

Одеський національний політехнічний університет

Інститут комп'ютерних систем

Комп'ютерні системи

РЯСКИЙ Артем Вадимович

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА**

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ І ФОНУ РАДІОВИПРОМІНЮВАННЯ**

Спеціальність 123 – Комп'ютерна інженерія

Спеціалізація — Спеціалізовані комп'ютерні системи

Керівник: Ступень Павло В'ячеславович,

канд. технічних наук, доцент

Одеса – 2020

Міністерство освіти і науки України  
 Одеський національний політехнічний університет  
 Інститут комп'ютерних систем  
 Кафедра комп'ютерних систем

Рівень вищої освіти другий (магістерський)  
 Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія  
 Спеціалізація/ освітня програма Спеціалізовані комп'ютерні системи

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

З А В Д А Н Н Я  
 НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Ряский Артем Вадимович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Дослідження впливу і фону  
радіовипромінювання

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Ступень Павло В'ячеславович, д.т.н.,  
 професор \_\_\_\_\_,

( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ректора ОНПУ від “ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року № \_\_\_

2. Зміст роботи

Основні етапи дослідження

Вибір напрямку дослідження

Оцінка повноти поставлених задач

Розділ 3. Особливості реалізації моделі, що описує процес оцінки забрудненості

навколишнього середовища

3. Перелік ілюстративного матеріалу

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## 4. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

## 5. Дата видачі завдання

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка

Здобувач вищої освіти

\_\_\_\_\_

Ряский А. В.

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

Ступень П. В.

## ЗМІСТ

ВСТУП	5
АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ СТАНУ ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНЯ РАДІО ВИПРОМІНЮВАННЯ	8
1.1 Висвітлення робіт попередників	12
1.2 Визначення напрямку у розв'язанні проблеми.	12
МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	27
2.1 Загальна методика проведення наукового дослідження	29
2.2 Методи вирішення задач	31
2.3 Хід дослідження	32
2.4 Умови та основні етапи експериментів	34
2.5. Вимоги до засобів вимірювання електромагнітного поля	36
2.6. Вимоги до організації та виконання робіт по інструментальному контролю	38
2.7 Тракткування результатів дослідження	39
ДОСЛІДЖЕННЯ ЯВИЩА РАДІО ВИПРОМІНЮВАННЯ	42
3.1 Проведення дослідження	42
3.2 Оцінка достовірності одержаних результатів	51
3.3 Порівняння одержаних результатів	52
3.4 Обґрунтування необхідності проведення додаткових досліджень	54
ВИСНОВКИ	56
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	58
Додаток А. Стаття, подана до публікації	61

## ВСТУП

Хоча радіохвилі та інші форми електромагнітної енергії використовуються протягом десятиліть, неможливо не відмітити нещодавнє різке збільшення використання мобільних телефонів, поширення веж стільникового зв'язку та інших електричних приладів. Це спонукає на наукові дослідження, що показують біологічні та, можливо, техногенні наслідки для оточення. Було проведено багато досліджень з метою вивчення взаємозв'язку між радіочастотним випромінюванням та наслідками для здоров'я, однак на сьогоднішній день, з точки зору впливу радіовипромінювання на техніку, результати були невизначеними.

Актуальними в науковому, і практичному аспектах є:

- дослідження процесів впливу радіо випромінювання та радіо фону на побутові прилади, та на наявність такого впливу;
- прогнозування стану радіо фону в житлових та технічних приміщеннях на основі раніше отриманих даних;
- розробка рекомендацій щодо заходів підвищення стійкості приладів до впливів імпульсних електромагнітних НВЧ полів.

В останні роки було проведено близько тисячі досліджень щодо впливу радіохвиль, проте всі вони були направлені на вплив на біоорганізми, зокрема на людський [1]. Найбільш наближені до мети проекту вимірювання проводили Старостенко В. В. [2], Ахрамович Л. Н., Грибський М. П. та ін. для журналу «Радіоелектроніка» [3]. Проте всі вони були вузькоспеціалізовані та направлені на виявлення порогових значень, які спроможні витримувати інтегральні мікросхеми конкретних моделей, які були необхідні їм для подальшої роботи.

**Метою даної роботи** є дослідження зв'язку параметрів електромагнітних полів і характеристик мікросхем з граничними значеннями полів, що визначають функціональний стан мікросхем. Також мета роботи полягає у встановленні фізичних

закономірностей зростання рівня радіо випромінення, основних причин такого явища та приведення рекомендацій щодо запобігання можливих наслідків.

**Основні задачі**, вирішені в процесі дослідження: автором самостійно проведені лабораторні заміри показників радіо випромінювання в середовищі, яке підлягає його впливу, зроблений аналіз результатів; в запропоновані і обґрунтовані методи захисту та запобігання впливу радіо випромінювання сучасних мікросхем, підведені результати попередніх років, проведено їх аналіз; розроблений метод прогнозування стану рівня радіо випромінення майбутніх років, зроблений аналіз на основі результатів чисельних показників проведених замірів рівня радіо випромінювання.

**Об'єктом** даного дослідження є явище електромагнетизму. **Предметом** є явище поширення та впливу радіо випромінювання, а також його стан у майбутньому.

**Наукова новизна** отриманих результатів, полягає в наступному:

1. Отримав подальший розвиток метод експериментального дослідження впливу електромагнітних полів на мікроструктурні елементи кристала сучасних мікросхем з великим рівнем інтеграції.

2. Розроблено метод прогнозування стану рівня радіо випромінення в побутових приміщеннях, на основі отриманих даних.

3. Вперше одержано в побутовому плані результати та можливі наслідки впливу радіовипромінювання на схемотехнічні компоненти електронних приладів.

4. Вперше показаний ріст та розвиток поширення електромагнітного випромінювання серед житлових та технічних приміщень.

**Практичне значення** одержаних результатів, отриманих в процесі виконання роботи, полягає в наступному

1. Визначено можливість створення електромагнітного поля такого значення, при якому починаються збої в роботі і катастрофічні відмови сучасних мікроконтролерів з мікропроцесорами, мікросхем пам'яті, мікросхем аналого-цифрових і цифро-аналогових перетворювачів, приймачів і передавачів. Це може

бути покладено в основу галузевих стандартів, що визначають стійкість інтегральних мікросхем.

2. Отримані результати тенденції поширення та розвитку рівня радіо випромінювання в побутових та технічних приміщеннях. Цю обставину необхідно враховувати при компонуванні плат, що функціонує поблизу джерел радіо випромінювання.

3. Запропоновано рішення щодо захисту від радіо випромінювання в майбутньому для встановлюваних інтегральних мікросхем, які можуть піддаватися впливу електромагнітного випромінювання, та проектувати і виготовляти мікросхеми з захистом від радіо випромінювання.

**Публікації.** В ході дослідження була підготовлена наукова стаття для публікації у фаховому виданні.

## АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ СТАНУ ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНЯ РАДІО ВИПРОМІНЮВАННЯ

У сучасному місті чимало джерел радіовипромінювання, його заміри та аналіз варто проводити якомога частіше: це дозволить захиститися від біологічних та техногенних наслідків.

Перш за все, оцінку варто провести поруч і на таких об'єктах, як:

- стільникові вишки;
- великі електростанції і підстанції;
- телекомунікаційні об'єкти (наприклад, телевежі);
- дата-центри, серверні;
- будь-які великі виробництва, де використовується велика кількість електроніки.

Джерелами електромагнітного випромінювання можуть бути і лінії електропередач, і будь-яка електронна техніка: від комп'ютера до пральної машини. Підвищений фон випромінювання спостерігається в офісних центрах, робочих кабінетах - словом, там, де встановлена велика кількість комп'ютерної та оргтехніки.

Працездатність і коректне функціонування радіоелектронної апаратури визначають велику кількість різних факторів, в тому числі зовнішніх. Збої в роботі радіоапаратури при впливі радіовипромінювання обумовлені збоями в роботі елементної бази, яка в приймальній і керуючій апаратури представлена в основному інтегральними мікросхемами.

Результати досліджень по впливу радіовипромінювання на мікросхеми дозволили виявити основні закономірності процесів в мікроструктурних елементах мікросхем.

Сучасні мікросхеми відрізняються від тих, для яких були проведені дослідження по впливу електромагнітного випромінювання, з використовуваних



матеріалів, технології виготовлення, ступеня інтеграції, наявності захисту від електростатичного розряду і т.д.

Представляють цінність дослідження по впливу радіовипромінювання на сучасні мікросхеми пам'яті і їх мікроструктурні елементи.

Електронні пристрої, такі як смартфони, планшети, мікрохвильові печі, радіо та телевізори, випромінюють електромагнітне випромінювання низької інтенсивності на частотах від 300 МГц до 300 ГГц, які можуть бути пов'язані з мікрохвильовими пічками. З іншого боку, лінії електропередачі та електричні прилади є сильними джерелами електромагнітних полів (насамперед електричних для ліній електропередачі, в першу чергу магнітних для трансформаторів, або електромагнітних для антен) та випромінювання набагато нижчих частот, але набагато вищих інтенсивностей.

За даними Європейської комісії, джерела неіонізуючого електромагнітного випромінювання можна класифікувати як [4]:

- радіочастотні поля (RF поля),
- поля проміжної частоти (поля IF),
- поля з надзвичайно низькою частотою (поля ELF),
- статичні поля.

Для кількісної ілюстрації міркувань авторів, представлених вище, найбільш типові джерела електромагнітних полів та / або електромагнітного випромінювання, що впливають на живі організми, перераховані та описані в таблиці 1.1 та показана на рисунку 1.1.

Слід розуміти, що різні типи електромагнітних полів та / або електромагнітне випромінювання відповідають за різні типи явищ, які можуть спостерігатися в результаті радіаційного опромінення.

Наприклад, високоенергетичне мікрохвильове випромінювання на частотах від 300 МГц до 300 ГГц може бути канцерогенним та спричиняти теплові ефекти, підвищуючи температуру відкритих організмів.

Таблиця 1.1

## Типові джерела електромагнітного випромінювання

Тип	Частота	Джерело
RF поля	100кГц ÷ 300 ГГц	Радіо, телебачення, смартфони, планшети, мікрохвильові печі, радіолокаційні та радіопередавачі та магнітно-резонансна томографія
IF поля	300 Гц ÷ 100 кГц	Відеоекрани, протиугінні пристрої, що використовуються в автомобілях, будинках і магазинах, кардридери, металошукачі, магнітно-резонансна томографія та зварювальні пристрої
ELF поля	Близько 300 Гц	Лінії електропередачі, домашня проводка, автомобільні електродвигуни, електрички та трамваї, а також зварювальні пристрої
статичні поля	-	Природні, відеоекрани, магнітно-резонансна томографія та інше діагностичне / наукове обладнання, електроліз та зварювальні прилади

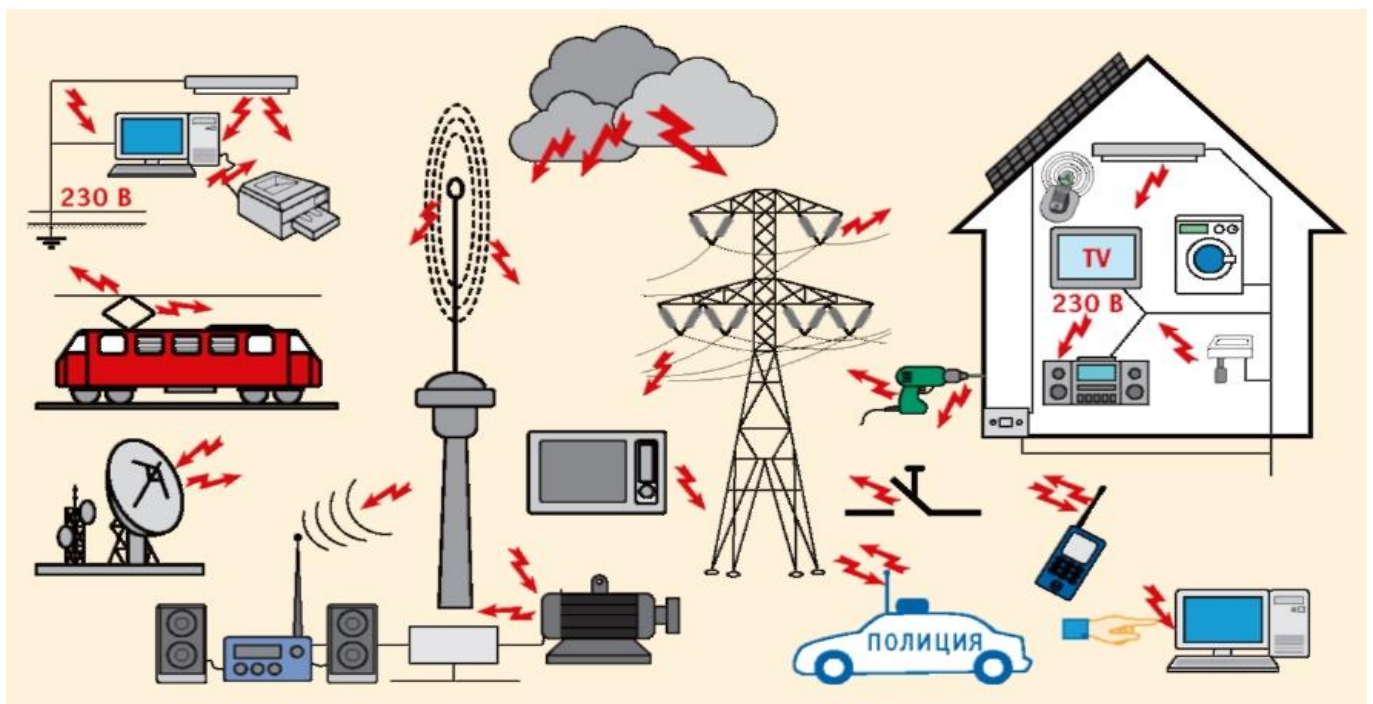


Рисунок 1.1

З іншого боку, той самий тип мікрохвильового випромінювання на нижчих частотах від 100 кГц до 300 МГц не має такого ефекту. Дуже важливо відзначити, що джерела електромагнітного випромінювання, що характеризуються польовими частотами нижче 300 ГГц, можуть бути пов'язані з неіонізуючим типом випромінювання [5].

З іншого боку, електромагнітні поля низької частоти є джерелом іншого типу електромагнітного випромінювання, як у випадку з лініями електропередачі або трансформаторами (внаслідок дії процесів та пристроїв, присутніх в енергосистемі [1]). Такі електромагнітні поля, що характеризуються частотами полів 50 Гц або 60 Гц, є квазістаціонарними, і їх дві складові поля (електричну та магнітну) можна розглядати як окремі [5].

