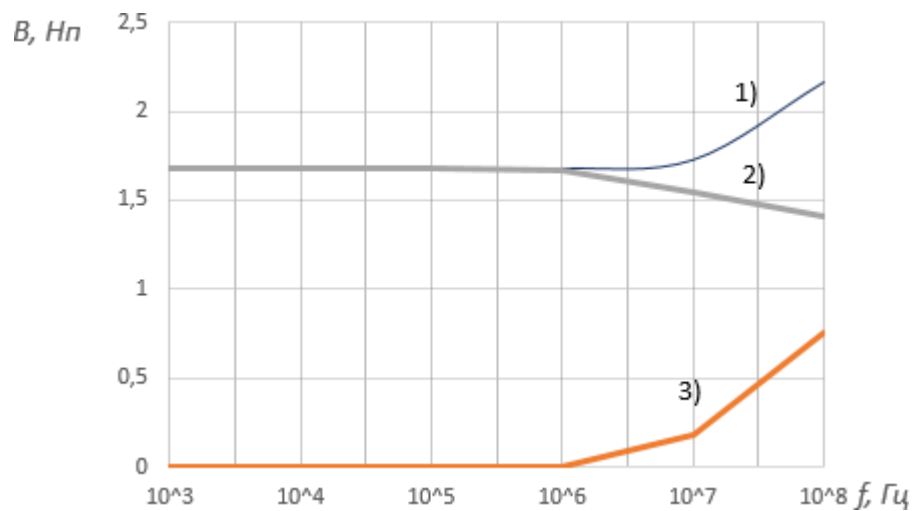


Рисунок 3.5. - Залежність 1) $B(f)$; 2) $B_{п}(f)$; 3) $B_{в}(f)$ для алюмінієвого екрану

Розрахуємо величину B феритного неіржавіючого сплаву за формулами 3.1 і 3.2. За умовою теорії вихрових струмів[14] товщина матеріалу має бути не менше за 0.1 мм. Результати розрахунків представлені у вигляді таблиці 3.5 і на графіку(рис.3.6) виражена залежність коефіцієнта B від частоти для сплаву.

Таблиця 3.5 – Залежність $B(f)$ для феритного сплаву.

f , кГц	1	10	10^2	10^3	10^4	10^5
B , Нп	1,393	1,435	1,801	3,343	8,684	24,849
$B_{в}$, Нп	$7,2 \cdot 10^{-3}$	0,162	0,61	1,33	6,81	24,118
$B_{п}$, Нп	1,284	1,162	1,11	1,004	0,764	0,631

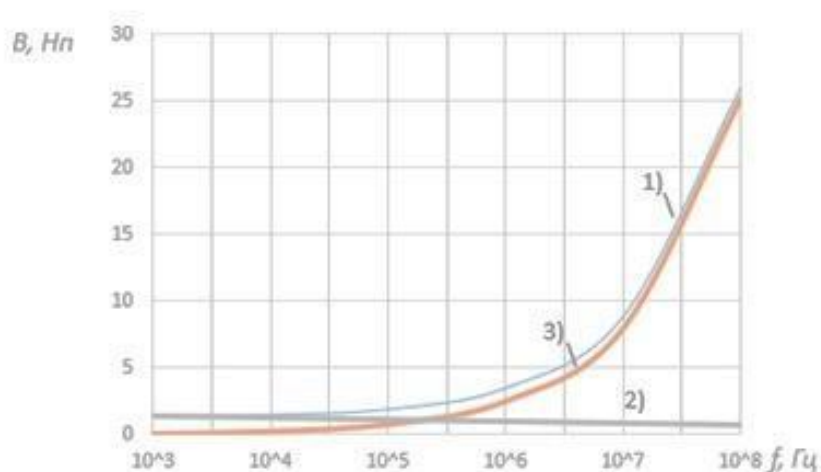


Рисунок 3.6 - Залежність 1) $B(f)$; 2) $B_{п}(f)$; 3) $B_{в}(f)$ для феритного сплаву

Розрахуємо величину B сталі за формулами 3.1 і 3.2. За умовою теорії вихрових струмів[14] товщина матеріалу має бути не менше за 0.1 мм. Результати розрахунків представлені у вигляді таблиці 3.6 і на графіку(рис.3.7) виражена залежність коефіцієнта B від частоти для сталі.

Таблиця 3.5 – Залежність $B(f)$ для сталевого екрану.

f , кГц	1	10	10^2	10^3	10^4	10^5
B , Нп	1,598	1,599	1,570	2,162	3,995	10,056
B_v , Нп	$1,4 \cdot 10^{-4}$	0,011	0,197	0,797	2,795	9,031
B_p , Нп	1,607	1,598	1,361	1,27	1,105	1,039