Для отримання результатів впливу радіовипромінювання на електротехніку в побутовому плані потрібно провести ряд вимірювань радіо фону в побутовому приміщенні в декілька періодів доби та в різні періоди тижня. Так будуть отримані результати, відповідні до теми дослідження.

В рамках даної роботи для наближеного дослідження електромагнітного випромінювання від електронних засобів пропонується наступна методика:

1. По можливості вимкнути всі відомі джерела електромагнітних випромінювань в області дослідження, наприклад в кімнаті, де експлуатуються електронні засоби і в прилеглих областях.

2. Провести серію експериментальних вимірювань електромагнітної обстановки в даній кімнаті. При цьому точки вимірювань не повинні змінюватися протягом наступних досліджень.

3. Вмикаємо електронні засоби в їх звичайний режим.

4. Проводимо повторні експериментальні вимірювання електромагнітної обстановки в області експлуатації електронних засобів протягом доби та тижня.

5. Віднімаємо отримані результати вимірювання електромагнітного випромінювання при вимкнених джерелах з результатів, отриманих при увімкнених електронних засобах на відповідних частотах.

6. Повторюємо вимірювання по п. 2 і п. 4 до отримання стабільно відтворених результатів шляхом проведення відсіву грубих похибок спостереження, наприклад, методом обчислення максимального відносного відхилення при необхідній довірчій ймовірності.

### 1.1 Висвітлення робіт попередників.

Дослідження по безпосередньому впливу елементах кристала мікросхем. Такі ж роботи проводилися в ТНУ (Сімферополь) з використанням хвилеводних методів [3]. Поряд з дослідженнями по безпосереднього впливу імпульсних електромагнітних полів на мікросхеми в хвилеводі імпульсних електромагнітних полів у вільному просторі вперше були проведені в ХФТІ (м. Харків) під керівництвом проф. Магди І.І. [6]. Проведені дослідження дозволили виявити основні закономірності перетворення електромагнітних полів в електротеплові процеси в мікроструктурних, спрямованими на поглиблене вивчення процесів і результатів перетворення полів в мікроструктурних елементах, в ТНУ була розроблена чисельно-аналітична модель взаємодії, що включає в себе рішення дифракційної задачі для мікросхеми в хвилеводі і рішення електротеплового завдання для моделі кристала. Однак дані дослідження, як експериментальні, так і теоретичні, були проведені для мікросхем, розроблених більше 40 років назад. Сучасні мікросхеми сильно відрізняються від мікросхем з низьким і середнім рівнями інтеграції минулих десятиліть, що вимагає нового підходу до вивчення фізичних процесів в їх мікроструктурних елементах, що використовуються в сучасному світі в побуті.

### 1.2 Визначення напрямку у розв'язанні проблеми.

Радіохвилі — діапазон електромагнітних хвиль з довжиною хвилі від  $10^{-5}$  до  $10^{10}$  метра. [7]

В експериментах Герца (1880-ті) вперше були одержані хвилі з довжиною кілька десятків сантиметрів. В 1895-99 О. Попов вперше використав радіохвилі для бездротового зв'язку. З розвитком радіотехніки розширявся і частотний діапазон хвиль, що можуть бути згенеровані чи сприйняті радіоапаратурою. В природі існують і природні джерела радіохвиль у всіх частотних діапазонах. Наприклад таким джерелом може бути будь-яке нагріте тіло. Також радіохвилі можуть генеруватися деякими природними явищами (блискавка) або космічними об'єктами (нейтронні зірки).

Використовуються радіохвилі не лише для власне радіо, але й для локації, дослідження космічних об'єктів, дослідження середовища, в якому вони поширюються, і в радіометеорології.

Радіохвилі довжиною 100-10 км (частота 3-30 кГц) та довжиною 10-1 км (частота 30-300 кГц) називаються наддовгими (НДХ) та довгими (ДХ) хвилями, розповсюджуються у вільному просторі вздовж поверхні Землі і вдень і вночі і мало поглинаються водою. Тому їх використовують, наприклад, для зв'язку з підводними човнами (наддовгі хвилі). Однак, вони сильно слабшають по мірі віддалення від передавача, і тому передавачі повинні бути дуже потужними.

Хвилі довжиною 1000–100 м (частота 0,3-3 МГц), так звані середні хвилі (СХ), вдень сильно поглинаються іоносферою (верхнім шаром атмосфери, що має велику концентрацію іонів) та швидко слабшають, коли вночі іоносфера їх відбиває. Середні хвилі використовують для радіомовлення, причому вдень можна чути лише близько розташовані станції, а вночі — ще й дуже віддалені.

Хвилі довжиною 100-10 м (частота 3-30 МГц), так звані короткі (КХ), надходять до антени приймача, відбиваючись від іоносфери, причому вдень краще відбиваються коротші, а вночі — довші з них. Для таких радіохвиль можна створювати антени передавачів, котрі випромінюють електромагнітну енергію направлено, фокусують її у вузький промінь, і таким чином збільшувати потужність сигналу, що надходить до антени приймача. На коротких хвилях працює більшість

станцій радіозв'язку — суднових, літакових та ін., а також багато станцій радіомовлення.

Радіохвилі довжиною 10 м-0,3 мм (частота 30 МГц-1 ТГц), що називаються ультракороткими (УКХ), не відбиваються і не поглинаються іоносферою, а на кшталт світлових променів, пронизують її і відходять у космос. Тому зв'язок на УКХ можливий лише на таких відстанях, коли антена приймача «бачить» антену передавача, тобто коли немає нічого між антенами, що могло б заступати шлях цим хвилям (гора, будинок, опуклість Землі та ін.). Тому, УКХ використовують в основному для радіорелейного зв'язку, телебачення, супутникового зв'язку, а також в радіолокації. Показані на рисунку 1.2.

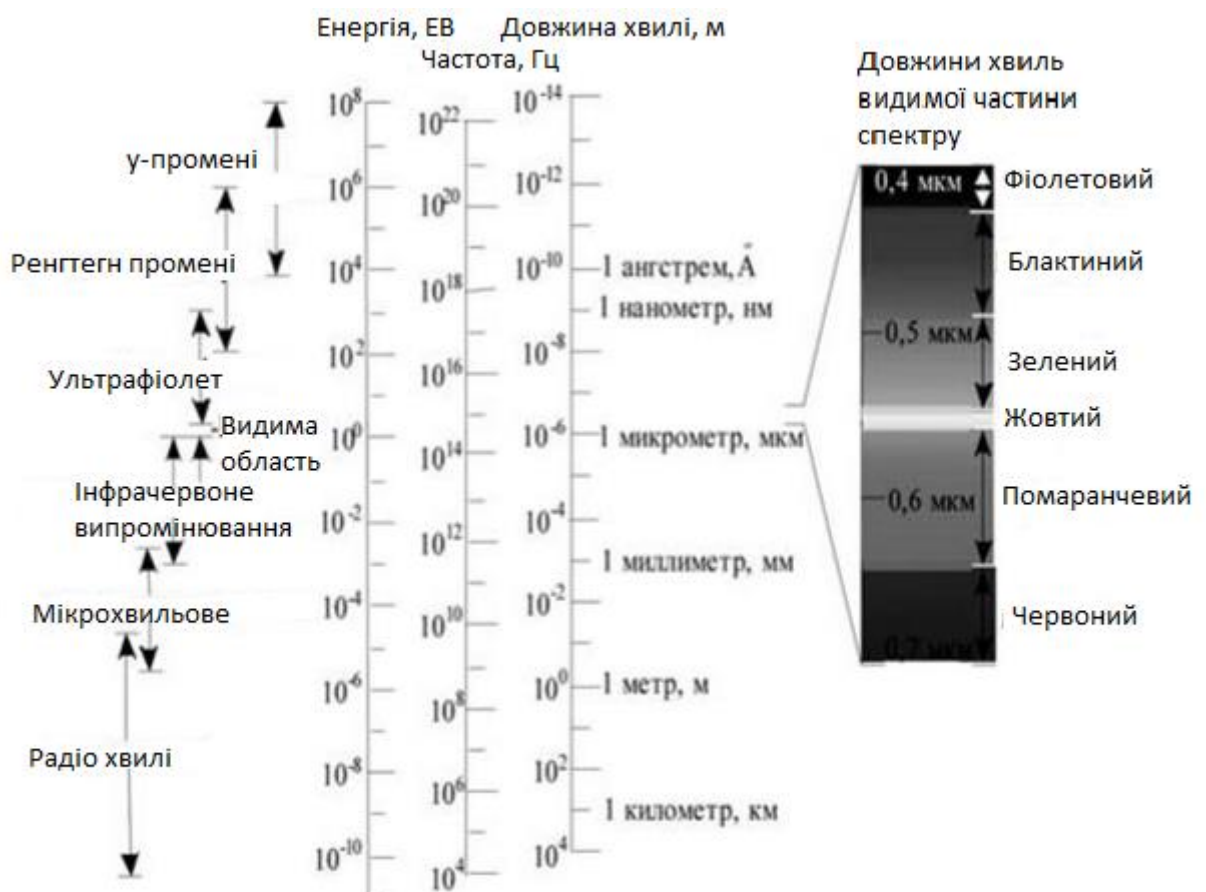


Рисунок 1.2

В однорідному середовищі радіохвилі поширюються прямолінійно зі сталою для даного середовища швидкістю — так зване вільне поширення. Близьким до вільного є поширення радіохвиль в космічному просторі.

На поширення в атмосфері і в товщі Землі, при відсутності спрямовуючих систем типу хвилеводів, впливають електродинамічні властивості атмосфери і земної кори, кривина земної поверхні і нерівності її рельєфу. Вплив атмосфери зумовлюється наявністю в ній плазми, в її верхніх шарах, та речовин, в основному кисню і водяної пари, що сильно поглинають сантиметрові й міліметрові радіохвилі; вплив земної кори — збудженням у ній радіохвилею електричного струму, на що витрачається частина енергії хвилі. Кривина земної поверхні і нерівності її рельєфу є причиною дифракції радіохвиль. Помітно дифрагують лише наддовгі та довгі радіохвилі. Коротші радіохвилі поширюються прямолінійно й огинають земну поверхню внаслідок відбивання від іоносфери, яка є відбивним середовищем для радіохвиль від наддовгих до коротких. Короткі радіохвилі, багаторазово відбиваючись від іоносфери і поверхні Землі, поширюються у своєрідному сферичному радіохвилеводі, стінками якого є нижня границя іоносфери і земна поверхня. Такі хвилі здатні забезпечувати радіозв'язок між найвіддаленішими пунктами Землі. З відбиванням радіохвиль від іоносфери пов'язане і явище завмирання радіосигналу, що пояснюється наявністю в ній зон з неоднаковими густиною й електричним зарядом. Для метрових і дециметрових хвиль іоносфера практично прозора. На цих хвилях підтримується зв'язок з літальними апаратами, які перебувають за межами іоносфери. Завдяки прозорості іоносфери для таких хвиль виявлено радіовипромінювання від неземних джерел, що дало поштовх розвитку радіоастрономії.

Огляд по впливу радіо випромінювання на напівпровідникові прилади, а також огляд сучасного стану та тенденцій розвитку мікроелектроніки дозволяє виразити наступні тези підходу до розв'язання даної проблеми:

Аналітичний підхід дозволяє досліджувати поведінку дискретних напівпровідникових приладів, мікроструктурних елементів інтегральних мікросхем в

напружених струмових і теплових режимах, проте він не пов'язує характеристики фактора і об'єкта з результатом впливу.

Для дослідження впливу радіовипромінювання на сучасні мікросхеми доцільно використовувати аналіз проведених досліджень попередніх років, спираючись на результати яких, можна створювати аналітичні методи з безпосереднім впливом електромагнітного випромінювання на них. Методики, розроблені раніше, дозволили пов'язати характеристики впливаючого фактора, характеристики мікросхем з результатом впливу, визначити порогові значення впливає радіо випромінювання, при яких починаються збої в роботі інтегральних мікросхем, деградаційні явища і катастрофічні відмови, які в них відбуваються. Експериментальні дослідження сприяли створення чисельно-аналітичної моделі взаємодії радіо випромінювання з мікроструктурними елементами мікросхем.

Хвилеводні дослідження по безпосередньому впливу радіо випромінювання були проведені для мікросхем, розроблених більше 40 років назад. Сучасні інтегральні мікросхеми значно відрізняються за ступенем інтеграції, технології, використовуваних матеріалів, за своїм функціональним призначенням. Досліджень щодо впливу радіо випромінювання, якому підлягають сучасні мікросхеми в побутових приладах не проводилося.

Отже, з огляду на раніше проведені дослідження в даній галузі, можна окреслити наступні питання для розгляду:

- поточне значення фону радіо випромінювання в побутових приміщеннях, та приміщеннях, в яких застосовується техніка на основі інтегральних мікросхем;
- виявлення критичних показників рівня радіо випромінювання;
- огляд даних, щодо рівня радіо випромінювання попередніх років, що допоможе змодельювати та сформулювати показники росту рівня радіо випромінювання;



- для побудування залежності росту рівня радіо випромінювання в побутових та технічних приміщеннях, потрібно проаналізувати темпи росту кількості електричних приладів, які використовуються в побуті;
- проаналізувати наявні засоби захисту від впливу радіо випромінювання. Дати рекомендації щодо застосування деяких з них виробниками та безпосередньо користувачами;
- змодельовати можливі темпи росту та наслідки при неконтрольованому процесі забруднення радіо випромінюванням;
- сформулювати рекомендації, щодо запобігання негативних наслідків впливу радіо випромінювання.

Щодо значення рівня радіо випромінювання в побуті, то порівняльний аналіз санітарно-захисних зон і зон, в яких діють радіочастотні передавальні центри показав, що найбільші рівні опромінення людей і навколишнього середовища спостерігаються в районі розміщення радіочастотних передавальних центрів "старої споруди" з висотою антеною опори не більше 180 м.

Найбільший внесок у сумарну інтенсивність електромагнітного забруднення вносять базові станції стільникового зв'язку, функціональні теле- і радіопередавачі, радіорелейні станції, радіолокаційні станції, мікрохвильові прилади.

Для контролю стану рівня радіо випромінювання необхідно виділити найбільші джерела такого випромінювання в побутовому плані, а саме: системи виробництва, передачі, розподілу та споживання електроенергії постійного і змінного струму (0-3 кГц), електростанції, лінії електропередачі, трансформаторні підстанції, будинкові розподільні щити електроживлення, кабелі електроживлення, електропроводка, випрямлячі і перетворювачі струму), побутові прилади (рисунок 1.3), функціональні передавачі, радіомовні станції низьких частот (30 - 300 кГц), середніх частот (0,3 - 3 МГц), високих частот (3 - 30 МГц) і надвисоких частот (30 - 300 МГц), телевізійні передавачі, базові станції систем рухомого (в т. ч. стільникового) радіозв'язку, наземні станції космічного зв'язку, радіорелейні станції, радіолокаційні станції і т.п.

Найбільш потужними побутовими приладами слід визнати мікрохвильові печі, аерогрилі, холодильники з системою "без інею", електроплити, телевізори, комп'ютери. Реально створюване радіо випромінення в залежності від конкретної моделі і режиму роботи може сильно відрізнятися серед устаткування одного типу.

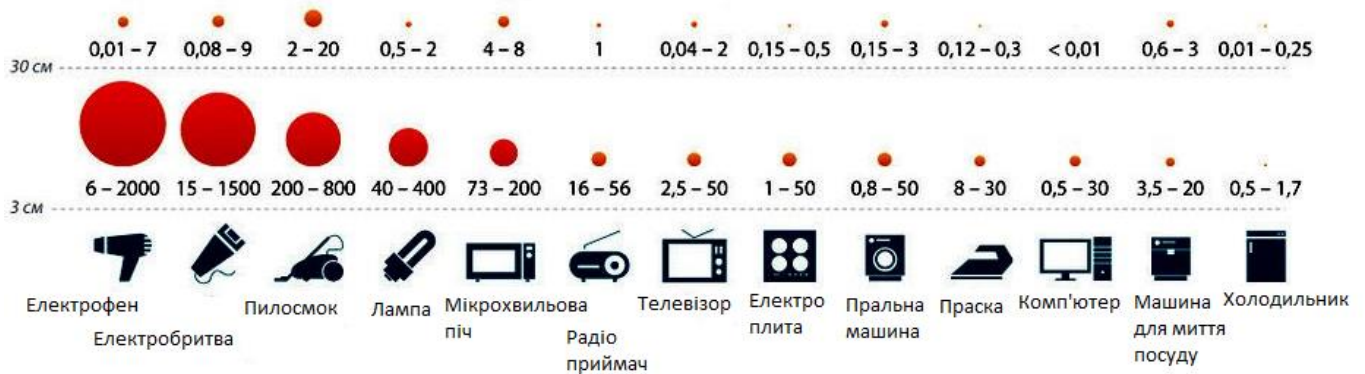


Рисунок 1.3 – Діапазон характеристик електромагнітного поля

Значення електромагнітного поля тісно пов'язані з потужністю приладу. Причому ступінь забруднення збільшується в геометричній прогресії зі збільшенням потужності.

Системи стільникового зв'язку також є одним з найбільших джерел радіо випромінювання, тож їх аналіз є необхідною складовою даного дослідження. Основними елементами системи стільникового зв'язку є базові станції і мобільні радіотелефони. Базові станції підтримують радіозв'язок з мобільними радіотелефонами, внаслідок чого вони і телефони є джерелами радіо випромінювання.

Важливою особливістю системи стільникового радіозв'язку є вельми ефективно використання виділяється для роботи системи радіочастотного спектру (багаторазове використання одних і тих же частот, застосування різних методів доступу), що робить можливим забезпечення телефонним зв'язком значного числа абонентів. У роботі системи застосовується принцип поділу деякої території на зони, або "стільники", радіусом зазвичай 0,5-10 кілометрів.

Базові станції підтримують зв'язок з розташованими в їх зоні дії мобільними радіотелефонами і працюють в режимі прийому і передачі сигналу. Залежно від стандарту, БС випромінюють електромагнітну енергію в діапазоні частот від 463 до 1880 МГц. БС є видом передавальних радіотехнічних об'єктів, потужність випромінювання яких (завантаження) не є постійною 24 години на добу.

Завантаження визначається наявністю власників стільникових телефонів в зоні обслуговування конкретної базової станції та їхнім бажанням скористатися телефоном для розмови, що, в свою чергу, докорінно залежить від часу доби, місця розташування базової станції, дня тижня та ін. У нічні години завантаження базової станції практично дорівнює нулю. Мобільний радіотелефон являє собою малогабаритний приймач. Залежно від стандарту телефону, передача ведеться в діапазоні частот 453 - 1785 МГц. Потужність випромінювання телефону є величиною змінною, в значній мірі залежить від стану каналу зв'язку "мобільний радіотелефон - базова станція", тобто, чим вище рівень сигналу базової станції у місці прийому, тим менше потужність випромінювання мобільного телефону.

Максимальна потужність знаходиться в межах 0,125-1 Вт, однак в реальній обстановці вона зазвичай не перевищує 0,05 - 0,2 Вт.

Отже, для повноти дослідження, було обране приміщення, в зоні дії якого знаходяться і вищевказані побутові прилади, і активна базова станція. Проведені заміри виконувалися на їх робочих частотах для того, щоб зменшити вплив радіо випромінювання навколишнього середовища та зовнішніх факторів.

За останнє десятиліття спостерігається швидке зростання інформаційних систем всіх видів, зниження рівнів корисних сигналів при одночасному підвищенні кількості і потужності різного електроустаткування, здатного створювати високий рівень перешкод. Якщо не буде вжито необхідних заходів, проблема ЕМС в перспективі може тільки загостритися.

Найбільш характерні приклади впливу параметрів радіо випромінювання на безпеку електронної техніки:

- відмови і збої інтегральних мікросхем та засобів управління механізмами і технологічними процесами в електроприладах;

- відмови електронних систем (через вплив зовнішнього електромагнітного випромінювання і електромагнітної несумісності елементів електронної апаратури);

- відмови систем прийому передачі даних за допомогою радіоканалу і так далі.

Подібні збої можуть призвести до виходу з ладу певних елементів або повністю всієї системи електронного пристрою. Невиконання вимог щодо запобігання впливу радіо випромінювання здатне завдати значних матеріальних збитків через збої систем управління автоматизованих елементів пристроїв, нестійкої роботи ліній зв'язку, втрати інформації в комп'ютерах і так далі.

В якості порогових значень радіовимірювання для інтегральних схем, які є основними найбільш вразливими елементами електричних приладів, будуть прийняті значення, отримані в результаті досліджень Ахрамовича Л. Н., Грибського М. П. та ін. Вона складає 80 – 90 кВ/м. Це порогове значення можна прийняти як критичне, воно не допустиме поза лабораторних умов в побуті. Значення, при якому мікросхеми виходять зі сталого режиму роботи та спричиняють перешкоди 200 В/м. [2]

Основною проблемою складання статистики та певної хронології поширення рівня радіо випромінювання в побутовому плані, на теперішній час, є мала кількість задокументованих фактів та показників проведених в даній області робіт. Не дивлячись на те, що санітарні норми рівня електромагнітного випромінювання в побутових та виробничих приміщеннях були прийняті десятки років тому, а отже і проведених замірів було велика кількість, мало які з них були задокументовані та оприлюднені. Серед тих, які є у вільному доступі більша частина проводилася серед специфічних умов, як то заміри рівня електромагнітного поля промислових приладів, або наприклад на будівництві. Тож мала кількість проведених замірів попередніх років, які б підходили під умови даного дослідження зумовлює неточність в певних аспектах приведеної статистики. Проте, з огляду на отримані дані можна уже робити висновки, відштовхуючись від яких можна робити прогнози і аналіз стану рівня радіо випромінювання в побуті, його значення та межі поширення.

За даними [8] в IV кварталі 2019 року загальний обсяг продажів побутової техніки і електроніки показав зростання на 5% в порівнянні з аналогічним періодом 2018 року, склавши 33 млрд грн. Найбільш активно в заключному кварталі року зростав сегмент побутової електроніки (5,3 млрд грн, + 13.8%). А найбільше зниження показали сектора інформаційних технологій і офісної техніки - на 2,3% і 7,8% відповідно в порівнянні з IV кварталом 2018 го. Діаграма товарообігу ринку побутової техніки та електроніки показана на рисунку 1.4.

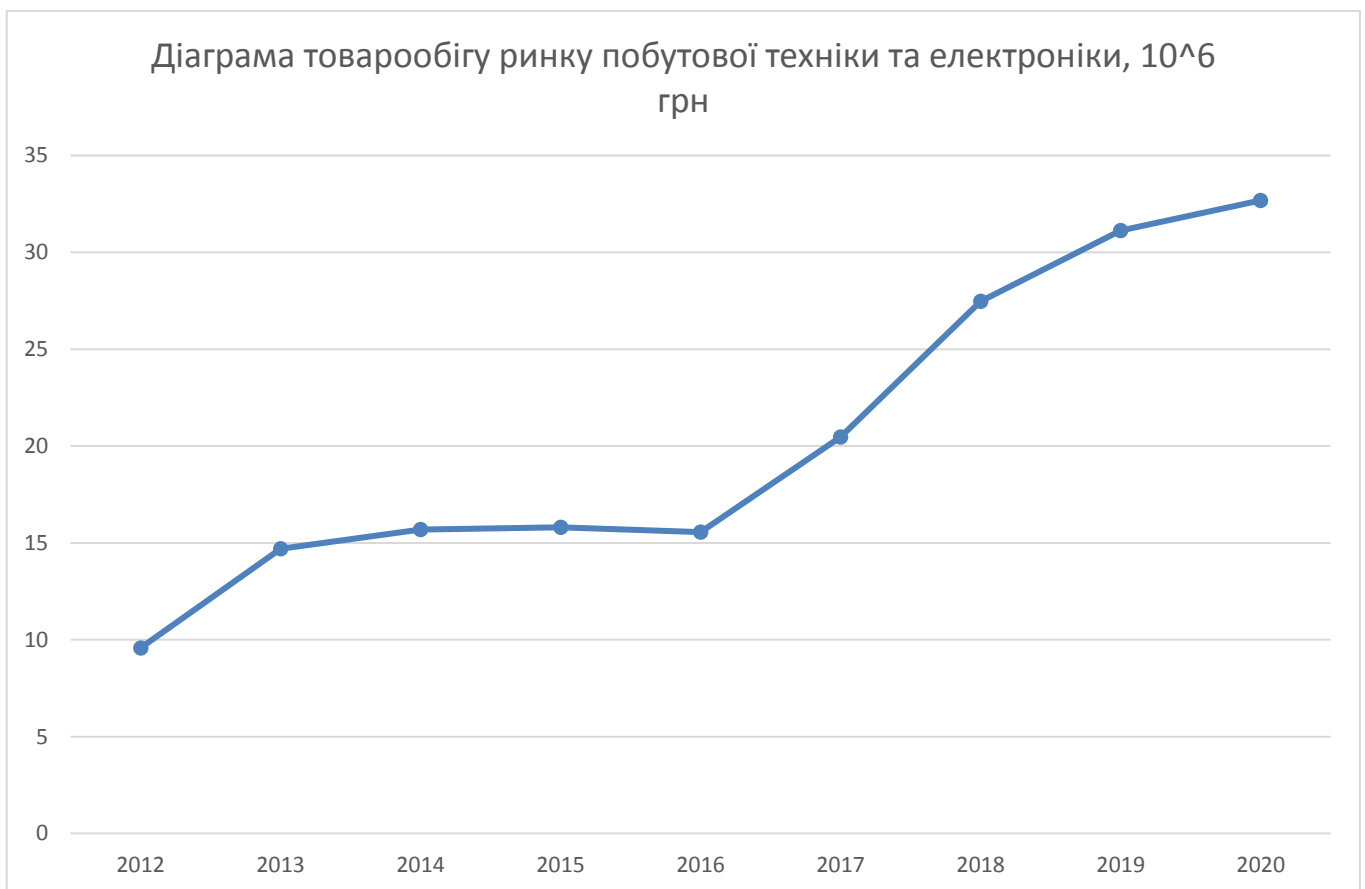


Рисунок 1.4 - Діаграма товарообігу ринку побутової техніки та електроніки

При виборі засобів захисту від електромагнітних випромінювань необхідно враховувати особливості приладів, умови експлуатації, робочий діапазон частот, характер виконуваних робіт, інтенсивність поля, тривалість опромінення і ін.

Захист від впливу радіохвиль застосовується при всіх видах робіт, якщо умови праці не задовольняють вимогам норм. Цей захист здійснюється наступними способами і засобами:

- використанням узгоджених навантажень і поглиначів потужності, що знижують напруженість і щільність потоку енергії електромагнітних хвиль;
- екрануванням місця і джерела випромінювання або збільшення відстані від робочого місця до джерела випромінювання;
- раціональним розміщенням устаткування в житловому приміщенні;
- підбором раціональних режимів роботи електроприладів;
- застосуванням засобів запобіжного захисту.

Основними видами засобів комплексного захисту від впливу електричного поля струмів промислової частоти є екранують пристрої. Вони виготовляються стаціонарними і портативними. Стаціонарний екрануючий пристрій - складова частина електричної установки, призначена для захисту у відкритих розподільних пристроях і повітряних лініях електропередач. Конструктивно екрануючі пристрої оформляються у вигляді козирків, навісів чи перегородок з металевих канатів, прутків, сіток.

Поряд зі стаціонарними і переносними екранують пристроями застосовують індивідуальні екрануючі комплекти. Вони призначені для захисту від впливу електричного поля, напруженість якого не перевищує 60 кВ / м, створюваного електроустановками напругою 400, 500 і 750 кВ і частотою 50 Гц.

До складу екранують комплектів входять: спецодяг, спецвзуття, засоби захисту голови, а також рук і обличчя.

В цілому, для зниження інтенсивності поля в робочій або житловій зоні рекомендується застосовувати різні інженерно-технічні засоби і способи, а також організаційні та лікувально-профілактичні заходи.

Як інженерно-технічних методів і засобів застосовуються: екранування випромінювачів, приміщень або робочих місць; зменшення напруженості і щільності потоку енергії в робочій або житловій зоні за рахунок зменшення потужності джерела

(якщо дозволяють технічні умови) і використання засобів послаблення (аттенуаторов) потужності і узгоджених навантажень (наприклад, еквівалентів антен); застосування засобів індивідуального захисту.

При екрануванні використовуються такі явища, як поглинання електромагнітної енергії матеріалом екрану і її відображення від поверхні екрану. Поглинання радіо випромінювання обумовлюється тепловими втратами в товщі матеріалу і залежить від електромагнітних властивостей матеріалу екрану (електричної провідності і ін.). Відображення обумовлюється невідповідністю електромагнітних властивостей повітря (або іншого середовища, в якій поширюється електромагнітна енергія) і матеріалу екрана.