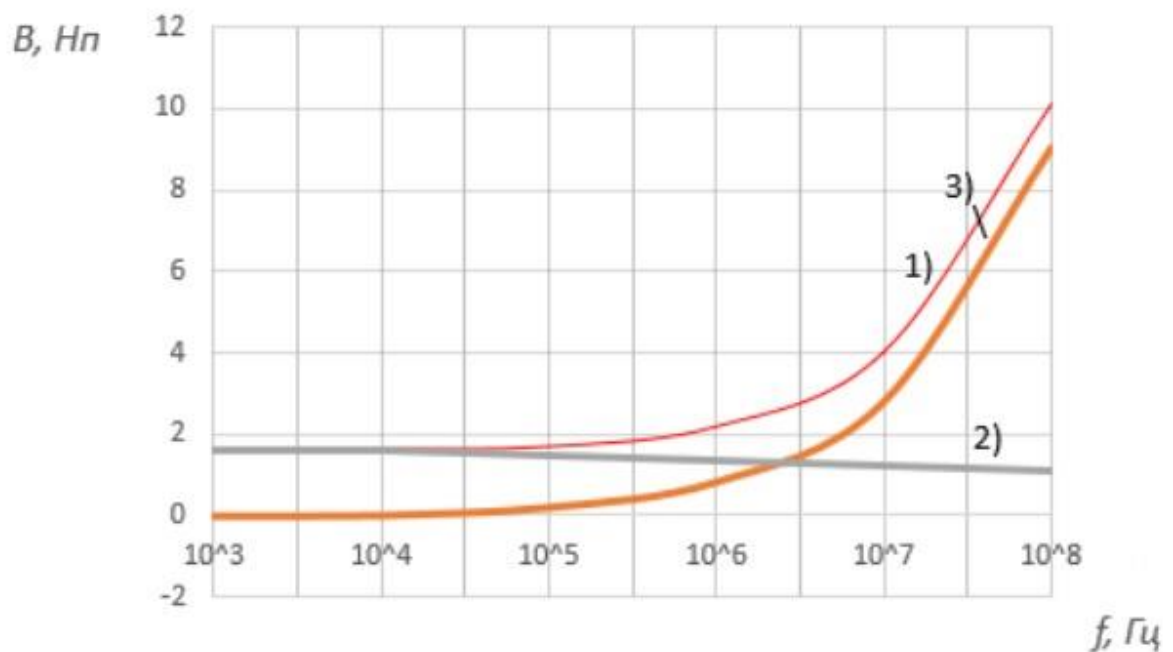
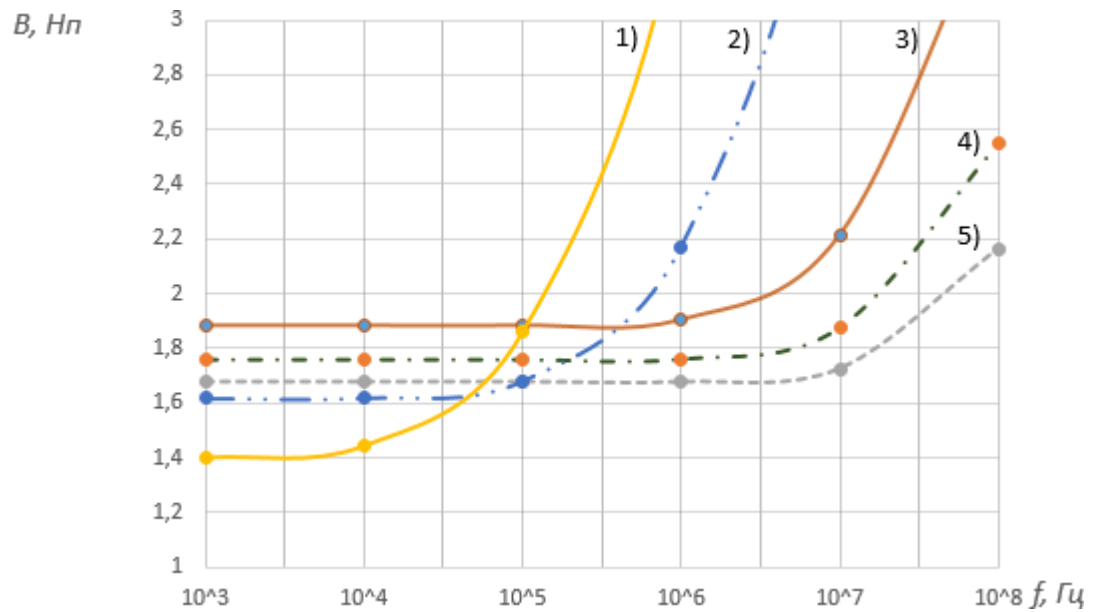


Рисунок 3.7 - Залежність 1) $B(f)$; 2) $B_p(f)$; 3) $B_v(f)$ для сталевих екранів

Загальний графік для усіх матеріалів приведений нижче. На рисунку можна порівняти ефект екранування матеріалів ,що використовуються у створенні екранів від електромагнітного випромінювання.



- 1) феритний неіржавіючий сплав; 2) сталь; 3) алюміній; 4) арамідне волокно;
5) нанокристалічний сплав

Рисунок 3.8 – Залежність $B(f)$

3.2 Обґрунтування складу тканини для виробництва захисних чохла для мобільних телефонів

З графіків видно, що найвищий коефіцієнт екранування на данній частоті забезпечується сталевим екраном. З графіків обираємо оптимальну товщину екрану 0,1 см і визначаємо найефективніший склад суміші арамідного волокна зі сталевим наповненням.