Провідники є хорошими поглиначами електромагнітної енергії.

При попаданні електромагнітного поля на кордон розділу середовищ, що характеризуються різними властивостями, електромагнітна енергія частково проходить через неї, продовжуючи поширюватися в новому середовищі, а частково відбивається.

Метали характеризуються і як добрі відбивачі електромагнітної хвилі. Для виготовлення екранів застосовують або тонкі металеві (сталь, алюміній, мідь, сплави) листи, або металеві сітки.

Велика відбивна здатність металів, обумовлена значною невідповідністю електромагнітних властивостей повітря і металу, в ряді випадків може виявитися небажаною, тому що може збільшити інтенсивність поля в робочій зоні і впливати на режим роботи генератора (випромінювача). Тому в подібних випадках слід застосовувати екрани з малим коефіцієнтом відбиття спеціальної конструкції, так звані поглинаючі екрани.

Спектр випромінювання будь якого побутового приладу включає в себе рентгенівську, ультрафіолетову і інфрачервону області спектра, а також широкий діапазон електромагнітних хвиль інших частот. небезпека рентгенівських променів вважається зараз фахівцями занадто малою, оскільки цей вид променів поглинається речовиною екрану.

На відміну від іонізуючого випромінювання низькочастотні випромінювання не можуть розщеплювати або іонізувати атоми, і раніше вважалося, що неіонізуюче випромінювання не може шкідливо впливати на організм, якщо воно недостатньо сильно, щоб викликати теплові ефекти чи поразки електричним струмом.

Однак результати лабораторних експериментів говорять про інше. У дослідженнях було виявлено, що електромагнітні випромінювання частотою 50 Гц можуть ініціювати біологічні зрушення (аж до порушення синтезу ДНК) в клітинах тварин. Епідеміологічні дослідження і роботи іншого роду показали, що існує зв'язок між перебуванням в місцях, де проходять лінії електропередач, і виникненням пухлини у дітей. Особливо вразив той факт, що електромагнітні хвилі мають незвичайну властивість: небезпека їх впливу зовсім не зменшується при зниженні інтенсивності випромінювання, а деякі електромагнітні випромінювання діють на клітини лише при малих інтенсивностях випромінювання або на конкретних частотах.

Використовується і корисну дію дозованих радіо випромінювання, але, як уже говорилося, низькочастотні поля при тривалому опроміненні людей можуть привести до порушень найрізноманітніших фізіологічних процесів.

Антиблікові, що контрастують фільтри на екранах дисплеїв можуть одночасно захищати від електростатичного потенціалу і певною мірою - від електричної складової змінного електромагнітного випромінювання.

У сучасних дисплеїв екран покривається майже прозорим шаром металу, який заземлюється. Це робиться для того, щоб зменшити випромінювання від монітора. Але екран все ж випромінює, і випромінювання можна послабити за допомогою зовнішнього захисного фільтра, обов'язково з заземлюючим проводячим покриттям.

До теперішнього часу випробувано дуже багато зразків різних типів захисних фільтрів. На жаль, багато хто з перевірених захисних фільтрів або мало ефективні, або зовсім ні від чого не захищають. У літературі відомо кілька назв фірм, яким видано сертифікати відповідності: «Ергон», «Російський щит» (Росія) і фірм OCLI і 3M (США).



Установка навіть найкращого захисного фільтра лише в 2 - 4 рази може знизити рівень опромінення сидить перед екраном людини, зменшуючи електричну складову радіо випромінювання в безпосередній близькості від екрану, і зовсім не знизить, а може навіть збільшити інтенсивність поля в сторони від екрану по на відстанях більше 1 - 1,5 м.

Вказуються в рекламних матеріалах і в документації на захисні фільтри значення по ослабленню змінного електромагнітного випромінювання в 95 ... 99% ставляться до стендових випробувань цих фільтрів і ніколи не досягаються в реальних умовах на робочих місцях. З результатами стендових випробувань збігається на робочих місцях тільки величина ослаблення фільтром електростатичного потенціалу екрану дисплея. Це означає необхідність комплексної оцінки електромагнітної обстановки в робочих приміщеннях з комп'ютерами (в дисплейних класах, в операторських залах обчислювальних центрів і т. П.) З урахуванням взаємного розташування робочих місць (Рисунок 1.5).

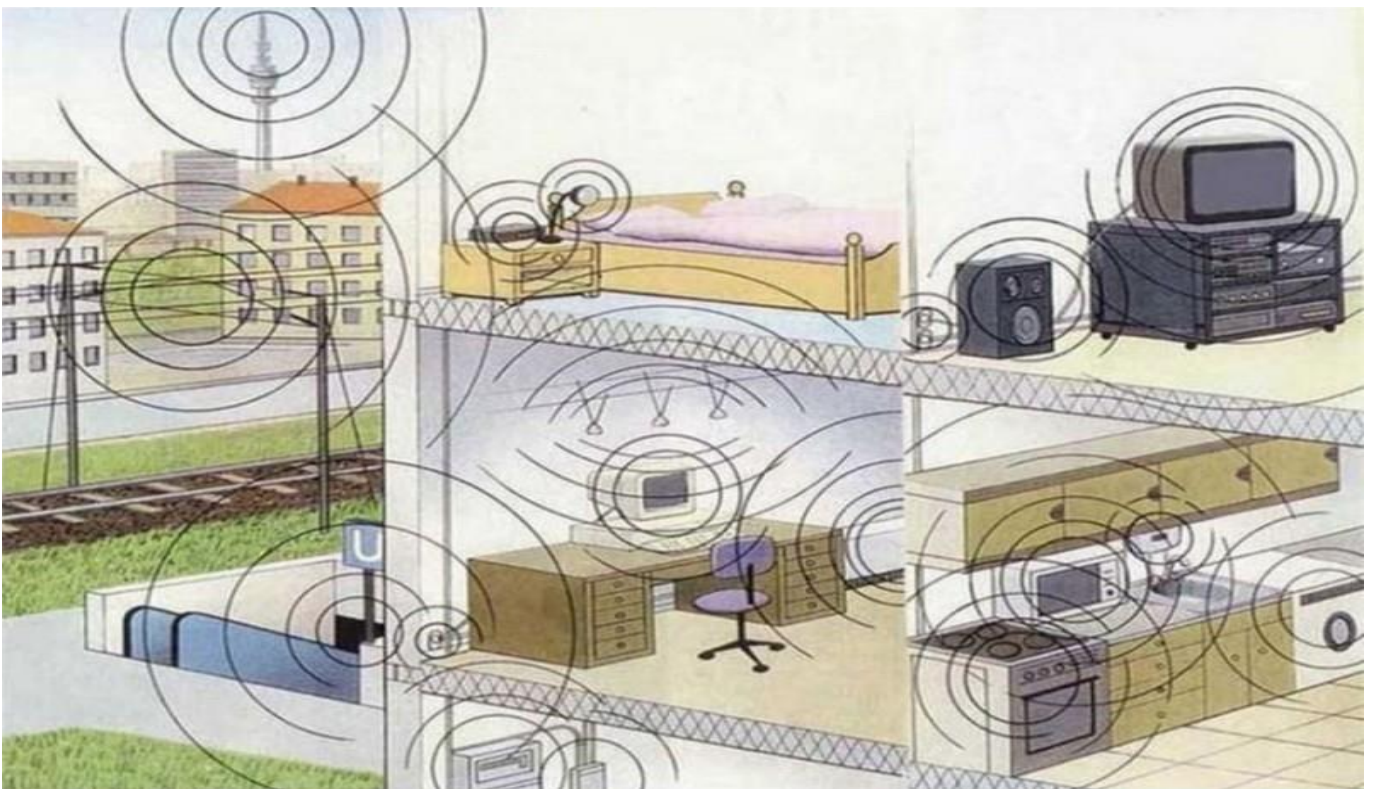


Рисунок 1.5 – Джерела радіо випромінювання в приміщенні

Для зниження потенційно небезпечного випромінювання відеотерміналів доцільно вживати спеціальні заходи захисту від низькочастотних полів. Оскільки джерело високої напруги дисплея - рядковий трансформатор - поміщається в задній або бічній частині терміналу, рівень випромінювання з боку задньої панелі дисплея вище, причому стінки корпусу не екранують випромінювання. Тому користувачам слід перебувати не ближче ніж на 1,2 метра від задніх або бічних поверхонь сусідніх терміналів.

Як вже було сказано, рівень радіо випромінювання в значній мірі залежить від типу і якості електропроводки. У робочих приміщеннях і дисплейних класах може бути відсутнім загальне заземлення і третій контакт вилки. В цьому випадку персональний комп'ютер виявляється «висить» в повітрі, що істотно збільшує рівень випромінювання. Крім того, низькочастотні поля випромінюються і електроприладами, і люмінесцентними лампами, і джгутами проводів, які нерідко обплітають робочі місця.

Рівні електричних випромінювань, створюваних моніторами деяких типів, змінюються до п'яти разів залежно від орієнтації вилки живлення дисплея (системного блоку при живленні приладу через системний блок) в розетки.

**Висновки.** Щоб зробити раціональний вибір захисного екрану, необхідно мати повну інформацію про випромінювальних характеристиках приладів. Якщо електромагнітне випромінювання задовольняє вимогам міжнародних стандартів, то немає необхідності в придбанні фільтра, що знижує електромагнітне випромінювання, а необхідні антибліковий фільтр і фільтр, що знімає електростатичний потенціал.

Якщо неможливо отримати точну інформацію про реальних випромінювальних характеристиках, то навіть при наявності сертифіката відповідності Держстандарту необхідно використання захисного екрану для зниження електромагнітного випромінювання комп'ютера до безпечних значень. При цьому робочі характеристики приладу повинні відповідати умовам роботи конкретного користувача.

## МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Огляд робіт по впливу радіо випромінювання на мікросхеми і аналіз результатів, наведених в цих роботах, дозволяє конкретизувати основні завдання дослідження. Для дослідження фізики процесів напружених струмових і теплових режимів мікроструктурних елементів при впливі радіо випромінювання на сучасні мікросхеми доцільно використовувати аналітичні методи і вирішити такі завдання:

- виділити основні типи мікросхем, які є базовими для побудови електронної апаратури і які в даний час застосовуються в найбільшою мірою;
- розробити схеми тестування функціонального стану мікросхем;
- провести цикл вимірювань по визначенню стану радіо випромінювання оточуючого електроні прилади;
- провести експерименти по безпосередньому впливу радіо випромінювання на сучасні мікросхеми та проаналізувати результати;
- розробити залежність та систему розвитку поширення даного випромінювання;
- чисельно -аналітичними методами досліджувати стан фону радіо випромінювання;
- на підставі виконаних аналітичних і теоретичних досліджень запропонувати методи прогнозу стійкості сучасних мікросхем, що функціонують в напружених струмових режимах;
- видати рекомендації щодо підвищення стійкості мікросхем до впливу потужного електромагнітного випромінювання.

Основним критерієм адекватності будь-якої теоретичної моделі є експериментальні дані. Особливо це відноситься до моделі взаємодії електромагнітних полів з мікроструктурними елементами кристалів сучасних мікросхем. Неможливість обліку всієї сукупності мікроструктурних елементів кристала вимагає розробки такого принципу класифікації, який, з одного боку

враховує основні закономірності фізичних процесів при впливі імпульсних електромагнітних полів, а з іншого - дозволяє прогнозувати стійкість мікросхем при такому впливі. Природно, в цьому випадку без експериментальних досліджень обійтися просто неможливо.

Дослідження по впливу потужних ЕМІ на різні пристрої з електронною апаратурою (літаки, автомобілі, космічні модулі і т.д.), на побутову електронною апаратурою здійснюються, як правило, колективами вчених: ННТЦ «ХФТІ» (м Харків), керівник - проф. Магда І.І.; КБ «Блискавка», керівник - проф. Кравченко В.І., (Харківський національний технічний університет «ХПІ»). Для дослідження впливу потужних джерел радіо випромінювання створені стаціонарні стенди для випробування і сертифікації різних пристроїв з електронною апаратурою. Дослідження по безпосередньому впливу імпульсних електромагнітних полів на мікросхеми з метою визначення їх функціонального стану та стійкості самі по собі представляють складну і важливу для фізики приладів, елементів і систем завдання.

Доцільно використовувати для дослідження впливу радіо випромінювання на сучасні мікросхеми установку і методики, які застосовувалися для дослідження на мікросхеми із середнім рівнем інтеграції, відповідно адаптувавши їх до сучасних інтегральних мікросхем.

При безпосередньому впливі електромагнітних полів на мікросхеми в хвилеводі вимірюється пройшла потужність, а як характеристика фактору в критерії стійкості мікросхем використовується значення напруженості електричного поля. Експериментів по впливу радіо випромінювання на інтегральні мікросхеми повинні передувати дослідження дифракції хвиль на мікросхемі в хвилеводі, що необхідно для визначення співвідношень між показниками рівня напруженості радіо випромінювання та станом електричних мікросхем.

З урахуванням цього в даному розділі вирішуються наступні завдання:

- проведення замірів рівня радіо випромінювання в середовищі перебування електронних компонентів;

- обґрунтовуються і розробляються схеми захисту від радіо випромінювання для основних класів сучасних мікросхем: мікроконтролерів з мікропроцесорами, мікросхем пам'яті, аналогоцифрового і цифро-аналогових перетворювачів, мікрозбірок приймачів і передавачів, модулів мікросхем з АЦП і ЦАП, модулів з мікрозборки приймачів і передавачів;

- узагальнюються і аналізуються результати досліджень з впливу потужних імпульсних електромагнітних полів на сучасні мікросхеми, мікросхеми та електронні модулі;

- визначаються параметри полів і мікросхем, необхідні для розробки моделі взаємодії радіо випромінювання з мікроструктурними елементами сучасних інтегральних мікросхем.

## 2.1 Загальна методика проведення наукового дослідження

При підготовці до проведення вимірювань проводяться наступні роботи:

- узгодження із зацікавленими підприємствами та організаціями мети, часу і умов проведення вимірювань;
- рекогносцировка району проведення вимірювань;
- вибір трас (маршрутів) і майданчиків вимірювань;
- організація зв'язку для забезпечення взаємодії між персоналом станції та групою вимірювань;
- забезпечення вимірювань дальності до точки вимірювань;
- визначення необхідності використання засобів індивідуального захисту;
- підготовка необхідної вимірювальної апаратури.

Задля проведення дослідження в повній мірі було прийняте рішення застосувати емпіричний підхід.

Емпіричні дані - це інформація, яка підтверджує уявлення про істинність або хибність будь-якого затвердження. З точки зору емпіризму, заявити про знання чого-небудь можна тільки при наявності справжнього уявлення, заснованого на

емпіричних даних. Така позиція відрізняється від раціоналістичного підходу, в якому доказом істинності чи хибності деякого судження може бути умовивід. Основне джерело емпіричних даних - чуттєве сприйняття та експеримент. Хоча інші джерела даних, такі як пам'ять і свідчення інших людей, в кінцевому рахунку зводяться до чуттєвого сприйняття, вони вважаються вторинними, або непрямими.

В даному випадку значення виразу «емпіричні дані» означає результат експерименту. У цьому контексті також використовується поняття «напівемпіричні методи» - уточнюючі теоретичні методи, в яких поряд з результатами експериментів використовуються базові аксіоми або постульовані наукові закони.

У науці емпіричні дані потрібні для того, щоб гіпотеза отримала визнання наукової спільноти. Як правило, таке визнання досягається завдяки ретельному плануванню експериментів, рецензування, відтворення результатів, презентації результатів на конференціях і публікаціями в наукових журналах.

Твердження, засновані на емпіричних даних, часто називають апостеріорними, тобто впливають з досвіду, на відміну від апріорних - попередніх йому.

Довгий час стандартний позитивістський підхід до емпіричного знання розглядав спостереження, досвід і експеримент як нейтральні способи розв'язання суперечностей між змагаються теоріями. Але починаючи з 1960-х років така точка зору постійно піддається критиці. Одним з перших учених, які виступили з такою критикою, був Томас Кун. Критики позитивістського підходу до емпіричного знання вказують, що емпіричні методи знаходяться під впливом попереднього досвіду і переконань тих, хто ними користується. Тому неможливо очікувати, що два вчених, що спостерігають або проводять експерименти над одним і тим же явищем або об'єктом придуть до однакових, незалежних від теорій висновків. Спостереження не може бути нейтральним способом вирішувати теоретичні протиріччя. Залежність спостереження від теорії означає, що навіть якщо між вченими існує згода про використовувані методи логічного міркування і інтерпретації, вони все одно можуть мати різні погляди на природу емпіричних даних [9].

## 2.2 Методи вирішення задач

Для проведення дослідження з впливу радіо випромінювання потрібно перш за все провести заміри стану радіофону в досліджуваному приміщенні. Хід проведення таких замірів:

- Вибирають точки вимірювання за результатами аналізу трудової діяльності.
- Для кожної точки вимірювання з'ясовуються джерела радіо випромінювання 50 Гц, їх розташування і режим роботи. До уваги приймаються всі джерела, в тому числі джерела, які не перебувають безпосередньо поблизу, але що впливають на електронні компоненти в точках вимірювань.
- Виходячи з режимів роботи встановлених джерел, виділяються складові інтервали, що відповідають вимогам даного дослідження.
- Встановлюються типові тривалості інтервалів для визначення періоду оцінки. Характеристики вибраних інтервалів повинні дотримуватися протягом всього дослідження.
- Складається план вимірювань, в якому визначені число і розташування точок вимірювань, число складових інтервалів. Складові інтервали повинні бути однаковими для різних точок вимірювань.
- Для кожного інтервалу проводяться прямі одноразові вимірювання рівня напруженості радіо випромінювання.
- Готують засіб вимірювання до вимірювань.
- Перевіряють наявність діючих свідоцтв про повірку засобу вимірювання.
- Проводять перевірку працездатності засобу вимірювання згідно їх експлуатаційних документів.
- У місцях проведення вимірювань визначають значення параметрів довкілля і перевіряють їх на відповідність вимогам, встановленим в експлуатаційних документах засоба вимірювання.
- При перевищенні впливають величинами допустимих значень, проводять можливі заходи щодо забезпечення необхідних умов проведення вимірювань.

- Фактичні значення параметрів навколишнього середовища заносяться в протокол вимірювань.

### 2.3 Хід дослідження

Проведення вимірювань:

- Прямі одноразові вимірювання стану рівня напруженості радіовипромінювання в частотному діапазоні 50 Гц проводяться у відповідність до експлуатаційної документації на засіб вимірювання.

- Для кожного складового інтервалу необхідно провести її не менше 3-х одноразових вимірювань стану рівня напруженості радіовипромінювання в частотному діапазоні 50 Гц.

- Результати і параметри проведених вимірювань заносяться в протокол вимірювань.

- Якщо результати 3-х вимірів в одній вибірці розрізняються не більш ніж на 20%, вимір стану рівня напруженості радіовипромінювання в частотному діапазоні 50 Гц у встановленому інтервалі вважається завершеним.

- Якщо результати 3-х вимірів в одній вибірці розрізняються більше ніж на 20%, слід проаналізувати можливий вплив перешкод на результати кожного вимірювання. Результат вимірювань з виявленим впливом перешкоди слід виключити, а вимір провести заново.

- Якщо результати 3-х вимірів розрізняються більше ніж на 20% і вплив перешкод не встановлено, слід провести аналіз правильності виділення інтервалу і при виявленні помилки усунути її.

Методи обробки отриманих даних, як і організаційні, мають багато в чому загальнонаукових характер.

До них належать такі методи:



- кількісні (обрахування отриманих даних, ранжування, опроцентуванням, шкалювання, кореляційний і факторний аналіз, статистична оцінка, складання таблиць і графіків і ін.);

- якісні (систематизація, угруповання, типологізація, синтез, оцінка, педагогічний аналіз зібраних узагальнених даних і ін.).

Інтерпретаційні методи, збігаючись за назвою з загальнонауковими, мають змістовну педагогічну специфіку. Це такі методи:

- каузальний - констатація і пояснення виявлених причинно-наслідкових зв'язків і залежностей;

- системний - оцінка досліджуваного явища як цілісної педагогічної системи або підсистеми (більшої системи або елемента, а також умов, в яких вони знаходяться);

- структурний - виявлення складових частин-елементів дослідженого явища, їх вертикальних і горизонтальних співвідношень за рівнями його структури;

- функціональний - вивчення динаміки, функцій досліджуваного явища в системі відносин з більшою системою, в цілісності якої воно функціонує, а також функцій її власних структурних елементів (підсистем) і внутрішньої динаміки відбуваються в ній процесів;

- генетичний - виявлення розвитку, змін, їх тенденцій, етапів;

- дедукції і індукції - укладення та висновки, побудовані за логікою від загального до приватного і від приватного до загального; осмислення отриманого в дослідженні фактичного матеріалу в співвідношенні з методологічними та теоретичними позиціями педагогіки, даними і висновками інших дослідників.

## 2.4 Умови та основні етапи експериментів

Вимоги до проведення інструментального контролю рівня радіо випромінювання на робочих місцях:

### 2.4.1 Контроль на робочих місцях повинен здійснюватися:

- при прийманні в експлуатацію, зміні конструкції джерел радіо випромінювання і технологічного обладнання, їх включає;

- при організації нових робочих місць;

- в порядку виробничого контролю.

2.4.2. Вимірювання рівнів електромагнітного поля на робочих місцях повинні здійснюватися після виведення працівника із зони контролю.

2.4.3. Не допускається проведення вимірювань при наявності атмосферних опадів, а також при температурі і вологості повітря, що виходять за граничні параметри засобів вимірювань.

2.4.4. При проведенні контролю за рівнями радіо випромінювання на місці повинні дотримуватися встановлені вимогами безпеки при експлуатації електроустановок гранично допустимі відстані від оператора, який проводить вимірювання і вимірювального приладу до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою. Повинно бути виконане захисне заземлення всіх ізольованих від землі предметів, конструкцій, частин обладнання, машин і механізмів, до яких можливо дотик працюють в зоні впливу електричного поля. Необхідно виключити можливість впливу електричних розрядів на персонал, з цією метою використовувати прилади, в яких передбачена електрична розв'язка між антеною та блоком індикації, наприклад, шляхом з'єднання їх за допомогою волоконно-оптичної лінії зв'язку.

2.4.5. Інструментальний контроль радіо випромінювання частотою 50 Гц здійснюється окремо для електричного поля і магнітного поля.

2.4.6. Вимірювання напруженості електромагнітного поля проводяться в точках, які обирають відповідно до вимог СанПіН 2.2.4.1191-03 до контролю радіо випромінювання і розробленим планом вимірювань. Контроль рівнів електричного поля і магнітного поля частотою 50 Гц повинен здійснюватися у всіх зонах (контрольованих зонах) можливого знаходження людини при виконанні ним робіт, пов'язаних з експлуатацією та ремонтом електроустановок.

2.4.7. Вимірювання напруженості електричного і магнітного поля в кожній контрольованій зоні повинні проводитися на висоті 0,5, 1,5 і 1,8 м від поверхні землі,

підлоги приміщення або площадки обслуговування обладнання і на відстані 0,5 м від обладнання і конструкцій, стін будівель і споруд.

2.4.8. На робочих місцях, розташованих на рівні землі і поза зоною дії екранують пристроїв, напруженість електричного поля частотою 50 Гц допускається вимірювати тільки на висоті 1,8 м.

2.4.9. При розташуванні над джерелом магнітного поля напруженість (індукція) повинна вимірюватися на рівні землі, підлоги приміщення, кабельного каналу або лотка.

2.4.10. У кожній точці вимірювання проводяться не менше 3 разів. За ним обчислюється середнє значення для кожної висоти вимірювань. Як результат, що визначає поле в контрольованій зоні, вибирається максимум з середніх значень.

2.4.11. Вимірювання і розрахунок напруженості електричного поля частотою 50 Гц повинні проводитися при найбільшому робочому напрузі електроустановки.

2.4.12. Вимірювання і розрахунок напруженості (індукції) магнітного поля частотою 50 Гц повинні проводитися при максимальному робочому струмі електроустановки.

2.4.13. В електроустановках з однофазними джерелами радіо випромінювання контролюються діючі (ефективні) значення електричного поля і магнітного поля.

2.4.14. В електроустановках з двох і більше фазними джерелами електромагнітного поля контролюються діючі (ефективні) значення напруженостей.

2.4.15. При проведенні вимірювань слід виключити джерела додаткової похибки, якими можуть бути:

- відхилення у виборі точок вимірювання;
- коливання датчика в просторі при вимірюванні;
- невірне розташування спрямованої (дипольної) антени;
- недостатнє час для встановлення показань засобу вимірювання;
- наявність в зоні вимірювання між об'єктом і датчиком засобу вимірювання сторонніх предметів, особливо металевих, а також людей;
- невірний облік режиму роботи обладнання;

- використання засобу вимірювання за межами можливостей, зазначених у специфікації приладу;
- наявність інших джерел електричних і магнітних полів, здатних вплинути на реєстровані показники;
- спотворення електричного поля, обумовлене впливом оператора, що виробляє вимірювання.

## 2.5. Вимоги до засобів вимірювання електромагнітного поля

2.5.1. Інструментальний контроль повинен здійснюватися приладами, які пройшли державну атестацію та мають свідоцтво про перевірку. Межі основної похибки вимірювання повинні відповідати вимогам, встановленим чинним нормативним документом (ГОСТ Р 51070-97 "Вимірювачі напруженості електричного і магнітного полів. Загальні технічні вимоги та методи випробувань").

2.5.2. Засоби вимірювання радіо випромінювання, повинні забезпечувати вимірювання електричного і магнітного поля на частоті 50 Гц в смузі  $\pm 1$  Гц. Відповідні прилади, вироблені вітчизняною промисловістю.

2.5.3. Вимірювання рівнів електричного поля частотою 50 Гц слід проводити приладами, що забезпечують мінімальне спотворення вимірюваного поля за рахунок електричної розв'язки антени і блоку індикації \*\*. Прилади, в яких антена з'єднується з блоком індикації електричним кабелем, допускаються до застосування в суворій відповідності з інструкцією по експлуатації, при забезпеченні необхідних відстаней від датчика до землі, тіла оператора, який проводить вимірювання, і об'єктів, що мають фіксований потенціал.

\*\* Цій вимозі відповідають, наприклад, засоби вимірювання з електричної розв'язкою антени і блоку індикації за допомогою волоконно-оптичної лінії зв'язку. Такі прилади мають підвищену перешкодозахищеність.

2.5.4. Вимірювання електричного поля 50 Гц рекомендується проводити приладами ненаправленого прийому з трьохкоординатним датчиком місткості, автоматично визначає максимальний модуль напруженості електричного поля при будь-якому положенні в просторі. Допускається застосування приладів спрямованого прийому з датчиком у вигляді диполя, при цьому в процесі вимірювань необхідно забезпечити збіг напрямку осі диполя і максимального вектора напруженості електричного поля з допустимою відносною похибкою  $\pm 20\%$ .

2.5.5. Вимірювання магнітного поля 50 Гц рекомендується проводити приладами з трьохкоординатним індукційним датчиком, що забезпечує автоматичне вимірювання модуля напруженості магнітного поля при будь-якої орієнтації датчика в просторі. Допускається застосування приладів спрямованого прийому з датчиком у вигляді диполя, при цьому в процесі вимірювань необхідно забезпечити збіг напрямку осі диполя і максимального вектора напруженості магнітного поля з допустимою відносною похибкою  $\pm 10\%$ .

2.5.6. При проведенні інструментальних досліджень доцільно використовувати спеціалізовані прилади, що сполучаються з комп'ютерними програмами підтримки контролю. Вони повинні допускати завантаження алгоритму проведення вимірювань, після чого виробляти "підказку" по вимірюється параметрами, кількістю і положенню точок вимірювання радіо випромінювання в кожній із запланованих контрольованих зон.

2.5.7. Засоби вимірювання радіо випромінювання повинні використовуватися строго у відповідності зі своєю специфікацією, інструкцією по експлуатації та вимогами нормативних документів.

## 2.6. Вимоги до організації та виконання робіт по інструментальному контролю

2.6.1. Завдання на проведення вимірювань радіо випромінювання видається організацією або експертом, в завдання яких входить проведення гігієнічної оцінки (санітарно-епідеміологічної експертизи) умов праці. У разі виробничого контролю

об'єкти вимірювання і періодичність вимірювань визначаються програмою виробничого контролю.

2.6.2. Підготовка до проведення вимірювань повинна включати:

- планування вимірювань - вибір робочих місць і контрольованих зон;
- хронометраж робочого часу в кожній з зон;
- підготовку засобу вимірювання до роботи.

2.6.3. Планування вимірювань відбивається в "Акті обстеження об'єкта". Робоче місце і контрольна зона, на яких передбачається проводити вимірювання, присвоюються номери. До акту обстеження додається план розташування робочого місця і контрольна зона в виробничому приміщенні.