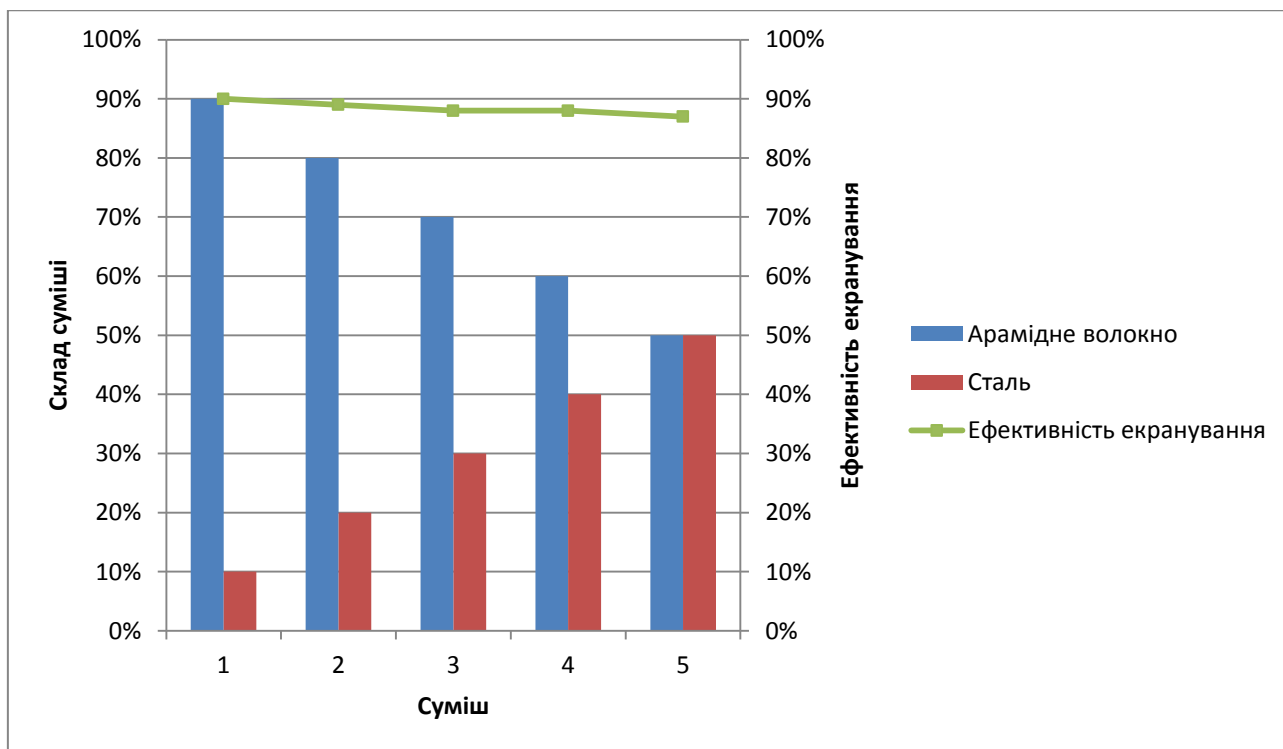


Рисунок 3.9 – Залежність ефективності екранування від складу суміші матеріалів

Висновки до розділу 3

Розраховано коефіцієнти екранування в залежності від товщини матеріалу та частоти хвиль. Виявлено, що найбільший ефект екранування мають наступні матеріали: ферритний сплав, сталь, алюміній, нанокристалічний сплав та арамідне волокно. Найбільшу ефективність екранування має сталь. Доцільно використовувати суміш матеріалів задля забезпечення кращої ефективності.

4 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ «ЗАХИСНИЙ ЧОХОЛ-ЕКРАН ДЛЯ МОБІЛЬНИХ ТЕЛЕФОНІВ»

У данній частині роботи проводиться аналіз ринку для розвитку продукту та створюється бізнес-план та бізнес-модель проекту. Стартап- проект – є базою для обґрунтування фінансування та її впровадження. Розрахунки проведено за методикою [29] і на основі даних [30] – [34].

4.1 Опис ідеї проекту

У таблиці 4.1 проаналізовано сутність ідеї, унікальність продукту та вигоди для потенційного клієнта.

Таблиця 4.1 – Опис ідеї та її переваг для споживача

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Забезпечення електромагнітної безпеки від повсякденного користування смартфонами.	Виробництво	Спрощення та здешевлення процесу створення екрануючих аксесуарів для телефонів
	Наука	Підвищення рівня захисту людей від впливу електромагнітного випромінювання

Ідея передбачає створення чохла для смартфона з використанням екрануючого матеріалу для зменшення впливу електромагнітного випромінювання від використання гаджету. Використання декількох матеріалів у виробництві чохла дозволить зробити аксесуар більш ефективним та зручним у користуванні.

Убезпечення гаджету може помітно зменшити кількість електромагнітного випромінювання радіочастот, таким чином позитивно вплинути на самопочуття користувачів. Сам продукт є перспективою

урізноманітнити ринок та дати новий, екологічний виток у розвитку малого та середнього бізнесу.

4.2 Аналіз конкурентного середовища

На ринку конкурентами є продукт-аналог чохол Фарадея компанії Locker's. Сама технологія екранування працює, але такий чохол блокує будь-який сигнал телефону, що не підходить для постійних користувачів. Деякі моделі чохлів компанії взагалі зняті з виробництва, оскільки дизайн та конструкція не задовольняють основних уподобань споживача. Таблиця 4.2 представляє порівняння стартапу та існуючих продуктів конкурентів за основними техніко-економічними показниками.

Таблиця 4.2 Аналіз конкурентів на ринку

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	Стартап проект	Конкурент1
1.	Екрануючий матеріал	Арамідне волокно з сталевим напленням у складі 90% волокна та 10% наплення.	Синтетичний матеріал складом 30% міді+28% нікелю, 1%срібла та 41% поліестеру.
2	Діапазон екранування частоти	$10^6 \dots 10^7$ Гц	Усі частоти від 10 до 10^8 Гц.
3	Вибір дизайну	Різноманітність кольорів	Один дизайн

4.3 SWOT-аналіз потенційних загроз та можливостей

Аналіз ризиків належить до одного з важливих компонентів оцінки впровадження продукції на ринок. Урахування можливих загроз допоможуть знизити ризик їх виникнення та прискорять процес їх усунення задля подальшого більш ефективного використання можливостей. У таблиці 4.3 результати представлені результати дослідження ринку.