2.6.4. Проведення вимірювань радіо випромінювання здійснюється відповідно до завдання, результати вимірювань вносяться в робочий журнал обліку результатів вимірів і оформляються в подальшому у вигляді протоколів вимірювань.

2.6.5. Планування інструментальних досліджень, подальший аналіз результатів і оформлення документів (журналу обліку результатів, протоколу вимірювань) доцільно автоматизувати з використанням спеціалізованих комп'ютерних програм.

2.6.6. В процесі вимірювань і по їх завершенні в робочий журнал вносяться:

- відомості про підприємство, мета вимірювань, відомості про отримане завдання на вимірювання, відомості про осіб, присутніх при вимірах;
- дата і час проведення вимірювань;
- дані про засоби вимірювань (тип, заводський номер, дані про державну повірку);
- номери робочих місць і контрольованих зон;
- результати вимірювань для кожної контрольна зона - максимальні величини з середніх значень за трьома вимірами на кожній висоті;
- посаду працюючого, чи пов'язаний працює професійно з обслуговуванням і експлуатацією джерел радіо випромінювання;
- характер впливу магнітного поля (загальне або локальне);
- час впливу радіо випромінювання за робочу зміну;

- дані про обладнання, що є джерелом електромагнітного поля (тип, напруга і струм максимальні і фактичні, фазність, тривалість імпульсів і пауз);
- відомості про наявність засобів індивідуального та колективного захисту (екранують пристроїв), їх розташуванні по відношенню до робочого місця;
- результати обробки первинних даних з урахуванням:
- похибки засобу вимірювання (результати вимірювань електричного і магнітного поля множаться на коригувальний коефіцієнт;
- відносини максимального напруги (струму) до фактичного; фазності струму постійної частоти.

## 2.7 Тракткування результатів дослідження

Згідно з результатами дослідження, можна зробити висновок, що уже зараз потрібно вживати спеціальні засоби для мінімізації впливу радіо випромінювання.

Захист від впливу електромагнітних полів радіочастот здійснюється шляхом проведення організаційних та інженерно-технічних, а також використання засобів індивідуального захисту.

До організаційних заходів належать: вибір раціональних режимів роботи обладнання; обмеження місця і часу перебування в зоні впливу радіо випромінювання (захист відстанню і часом) і т.п.

Інженерно-технічні заходи включають: раціональне розміщення обладнання; використання засобів, які обмежують надходження електромагнітної енергії на місця випромінювання (поглиначі потужності, екранування, використання мінімальної потужності генератора); позначення і огороження зон з підвищеним рівнем радіо випромінювання.

Залежно від умов опромінення, характеру і місця знаходження джерел радіо випромінювання можуть бути застосовані різні засоби і методи захисту від опромінення: захист часом; захист відстанню; екранування джерела випромінювання; зменшення

випромінювання безпосередньо в самому джерелі випромінювання; засоби індивідуального захисту; виділення зон випромінювання.

Захист часом передбачає обмеження часу перебування об'єкту опромінення в електромагнітному полі і застосовується, коли немає можливості знизити інтенсивність випромінювання до допустимих значень.

Захист відстанню застосовується в тому випадку, якщо неможливо послабити інтенсивність опромінення іншими заходами, в тому числі і скороченням часу перебування техніки або людини в небезпечній зоні. У цьому випадку вдаються до збільшення відстані між випромінювачем і об'єктом опромінення.

Зменшення потужності випромінювання безпосередньо в самому джерелі випромінювання досягається за рахунок застосування спеціальних пристроїв. З метою запобігання випромінювання в робоче приміщення в якості навантаження генераторів замість відкритих випромінювачів застосовують поглиначі потужності (еквівалент антени і навантаження джерел електромагнітного випромінювання), при цьому інтенсивність випромінювання послаблюється до 60 дБ і більше. Промисловістю випускаються еквіваленти антен, розраховані на поглинання потужністю 5,10,30, 50, 100 і 250 Вт з довжинами хвиль 3,1-3,5 і 6-1000 см.

Зниження рівня потужності може бути досягнуто за допомогою аттенуаторов, які дозволяють послабити в межах від 0 до 120 дБ випромінювання потужністю 0,1; 0,5; 1,5; 10; 50 і 100 Вт і довжинами хвиль 0,4-0,6; 0,8-300 см.

Екранування джерел випромінювання використовується для зниження інтенсивності електромагнітного поля на робочому місці або усунення небезпечних зон випромінювання. У цьому випадку застосовуються екрани з металевих листів або сіток у вигляді замкнутих камер, шаф та кожухів.

Екранування джерел радіо випромінювання або робочих місць здійснюється за допомогою екранів, які відбивають або поглинають (стаціонарних або переносних). Екрани, які відбивають виконуються з металевих листів, сітки, тканини ті інших матеріалів (Табл. 2.1).



Таблиця 2.1

Екранувальні матеріали для виготовлення засобів захисту від радіо випромінювання

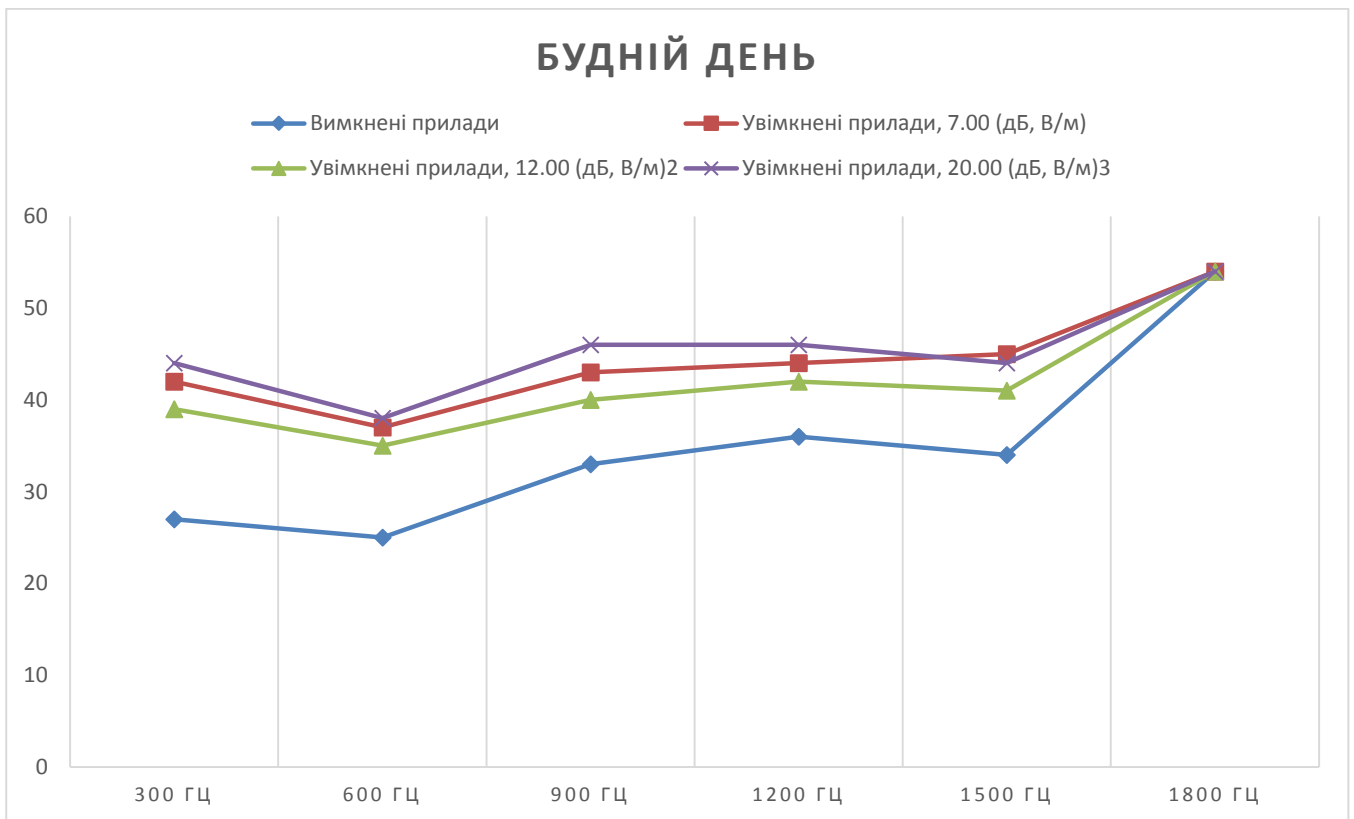
Назва матеріалу	Товщина, мм	Діапазон частот, Гц	Ослаблення, дБ
Сталь листова Ст3	1,4	30 МГц- 40 МГц	100
Фольга алюмінієва	0,08	-	80
Фольга мідна	0,08	-	80
Сталева сітка	0,3 – 1,3	-	30
Радіозахистне скло	6	30 МГц- 40 МГц	20 – 40
Тканина бавовно-паперова	-	-	20 – 40
Тканина металізована	-	10 кГц – 30 ГГц	40 - 63

**Висновки.** Для мінімізації впливу випромінювання рекомендується застосовувати засоби захисту від радіовипромінювання. Вони діляться на дві категорії: які відображують та поглинають випромінювання. Так як матеріали, що відображують випромінювання можуть напряду впливати на деякі с електронних приладів, які мають приймачі/передавачі в своїй структурі, то доцільніше буде використовувати поглинаючі матеріали. Листи поглинаючих матеріалів можуть бути одно- або багат шаровими, багат шарові матеріали забезпечують поглинання радіохвиль в більш широкому діапазоні. Для покращення екрануючої дії у багатьох типів радіо поглинаючих матеріалів з однієї сторони впресована металева сітка або латунна фольга. Також, для цих цілей використовуються гумові килимки, магнітно-електричні пластини, поролонові вставки, пластини з фериту, поліефірні тканини, металізовані тканини та комплексні матеріали та засоби. Для екранування оглядових вікон, вікон приміщень, скління стельових ліхтарів, перегородок застосовується металізоване скло, що має тонку прозору плівку або окисли металів, найчастіше олова, або металів (мідь, нікель, срібло) і їх поєднання.

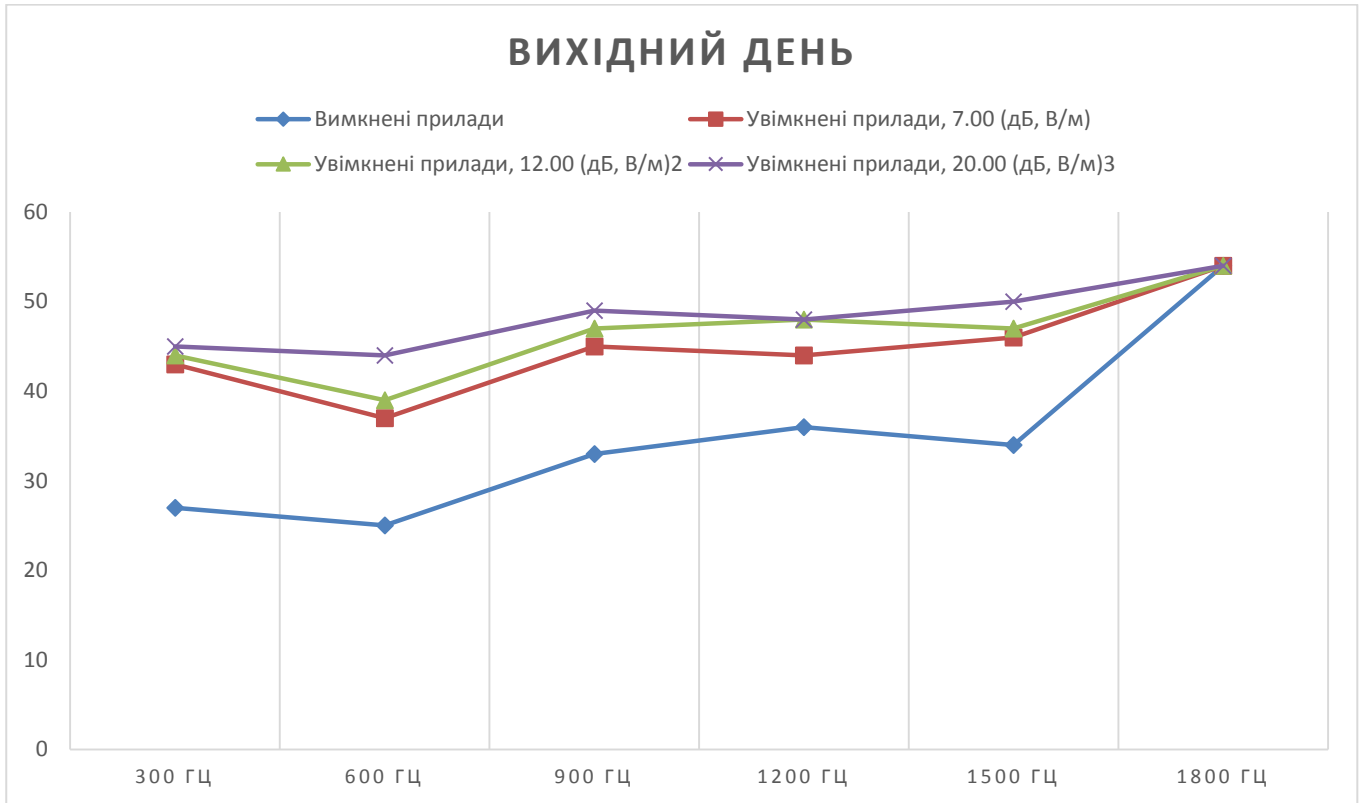
## ДОСЛІДЖЕННЯ ЯВИЩА РАДІО ВИПРОМІНЮВАННЯ

### 3.1 Проведення дослідження

Графіки з результатами вимірювання радіовипромінювань від електронних засобів представлені на рис. 3.1. Представлені нижче кількісні результати є середніми показниками для вибірки п'яти повторних відтворюваних вимірювань з одними і тими ж вихідними даними.



а



б

Рис. 3.1 – Результат вимірювання радіовипромінювання: а – в будній день; б – в вихідний день

Задля наглядної демонстрації підвищення рівня радіохвильового забруднення були взяті дані вимірювань за минулі роки, проведені санітарними службами в житлових та офісних приміщеннях. Вони показані в таблиці 3.1 та на рисунку 3.2.

Щодо впливу радіовипромінювання на людський організм, то гранично допустима концентрація напруженості електричного поля при впливу протягом 8 годин складає 500 В/м.

Гранично допустима концентрація напруженості електричного поля при тривалості впливу до 2 годин за значення складає 1000 В/м.