Таблиця 4.3 – SWOT-аналіз для реалізації продукту

Сильні сторони	Слабкі сторони
1. Відповідність продукту міжнародним та державним стандартам типу ДСТУ EN 300-319; 2. Вирішення проблеми відсутності технології екранування хвиль радіочастотного діапазону; 3. Можливість зниження ціни виробу; 4. Багатофункціональність виробу.	1. Неосвіченість цільової аудиторії; 2. Відсутність патенту на виріб; 3. Відсутність власних виробничих потужностей, створення яких потребує капіталовкладення; 4. Залежність від компанії-монополіста в Україні.
Можливості	Загрози
1. Вихід на міжнародний ринок; 2. Доступність інвестицій та кредитів; 3. Можливість адаптації ідеї як основний захист працівників телефонних компаній.	1. Негативні впливи з боку національного законодавства на ринки збуту; 2. Низька зацікавленість споживача продуктом;

4.4 Обґрунтування ресурсного забезпечення проекту

Реалізація проекту залежить від величини капіталовкладень та забезпеченням усіма видами ресурсів. Матеріальні та нематеріальні ресурси обґрунтовуються у рамках існування бюджету проекту. У таблиці 4.4 показано величину капіталовкладень у проект.

Таблиця 4.4 – Обґрунтування капіталовкладень на реалізацію проекту

Статті капіталовкладень	Величина, грн.
Прямі матеріальні затрати:	267 260,64
– витрати сировини й матеріалів	119 563,90
– витрати послуг металізації тканини	3 120,58
– витрати палива й енергії	7 132,11
– інші матеріальні витрати	34 614,0
Прямі затрати на оплату праці виробничих працівників:	223 831,62
– заробітна плата за ставками і тарифами виробничих працівників	169 449,6
– премії, заохочення, компенсаційні виплати виробничих працівників	15 745,0
– соціальні відрахування до Пенсійного фонду – 22% по заробітній платі виробничих працівників	51 507,00
Вартість основних фондів та нематеріальних активів виробничого призначення:	663 870
– початкова вартість задіяних у виробничому процесі основних засобів та необоротних нематеріальних активів (разом із транспортуванням, установкою та демонтажем)	663 870
Інші прямі витрати:	258367,92

4.5 Ключові види діяльності

У таблиці 4.5 наведено опис методів та шляхів задля впровадження основної мети проекту. Також розглянено потенційних ключових партнерів.

Таблиця 4.5 – Ключові види діяльності

Назва діяльності	Опис діяльності	Результат діяльності
Закупівля обладнання	Придбання комплектуючих лінії для виробництва чохлів ZYS03C: Zhenying precision dripping machine та установки з газодинамічного наплення металу REYM 101	Наявність готового до роботи обладнання у місці виробництва
Закупівля матеріалів	Налагодження зв'язків з дистриб'юторами арамідного волокна	Наявність готових до обробки та використання предметів праці
Виробництво чохлів	Виробництво готових виробів з використанням матеріальних ресурсів і трудових – оператора лінії; його пакування на виробничих потужностях <u>Beijing Daqin New Universe Electronic Co., Ltd.</u>	Створення виробу, готового до збуту
Збут виготовлених виробів	Налагодження контактів з міжнародними компаніями Apple, Samsung, Huawei представниками роздрібною торгівлі	Конвертація товару в фінансові активи
Управління виробництвом	Оплата праці персоналу, моніторинг діяльності цеху, контроль відповідності діяльності чинному законодавству тощо	Безперебійна ефективна діяльність цеху, налагодженість всіх процесів від виробництва до реалізації товару

Таблиця 4.6 – Ключові партнери

Інформація	Партнер 1
Повна офіційна назва організації-партнера	ТОВ «Beijing Daqin New Universe Electronic Co.»
Місце розташування	Китай, м.Пекін
Юридичний статус	Товариство з обмеженою відповідальністю
Офіційна адреса	100856 м. Пекин, Китай, вул.Йонгкчанг, буд.9
Адреса електронної пошти	office@chinee.com.ua
Роль та залученість до підготовки цього проекту	Організація транспортування товару та забезпечення зв'язків з потенційними партнерами.
Завдання, які покладаються на організацію партнера в реалізації проекту	Забезпечення готовою продукцією, а також підтримка в просуванні товару на цільовий ринок.

4.6 Обґрунтування рівня рентабельності ідеї

Характеристика рентабельності – це характеристика доходності, або прибутковості продукту. Ціну формують витрати при виробництві продукту, а дохід оцінюється від величини собівартості. Витрати класифікуються наступним чином [29] : прямі матеріальні затрати, матеріальні затрати на оплату праці, соціальні відрахування у Пенсійний фонд, загальновиробничі витрати, інші матеріальні витрати.

4.6.1 Прямі матеріальні витрати

В таблиці 4.7 представлені результати розрахунку витрат:

Таблиця 4.7 – Прямі матеріальні витрати

№ п/п	Назва ресурсу	Одиниця вимір.	Ціна	Кількість ресурсу	Потреба на місяць	Потреба на рік
1	Арамідне волокно	грн./м	62,52	25	1563,0	19 836,0
2	Порошок для напилення	грн./кг	500	13	6500,61	78 007,32
3	Витрати на синтетичне волокно	грн./м	45,25	40	1810,09	21 720,58
4	Електроенергія	грн. за кВт.год	0,55724	1279,9	594,34	7132,11
5	Комунальні послуги	грн./м2	57,69	60	3 461,4	41 536,8
Всього:					14 019,40	168 232,81

4.6.2 Витрати на оплату праці

Даний крок роботи передбачає аналіз структури персоналу підприємства та розмежування працівників, оплата праці яких здійснюється на основі посадових окладів та працівників, оплата праці яких – відрядна з урахуванням розряду працівника.

Дані структури персоналу та фонду оплати праці узагальнюємо в табл.

4.8.

Таблиця 4.8 – Структура персоналу та фонд оплати праці

№ п/п	Посада	Форма оплати	Кількість працівників	Заробітна плата (грн.)		
				за місяць	за квартал	за рік
Адміністративно-технічний персонал						
1	Майстер	Погодинно-преміальна	1	8 670,0	26 010,0	104 040,0
Всього				8 670,0	26 010,0	104 040,0
Соціальні відрахування до Пенсійного фонду (22 %)				1907,4	5722,2	22 888,8
Фонд оплати праці				10 577,4	31 732,2	126 928,8
2	Оператор лінії виробництва чохлів	Відрядно-прогресивна	2	5 420,4	16 261,2	65 044,8
Всього				10 840,8	32 522,4	130 089,6
Соціальні відрахування до Пенсійного фонду (22 %)				2 384,97	7 154,928	28 619,71
Фонд оплати праці				13 225,77	39 677,31	158 709,24

4.6.3 Обґрунтування вартості задіяних основних фондів та амортизаційних відрахувань

Для розрахунку амортизації об'єктів основних засобів обрано прямолінійний метод, що передбачає рівномірний розподіл амортизаційних відрахувань протягом корисного терміну експлуатації об'єкта основних засобів до досягнення ним ліквідаційної вартості. Узагальнимо вартість основних фондів та амортизаційних відрахувань у табл. 4.9.

Таблиця 4.9 – Обґрунтування вартості амортизаційних відрахувань

Назва об'єкта основних фондів	Кількість, шт.	Вартість на початок року, грн	Річна норма амортизації, %
Будівля (цех)	1	500 000	4
Лінія виробництва чохлів (Zhenying precision dripping machine)	1	163 870	4
Всього	3	663 870	4

Таблиця 4.10 – Обґрунтування вартості амортизаційних відрахувань (за кварталами)

Амортизаційні відрахування в поточному році, грн				
I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал	За рік
20 000	20 000	20 000	20 000	80 000
20 314,8	20 314,8	20 314,8	20 314,8	81 259,2
40 314,8	40 314,8	40 314,8	40 314,8	161 259,2

4.6.4 Інші прямі витрати

До інших прямих витрат належать витрати на дослідження та розробку, послуги сторонніх організацій, комунальні послуги, втрати від браку з технологічних причин тощо. Узагальнимо інші прямі витрати в табл. 4.10.

Таблиця 4.11 – Обґрунтування прямих інших витрат

Види послуг	Джерело даних	Вартість послуг, грн	
		На місяць	На рік
Охорона приміщення	Угода	6 000	72 000
Інтернет-реклама	Google Ads	3 000	12 000
Комунальні послуги	Угода	2 345,5	28 146
Витрати від браку	До 2 % від загального обсягу виготовленої продукції (вартість витрачених матеріалів) матеріалів	220,32	2 643,84
Транспортні витрати	Розрахунок	6 630,84	79 570,08
Всього:		18 196,66	218 359,92

4.6.5 Загальновиробничі витрати

Узагальнимо загальновиробничі витрати в табл. 4.11.

Таблиця 4.12 – Загальновиробничі витрати

Види послуг	Джерело даних	Вартість послуг, грн	
		На місяць	На рік
Ремонт виробничого обладнання	Угода	2 200	26 400
Отримання дозволу на викиди забруднюючих речовин	Угода	-	5 000
Всього:		4 464,8	58 577,54

4.6.6 Умовно-змінні витрати

До умовно-змінних витрат відносимо витрати на виробництво тришарової екологічно прийнятної плити. Величина їх змінюється залежно від зміни обсягу випуску продукції. Умовно-змінні витрати підприємства узагальнено в табл. 4.12.

Таблиця 4.13 – Умовно-змінні витрати підприємства

Статті витрат	Джерела даних	Витрати, грн			
		На 1 од.	На місяць	На квартал	На рік
Прямі матеріальні витрати	Табл. 4.7	10,55	22 271,72	66 815,16	267 260,64
ФОП виробничого персоналу	Табл. 4.8	7,58	16 007,38	48 022,14	192 088,56
Транспортні витрати	Табл. 4.10	3,2	6 753,84	20 261,52	81 046,08
Ремонт виробничого обладнання	Табл. 4.11	1,99	4 200	12 600	50 400
Всього:		23,32	49 251,81	147 755,52	591 022,08

4.6.7 Умовно-постійні витрати

До умовно-постійних виробничих витрат відносять витрати на обслуговування і управління виробництва, які залишаються незмінними або майже незмінними при зміні обсягів діяльності. До них відносять: амортизаційні відрахування, фонд оплати праці адміністративно-технічного персоналу з нарахуваннями, орендну плату підприємства, комунальний податок, збір за забруднення навколишнього природного середовища тощо. Розрахунок умовно-постійних витрат підприємства приведено у табл. 4.13.