Таблиця 3.1

## Показників зміни стану рівня радіовипромінювання

Рік проведення вимірювання	Місце проведення	Частотний діапазон	Фактичне значення
2012	Робоче місце в кабінеті [10]	5 Гц - 2 кГц	5 В/м
2014	Робоче місце в офісному приміщенні [11]	5 Гц - 2 кГц	25 В/м
2018	Робоче місце в кабінеті [12]	30-300 МГц	68 В/м
2020	Житлове приміщення	300 Гц – 1800 Гц	54 В/м

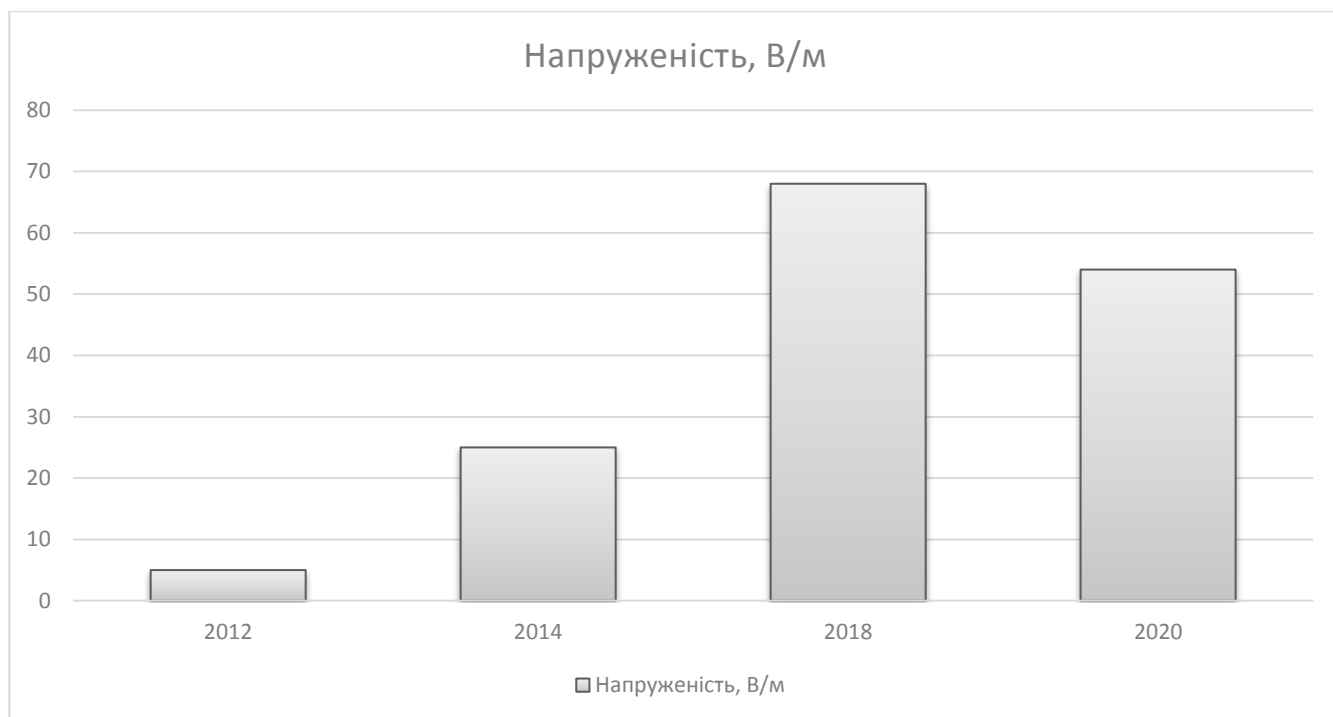


Рис. 3.2 – Відображення показників зміни стану рівня радіовипромінювання

Отримані дані щодо темпів росту кількості електронних приладів показані на рис. 3.3.



Рис. 3.3 - Діаграма товарообігу ринку побутової техніки та електроніки

Згідно з цими даними, та результатами проведених вимірювань рівня радіо випромінювання в житлових приміщеннях, можна побудувати криву залежності рівня випромінювання від об'єму приладів, які використовуються.

Дана крива може бути охарактеризована, як насичення електромагнітним випромінюванням побутовими приладами, і була побудована як частка між значенням випромінювання та якісної характеристики кількості побутових приладів. Вона обчислювалась за формулою:

$$\text{Насичення електромагнітним випромінюванням побутовими приладами} = \frac{\text{Стан рівня радіо випромінювання}}{\text{Якісна характеристика кількості побутових приладів}}$$

Згідно з таким підходом були отримані дані, представлені в таблиці 3.2 і на рисунку 3.4 у вигляді діаграми.

Таблиця 3.2

Значення насичення електромагнітним випромінюванням побутовими приладами

Рік	Стан рівня радіо випромінювання	Якісна характеристика кількості побутових приладів	Значення насичення електромагнітним випромінюванням побутовими приладами
2012	5	9,58	0,52
2014	25	15,68	1,59
2018	68	27,47	2,47
2020	54	32,68	1,65

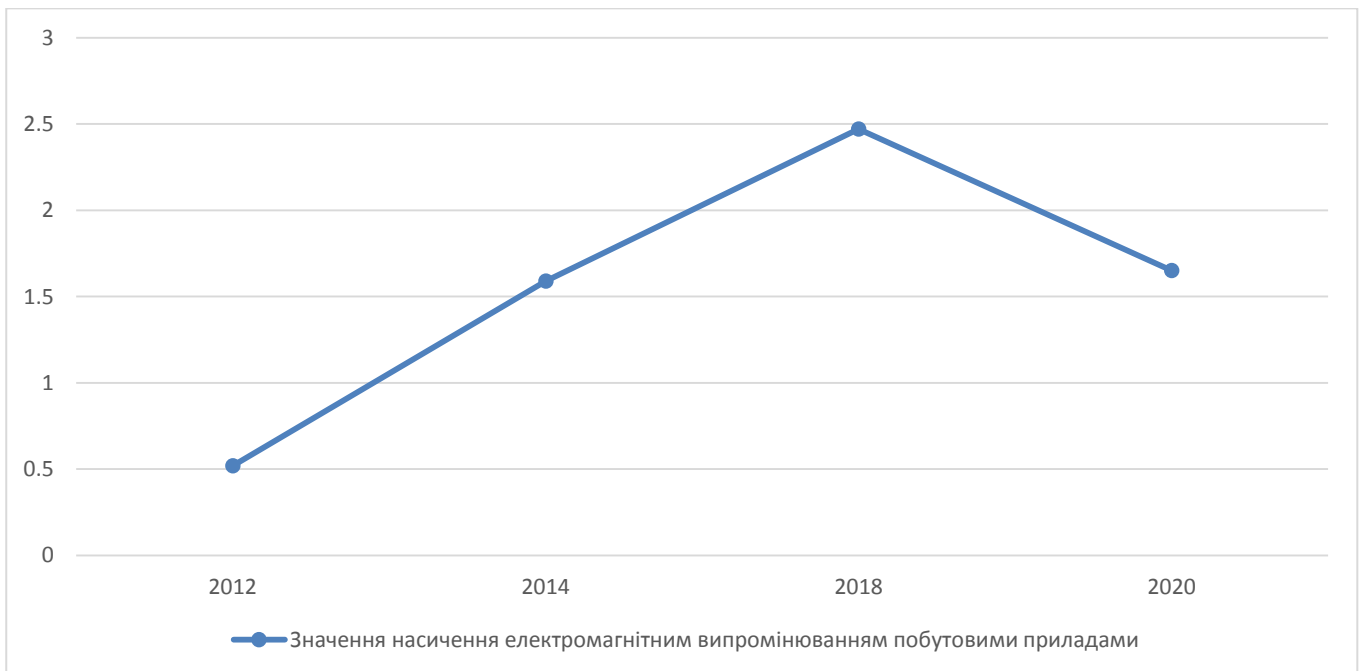


Рис. 3.4 - Значення насичення електромагнітним випромінюванням побутовими приладами

Як можна побачити на рис. 3 значення кількості побутових приладів за 2014 і 2016 рік максимально однакові, і з огляду на відсутність показників рівня радіо випромінювання в побутовому приміщенні за 2016 рік, значення насиченості електромагнітним випромінюванням побутовими приладами можна вирахувати як пропорціональне значення за формулою:

$$\begin{aligned} \text{Значення 2016 року} &= \\ &= \frac{\text{Стан рівня радіо випромінювання 2014 року} * \text{Якісна характеристика} \\ &\quad \text{кількості побутових приладів 2016 року}}{\text{Якісна характеристика кількості побутових приладів 2014 року}} \end{aligned}$$

$$\text{Значення 2016 року} = \frac{25 * 15,55}{15,68} = 24,79$$

Тож таблиця з даними про насичення електромагнітним випромінюванням побутовими приладами прийме вигляд табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Показники насичення електромагнітним випромінюванням побутовими приладами

Рік	2012	2014	2016	2018	2020
Значення	0,52	1,59	1,59	2,47	1,65

За допомогою отриманих даних можна сформулювати коефіцієнт розвитку значення насиченням електромагнітного випромінювання побутовими приладами як середнє арифметичне серед отриманих показників, яке визначається за формулою:

$$\text{Коефіцієнт розвитку насиченням електромагнітним випромінюванням побутовими приладами} = \frac{\text{Значення}_1 + \dots + \text{Значення}_5}{5}$$

Коефіцієнт розвитку насиченням електромагнітним випромінюванням

$$\text{побутовими приладами} = \frac{0,52 + 1,59 + 1,59 + 2,47 + 1,65}{5} = 1,61$$

Тепер, маючи середнє значення розвитку насичення радіо випромінюванням побутовими приладами можна спрогнозувати подальший темп розвитку стану рівня радіо випромінювання, яке створюється побутовими приладами. Цей процес можна охарактеризувати за формулою:

Значення рівня радіо випромінювання, яке створюється побутовими приладами наступного року = Значення рівня радіо випромінювання, яке створюється побутовими приладами попереднього року \* Коефіцієнт розвитку значення насиченням електромагнітного випромінювання побутовими приладами

Задля виявлення діапазону вимірюваного значення, згідно с отриманих даних, треба брати максимальне та мінімальне значення насичення електромагнітним випромінюванням побутовими приладами. В даному випадку це 0,52 – мінімальне та 2,47 – максимальне.

Так як було взято середнє значення серед п'яти показників, то є необхідність введення поправки, яка б відображала втрачену різницю після проведення обчислення та нормалізувала якість результатів вимірювання.

Її можна обчислити за формулою:

$$\text{Значення поправки} = \frac{(\text{Значення насичення}_5 - \text{Значення насичення}_4) + (\text{Значення насичення}_4 - \text{Значення насичення}_3) + (\text{Значення насичення}_3 - \text{Значення насичення}_2) + (\text{Значення насичення}_2 - \text{Значення насичення}_1)}{4}$$



$$\begin{aligned} \text{Значення поправки} &= \frac{(1,65 - 2,47) + (2,47 - 1,59) + (1,59 - 1,59) + (1,59 - 0,52)}{4} \\ &= \frac{-0,82 + 0,88 + 0 + 1,07}{4} = \frac{1,13}{4} = 0,28 \end{aligned}$$

Тепер можна виділити верхні та нижні границі вимірювання:

Нижня границя = Значення рівня радіо випромінювання, яке створюється побутовими приладами попереднього року \* Мінімальне значення насичення електромагнітним випромінюванням побутовими приладами

А з поправкою отримаємо:

Нижня границя з поправкою = Значення нижньої границі вимірювання -  
Значення нижньої границі вимірювання \* Значення поправки

Так само вираховується значення для верхньої границі, тільки замість віднімання, значення верхньої границі з поправкою повинно додаватися. Це зумовлено розташуванням похідної кривої на координатній осі.

Тож, тепер можна отримати прогнозовані значення рівня радіо випромінювання, яке створюють побутові прилади на наступні роки. Результати таких обчислень наведені в табл. 3.4.

Таблиця 3.4

Результати обчислення значення рівня радіо випромінювання, яке створюють побутові прилади на наступні роки

Рік	Значення рівня радіо випромінювання, яке створюють побутові прилади				
	Середнє	Мінімальне	Мінімальне з поправкою	Максимальне	Максимальне з поправкою
2020	54				
2022	86,94	28,08	35,94	133,38	96,03
2024	139,97	45,21	57,87	214,74	154,61
2026	225,36	72,79	93,16	345,73	248,93
2028	362,82	117,19	150	556,63	400,77
2030	584,15	188,669	241,5	896,18	645,24

Наглядне відображення отриманих даних показано на рисунку 3.5 у вигляді графіка.

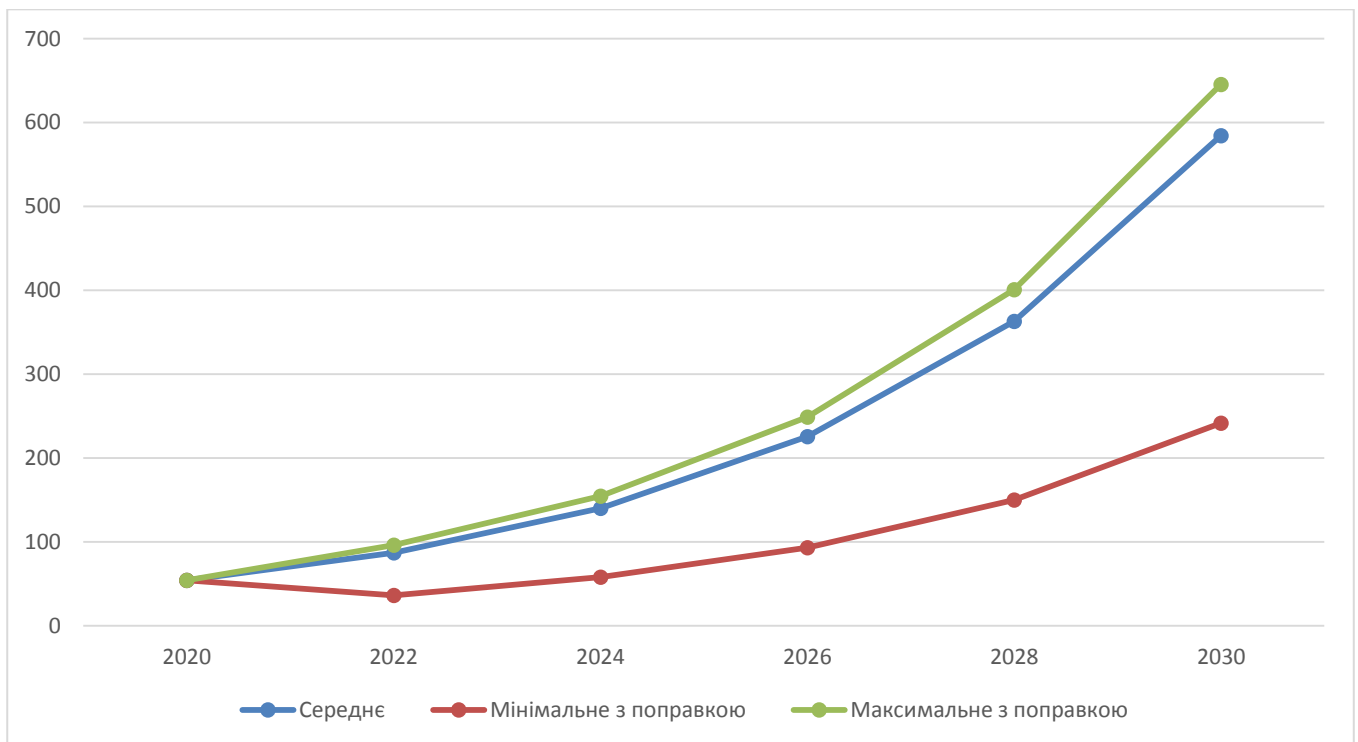


Рис. 3.5 – Відображення отриманих даних

Якщо поєднати отримані дані з результати вимірювання попередніх років, то отримаємо графік, показаний на рисунку 3.6.