Таблиця 4.14 – Умовно-постійні витрати підприємства

Статті витрат	Джерела даних	Витрати, грн			
		На 1 од.	На місяць	На квартал	На рік
ФОП адміністративно-технічного персоналу	Табл. 4.8	5,59	11 809,6	35 428,8	141 715,2
Амортизаційні відрахування	Табл. 4.9	6,36	13 438,26	40 314,8	161 259,2
Охорона	Табл. 4.10	3,31	7 000	21 000	84 000
Реклама	Табл. 4.10	2,84	6 000	18 000	72 000
Витрати від браку	Табл. 4.10	0,18	379,32	1 137,96	4 551,78
Витрати на охорону навколишнього середовища	Табл. 4.11	0,12	264,8	794,4	3 177,54
Комунальні послуги	Табл. 4.10	1,37	2 884,5	8 653,5	34 614
Всього:		19,77	41 754,24	125 262,72	501 050,88

4.6.8 Накладні витрати

Умовно-постійні витрати є накладними, тобто розподіляються між усіма видами продукції підприємства, якщо такі підприємство випускає.

Дані розрахунку накладних витрат записуємо у табл. 4.14.

Таблиця 4.15 – Розрахунок накладних витрат підприємства

Показники	Джерела даних	На одиницю	На місяць	На квартал	На рік
Умовно-постійні витрати, грн	Табл. 4.13	19,77	41 754,24	125 262,72	501 050,88
Частка випуску продукції у загальному обсягу виробництва, %	Офіційна веб сторінка ПрАТ «Київський КПК»	<1	<1	<1	<1
Накладні витрати, грн		0,2	417,54	1 252,63	5 010,51

4.6.9 Обґрунтування собівартості інноваційної ідеї стартап-проекту

Собівартість інноваційної ідеї складається з умовно-змінних та умовно-постійних (накладних) витрат. Розрахунок собівартості узагальнимо в табл. 4.15.

Таблиця 4.16 – Обґрунтування собівартості товару

Статті витрат	Джерела даних	Витрати, грн			
		На 1 од.	На місяць	На квартал	На рік
Умовно-змінні витрати	Табл. 4.13	19,77	41 754,24	125 262,72	501 050,88
Умовно-постійні (накладні) витрати	Табл. 4.14	0,2	417,54	1 252,63	5 010,51
Собівартість	Сума рядків	19,97	42 176,64	126 529,92	506 119,68

4.7 Обґрунтування рівня рентабельності інноваційної ідеї

Дані обґрунтування необхідного рівня прибутку інноваційної ідеї, для якої розраховується ціна узагальнюємо в табл. 4.16. При цьому, враховано наступний розподіл прибутку підприємства за фондами:

- фонд розвитку виробництва – 50%;
- фонд соціального розвитку – 25%;
- преміальний фонд – 10%;
- дивіденди засновникам – 15%.

Таблиця 4.17 – Обґрунтування рівня рентабельності товару

Статті витрат	Джерело даних	Од. вимір.	Значення показників
1. Собівартість одиниці продукції	Табл. 4.15	грн.	76,97
2. Обсяг виробництва в рік	Прогноз	грн.	599 100,0
2. Необхідний прибуток	пп.2,1+2,2+2,3+2,4+2,5+ 2,6+2,7	грн.	1 724 547,84
2.1. Кредитні засоби (2 млн. грн на 5 років під 20 % річних)	Кредитна угода	грн.	800 000,0
2.2. Засоби фонду розвитку виробництва	Колективна угода	грн.	299 550,0
2.3. Засоби фонду соціального розвитку	Колективна угода	грн.	149 775,0
2.4. Засоби преміального фонду	Колективна угода	грн.	59 910,0
2.5. Грошові виплати власникам підприємства	Колективна угода	грн.	89 865,0
2.6. Фінансовий резерв	$(2.1+2.2+2.3+2.4+2.5)*0.05/0.95$	грн.	73 636,84
2.7. Податок на прибуток	$(2.1+2.2+2.3+2.4+2.5)*0.18$	грн.	251 838,0
3. Необхідний рівень рентабельності продукції	п.2 / п.1*100%	%	14

Для аналізу границь змін відпускної ціни в умовах вільного ринку проведено маркетинговий аналіз продуктів-аналогів. Результати викладено в табл. 4.18.

Таблиця 4.18 – Порівняльний аналіз сформованої ціни з цінами конкурентних товарів-аналогів

Види ціни	Джерело даних	Одиниці вимірювання	Показники
1. Розрахункова ціна виробництва одиниці продукції з ПДВ	Табл. 4.17	грн.	93,19
2. Ринкові ціни товарів-аналогів на ринку:	Маркетингове дослідження ринку	грн.	-
— мінімальна		грн.	100
— максимальна		грн.	862
— середня		грн.	481
3. Скоригована ціна реалізації		грн.	500,0

4.8 Цільові групи потенційних споживачів

В обґрунтуванні потенційних споживачів доцільно виявити цільові групи, яким буде пропонуватися багатофункціональна дощечка, а також визначити відповідну стратегію охоплення ринку. В табл. 4.19 представлено цільові групи потенційних споживачів.

Таблиця 4.19 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис цільової групи потенційних клієнтів	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Люди віком 10-55	Високий	Висока	Просто

Відповідно до табл. 4.19 в якості стратегії охоплення ринку обрано стратегію масового маркетингу, тобто пропонується стандартизована програма впровадження виробу для всіх суб'єктів ринку.

Обраний сегмент ринку передбачає розроблення базової стратегії розвитку, що представлена в табл. 4.20.

Таблиця 4.20 – Визначення базової стратегії розвитку

Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентні позиції відповідно до обраної стратегії	Базова стратегія розвитку
Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентні позиції відповідно до обраної стратегії	Базова стратегія розвитку
Ринкові можливості посилення ідеї стартап-проекту	Комбінований маркетинг	Багатофункціональність дощечки; відсутність абсолютних аналогів на ринку; особистий внесок покупця в ресурсозберігаючу технологію	Масовий маркетинг

4.9 Канали збуту

Незважаючи на те, що при використанні послуг посередників виробник певною мірою втрачає контроль за реалізацією товарів, залучення посередників вважається вигідним. В табл. 4.21 визначено оптимальну систему збуту виробу і коротко описано процес продажу.

Таблиця 4.21 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Оптимальна система збуту
1	Для приватних підприємств закупівля здійснюється на договірних засадах. Для державних підприємств закупівлі здійснюються через офіційний портал оприлюднення інформації про публічні закупівлі України Prozorro	Транспортування Встановлення контакту з покупцем Інформування про характеристики та властивості товару	Традиційна

4.10 Бізнес-модель проекту

Розробка стартап-проекту – це створення бізнес-моделі комерціалізації науково-технічних досягнень. Побудова конкурентної бізнес-моделі є ефективним інструментом вирішення поставлених у роботі задач і представляє структуру найважливіших елементів бізнес-проекту та є джерелом інноваційних ідей і підходів. В табл. 4.22 представлено структуру бізнес-моделі інноваційного виробу. Проаналізувавши дану інформацію, можна казати про існування як і сильного українського ринку збуту даної продукції, так і попиту на цей продукт. Реалізація самого товару може принести гарний дохід, враховуючи, що попит формується широким сегментом населення та оснований на головних маркетингових підходах основної діяльності. Цінність пропозиції підтримується основними сталими цілями розвитку виробництва, а трудові та матеріальні ресурси існують в наявності майже завжди.

Таблиця 4.22 – Структура бізнес-моделі проекту

Ключові партнери	Ключові види діяльності	Цінність пропозиції	Взаємовідносини з клієнтами	Споживчі сегменти
Постачальник арамідного волокна ВАТ «Київхімволокно» , постачальник металевого порошку (ПАТ «АрселорМітталл Кривий Ріг»), постачальник обладнання і обслуговуюча організація, відповідальна за ремонт (ТОВ «УКРКОЛОР»)	Виробництво екрануючого матеріалу та створення захисних чохлів для телефонів	Захист людини від впливу електромагнітного випромінювання Відсутність абсолютних аналогів Екологічна прийнятність Дизайн	Гарантія на виріб Швидке реагування на скарги клієнта	Діти шкільного віку; Всі сегменти населення
	Ключові ресурси Матеріальні (арамідне волокно, порошок сталевий, поліамідні волокна) Капітальні (обладнання, цех) Енергетичні (теплова, електрична енергія) Трудові (робітники)		Канали збуту Для приватних підприємств та фізичних осіб – роздрібна та оптова торгівля	
Структура собівартості 1.Витрати разові (капітальні): 1 007 870 грн 2.Витрати постійні: 19,77 грн/од. 3.Витрати змінні: 23,32 грн/од.			Потоки надходження доходу Ціна в залежності від об'єму. За розрахунками в середньому 250 000 грн/міс.	

Визначено головні показники оцінювання проекту для інвесторів. Результати розрахунків наведено в табл. 4.14. При цьому, були визначено деякі значення: ставка дисконтування 18 %; щорічний прибуток – 545755 грн з урахуванням компенсації ОСВ у розмірі 11 євро за 1 т CO₂; щорічні втрати – 536858. Частка фінансування інвесторів склала 20 %. Додаткові інвестиції на автоматизацію склали 250 000 грн.

Таблиця 4.14 – Критерії оцінки для інвесторів

Показник	Од.виміру	Значення
Чиста приведена вартість проекту, NPV	грн	36717
Співвідношення кредиту до вартості проекту, LTC		4
Співвідношення кредиту до цінності проекту/об'єкту, LTV		828
Простий термін окупності проекту, $T_{ок}$	роки	6
Коефіцієнт ефективності E		0,17
Чиста дисконтова вартість (ЧДВ)	грн	1658834
Період окупності інвестицій	міс	6

У табл. 4.15 підводяться підсумки підготовки інноваційного стартапу та узагальнюються основні техніко-економічні показники.

Таблиця 4.15 – Узагальнюючі техніко-економічні показники

Показники	Значення
Річний випуск продукції, од.	30 609
Капіталовкладення, тис. грн.	2 684 294
Собівартість продукції, грн.	93
Ціна продукту, грн	880
Прибуток, тис. грн.	980
Рентабельність, %	14
Коефіцієнт економічної ефективності	0,88
Період повернення капіталовкладень, років	3

Висновки до розділу 4

Аналіз ринку підтверджує відсутність абсолютних аналогів даної тканини. Враховуючи наявний попит та динаміку на ринку є можливість ринкової комерціалізації запропонованого стартап-проекту.

З огляду на потенційні групи клієнтів, бар'єри входження, стан конкуренції та конкурентоспроможність проекту вважаємо останній доцільним для подальшої імплементації.

ВИСНОВКИ

1. Міжнародний досвід на тему впливу електромагнітного випромінювання на базі існуючих численних досліджень все ж знаходиться на недостатньому рівні, аби вирішити проблему “електромагнітного забруднення”. Запропоновані відповіді носять більш декларативний характер і питання реального технічного рішення залишається відкритим.

2. Розрахунок ефективності екранування базується на визначенні електричних складових радіотехнічних засобів і майже неможливо зробити його точним без урахування завадового середовища. Обраний спосіб розрахунку включає характеристики електричного поля пристрою і базується на теорії виникнення хвильових струмів [18]. При виборі способу розрахунку екрану потрібно вказати схему його конструкції.

3. Розраховано коефіцієнти екранування в залежності від товщини матеріалу та частоти хвиль. Виявлено, що найбільший ефект екранування мають наступні матеріали: ферритний сплав, сталь, алюміній, нанокристалічний сплав та арамідне волокно. Найбільшу ефективність екранування має сталь. Доцільно використовувати суміш матеріалів задля забезпечення кращої ефективності.

4. Аналіз ринку підтверджує відсутність абсолютних аналогів даної тканини. Враховуючи наявний попит та динаміку на ринку є можливість ринкової комерціалізації запропонованого стартап-проекту. З огляду на потенційні групи клієнтів, бар'єри входження, стан конкуренції та конкурентоспроможність проекту вважаємо останній доцільним для подальшої імплементації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ЗУ «Державні санітарні норми та правила захисту населення від впливу електромагнітного випромінювання» від 01.08.1996 №239
2. Думанський Ю. Д. Електромагнітне забруднення навколишнього середовища - сучасна гігієнічна проблема К., 2003, Вип. 41, С. 195-203.
3. Думанський В. Ю. Гігієнічна оцінка електромагнітного випромінювання, що створюється обладнанням стільникового мобільного зв'язку стандарту GSM- 900 К., 2004. Вип. 43. : С. 233-241.
4. Нікітіна Н.Г., Думанський Ю.Д. Електромагнітні поля як фактор впливу на здоров'я населення Гигиена населенных мест: Сб. науч. тр.-К., 2001.:Вип. 38, Т. 2. С. 52-53.
5. Звітність "Санітарна очистка" за 2018 рік. Мінрегіон. 2019. URL: <http://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2019/03/TPV-4-2018.pdf>.
6. Кольчугін Ю. И. До питання гігієнічного нормування електромагнітного випромінювання частот 300-3000 мегагерц М., 1996. С. 20-23.
7. Огляд реалізації основних положень Кіотського протоколу до Рамкової Конвенції ООН про зміну клімату та зобов'язання країн-членів ОЕСР і Євросоюзу щодо виконання рекомендацій Паризької Конференції. МІНЕНЕРГОВУГІЛЛЯ УКРАЇНИ. 2017. URL: https://ua.energy/wp-content/uploads/2017/05/3.-Osn_polozh_SOR21.pdf.
8. A review of the potential health risks of radiofrequency fields from wireless telecommunication devices: An expert panel report prepared at the request of the Royal Society of Canada for Health Canada RSC.EPR 99-1.- Ottawa, 1999.146 p.
9. Філіпова Т.М., Алексієв С. И. Влияние электромагнитного излучения радиочастотного диапазона на хеморецепторные структуры 1995.- Т. 40. -С. 1-27.
10. Качинський А.Б. Концепція ризику у світлі екологічної безпеки в Україні , НІДС. Предпрінт, 1993.-Вип. 14. 49 с.

11. Circular Economy. CRH URL: <https://www.crhcement.com/circular-economy/>.
12. Circular Economy. CEMBUREAU The European Cement Association. URL: https://cembureau.eu/policy-focus/environment/#Circular_Economy.
13. The Use of shielding materials as a Kiln Fuel : матеріали NTIS, Washington D.C. 1980. 139 с.
14. Dioxin and Furan Toolkit: матеріали UNEP Chemicals. Geneva, 2001. С. 84–87.
15. Производство цемента. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Москва, 2015. С. 305.
16. Co-processing waste in the cement industry: A solution to natural resource preservation and total emission reduction. Cementis. URL: <https://www.cementis.com/co-processing/>.
17. Clavier K., B. Watts B., Liu Y. Risk and performance assessment of cement made using municipal solid waste incinerator bottom ash as a cement kiln feed. Resources, Conservation & Recycling. 2019. №146. С. 270–279.
18. Roessler J., Paris J., Ferraro C. C.. Use of electric circuits in electromagnetic effect: Impacts of Size And Length of Radiowaves 2016. С. 3–11.
19. Багданас В. В., Тихонова І. О.. Разработка требований к конструкции фильтров электрических цепей. 2017. №9. С. 62–64.
20. Fuel from municipal solid waste for the cement industry. Solid Fuel Chemistry. 2017. №51. С. 57–64.
21. Магнітна проникність для феромагнетиків та діамагнетиків. URL: <https://tehtab.ru/Guide/GuidePhysics/GuidePhysicsHeatAndTemperature/ComnustionEnergy/LowerCalorificall/>.
22. Shielding effectiveness. Impedance in electric circuits. Electrical engineering. 2010. №21. С. 757–762.
23. Comparison of Greenhouse Gas Emissions from Waste-to-Energy Facilities and the Vancouver Landfill. CH2M HILL CANADA LIMITED. 2009. С.

1–12.

24. Круш П., Шевчук Н., Андрусь О.. Стартап-проект: Рекомендації до виконання розділу магістерської дисертації «Розроблення стартап-проекту». Київ, 2019. С. 50.

25. Тарифи на електроенергію в 2019 році. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/electric/>.

26. Екологічний податок. URL: https://services.dtkr.ua/catalogues/tax_rates/31.