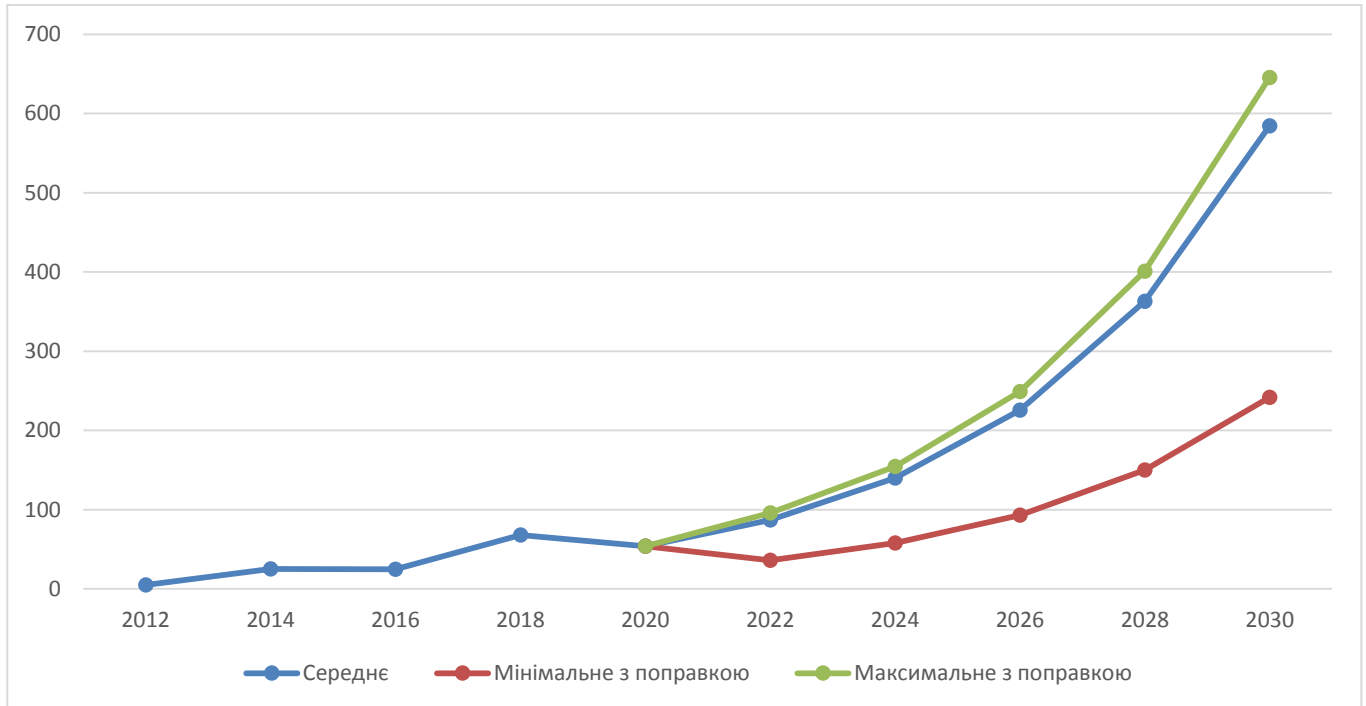


Рис. 3.6 – Відображення рівня радіо випромінювання в період з 2012 року по 2030 рік

Звідси можна зробити висновок, що згідно з отриманими емпіричними даними рівень радіо випромінювання в житлових приміщеннях від побутових приладів виросте майже в геометричній прогресії. На підставі цього треба приймати необхідні засоби задля його зменшення та, в деяких випадках, нівелювати його вплив.

### 3.2 Оцінка достовірності одержаних результатів

Навіть в штучних умовах експерименту неможливо виключити повністю зовнішній вплив на явище, яке досліджується різноманітних випадкових факторів, пов'язаних з умовами та методами його вивчення, але які не мають до нього прямого відношення. Через це, значення величини, яка формується в ході виконання дослідження, формується не тільки під впливом фізичних законів, але і під впливом

випадкових факторів, які можуть дуже чуттєво викривити результати окремих вимірювань. Таким чином, можна сказати, що всі отримані в результаті дослідження значення є випадковими, проте максимально наближеними до одного певного, істинного значення, яке керується певним фізичним явищем.

В результаті ходу дослідження було проведено вимірювання стану рівня радіо випромінювання в житловому приміщенні. Ці дані були отримані шляхом використання спеціалізованого приладу, який остаточно результати відображав з урахуванням наявних похибок вимірювання, при цьому, маючи власну похибку вимірювання 10%. З огляду на результати проведених вимірювань, було прийняте рішення не приводити отримані дані до виду, в якому відсутні похибки, адже ціллію проведених замірів було отримати величину рівня радіо випромінювання, яка виявилася занадто малою для досягання мети дослідження, щоб проводити подальші розрахунки.

### 3.3 Порівняння одержаних результатів

На даний момент було проведено дуже мало досліджень щодо впливу радіо випромінювання на техніку в цілому. Щодо побутових приладів їх не проводилося взагалі, так само як і прогнозування рівня радіо фону в приміщеннях з огляду на темпи росту кількості електротехніки, яка використовується людьми. Проте дослідження, які проводились щодо впливу електромагнітного поля на техніку, були направлені на приватні випадки, чи то спеціального обладнання, яке повинно працювати в зоні підвищеного радіо випромінювання, його граничних показників, чи впливу на спец техніку, таку як медичні засоби, військова та промислова галузь.

Більшість статей та досліджень направлені на виявлення наслідків опромінення радіо хвилями людини та живих організмів. На даний момент ця тема уже досліджується більш як 50 років, і є підставою для складання ГОСТів та нормативних документів санітарного характеру для житлових та технічних приміщень, з огляду на вплив випромінювання на живі організми.

Оскільки антропогенні (головним чином, техногенні) джерела підсилюють фонове випромінювання, неухильно підвищують його в ході науково-технічного прогресу і перетворюють електромагнітне випромінювання в небезпечний екологічний фактор для людей, які працюють з ними, а також населення, що проживає поблизу джерел або користується електропобутовою технікою, то питання впливу радіо випромінювання на організм людини в рамках умов сучасного життя активно обговорюються в наукових колах. Зокрема, С.Є. Селіванов, В.В. Філенко, А.В. Бажинов, Е.Н. Будянський [13] досліджували вплив радіо випромінювання автотранспорту на людину; С.Ю. Шевченко розглянув вплив енергетичного обладнання на навколишнє середовище [14]; Г.А. Кураєв, В.Б. Войнов, Ю.Н. моргали описали шкода від персональних комп'ютерів і привели способи, що дозволяють мінімізувати негативні наслідки тривалої роботи за комп'ютером [15]; Я.А. Савицька, В.В. паслін проаналізували дослідження щодо впливу мобільних телефонів [16]; В.С. Мартинюк, Ю.В. Цейслер, Н.А. Темур'янц виклали вплив слабких радіо випромінювання вкрай низьких частот на організм людини на клітинному і рівні організму [17]; Н.В. Тіханков, Е.Н. Тіханков, Е.А. Плешко запропонували методи нейтралізації негативного впливу різних джерел випромінювання [18] та ін. Проте, до цих пір залишається багато невивчених питань в цій галузі, які є предметом численних дискусій і об'єктом для подальших досліджень.

Результати вивчення впливу ЕМІ на організм людини, починаючи з 60-х років минулого століття, показали, що постійний вплив техногенного радіо випромінювання на задані природою частоти людини (зокрема, 7,8 і 14,1 Гц) призводить до невідповідності функцій організму його структурі. Механізм впливу радіо випромінювання на біологічні системи до цих пір остаточно не вивчений. Існує кілька робочих гіпотез, що пояснюють біологічний вплив радіо випромінювання на молекулярному, клітинному і органо-тканинному рівнях організації живої речовини. Тривала дія радіо випромінювання низької інтенсивності викликає вегетативні (периферичні) порушення внаслідок астенії нервової системи і порушень функцій ендокринних залоз. При цьому гіперфункція гіпофіза і надниркових залоз змінюється

гіпофункцією. Мабуть, механізми дії радіо випромінення на людину і інших ссавців носять неспецифічний характер і пов'язані зі зміною активності гіпоталамо-гіпофізарної системи, забезпечує нейрогуморальну регуляцію [19].

### 3.4 Обґрунтування необхідності проведення додаткових досліджень

В умовах дефіциту досліджень в області нормування, прогнозування та захисту від радіо випромінювання в даний час існують певні відмінності в стандартах безпеки (для деяких діапазонів в десятки і сотні разів). Тому Всесвітня організація охорони здоров'я спрямовує діяльність різних міжнародних організацій по стандартизації електромагнітної безпеки (Європейський комітет з електротехнічного нормування CENELEC - Comite Europeen de Normalisation Electrotechnique, Національний американський інститут стандартів ANSI – American National Standards Institute, Німецький інститут по нормуванню DIN - Deutsche Institut fur Normung і ін.) на створення єдиних світових стандартів в області охорони здоров'я.

Щодо впливу радіо випромінювання на техніку, дане дослідження потребує більшої кількості вхідних даних. Проведення замірів щорічно, їх нормалізація та оприлюднення складе важливу базу для проведення подальших досліджень в даній галузі.

З точки зору прогнозування стану рівня радіо випромінення, можна розробити більш детальний метод моделювання, який би мав складній та гнучкіший підхід до роботи з даними, як то регіональні особливості використання техніки, сезонні, за статевою ознакою або та соціальним статусом. Ці фактори також зумовлюють використання різної кількості техніки, яка створює електромагнітне випромінення, яке, в свою чергу впливає на оточення.

З огляду на сформульовані концепти можна виділити наступні тези для проведення подальших досліджень в цій галузі:

- проведення максимальної кількості замірів рівня електромагнітного поля;

- проведення замірів в приватних випадках, в першу чергу максимально різних, з різною кількістю джерел випромінення та в різні періоди часу, для різноманітних районів. Вказувати ці дані в протоколах та звітах;
- домагатися оприлюднення проведених досліджень;
- проведення дослідження щодо розробки методів уніфікації та стандартизації отриманих з вимірювання даних;
- розробити проект стандартизації електроприладів на їх стійкість до радіо випромінювання та з точки зору джерел випромінювання;
- дослідження на вплив електромагнітного поля на працездатність вимірювальних приладів, як одного з критеріїв виникнення похибки вимірювання;
- розробка детальнішого методу прогнозування, який би включав в себе критерії різних районів, часу, слоїв населення і так далі.

**Висновки.** В цілому можна інтерпретувати отримані дані розробникам вимірювальної та побутової техніки, задля її проектування з урахуванням наслідків знаходження в зоні активного випромінювання та з точки зору суб'єкта випромінювання. Адже ті ж самі прилади для проведення контрольних замірів, які сертифіковані згідно з міжнародними критеріями, не завжди беруть до уваги наведену похибку, яка створена рівнем радіо випромінювання в області проведення замірів. Вона не завжди впливає на результат вимірювання в цілому, проте її вплив на роботу самого приладу незаперечний.

## ВИСНОВКИ

В ході дослідження було проведене замірювання рівня радіофону в житловому приміщенні за допомогою детектора електромагнітного поля. Метою було дослідити та виявити можливий вплив радіовипромінювання на електроніку. За результатами дослідження можна зробити висновок, що рівень радіовипромінювання не досягає критичних поділок в роботі апаратури, проте близький до рівня виникнення перешкод в їх роботі. З цих даних, з огляду на популяризацію та різке поширення використання електроніки в побуті, можна зробити висновок про наближення моменту, коли радіофон буде впливовою перешкодою в коректній роботі електротехніки, проте для досягнення точки виходу інтегральних схем потрібен дуже високий, недоступний в побуті рівень радіовипромінювання. Проте у випадку їх нераціонального розташування безпосередньо з іншими приладами можливий варіант виникнення перешкод та шумів, а також рівень радіовипромінювання в робочій зоні суттєво виростає.

Щодо впливу на живі організми, не можна забувати про той факт, що радіо випромінювання може бути представлене широким спектром частот. Відповідно, не можна зі стовідсотковою ймовірністю очікувати негативні наслідки, спричинені електромагнітним випромінюванням досліджених частот. Біологічні ефекти, як позитивні, так і негативні, можуть бути абсолютно різними. Що частково підтвердили останні дослідження з визначення фізичного механізму формування і поширення електромагнітного випромінювання в цілому.

Більш детальний розгляд впливу радіовипромінювання на конкретний вид електротехніки залежить від місця, на якому потрібно провести дослідження та типу досліджуваної техніки або можливе при модулюванні вихідних умов. Для цього потрібно вирішити задачу уніфікації та стандартизації електроприладів по їх стійкості до радіовипромінювання, крім того, створити електротипові моделі типових мікроструктурних елементів та їх комбінацій.



Для отримання приблизних даних щодо можливого розвитку рівня радіо випромінення в майбутньому, за емпіричним шляхом було проведене дослідження закономірностей його розвитку, та зроблений прогноз на найближчі 10 років.

Задля більш точного моделювання зміни стану рівня радіофону в приміщенні необхідно вдосконалити методику прогнозування. Вона може включати детальніші параметри вимірювального явища. Такий проноз допоможе корисніше застосовувати засоби захисту від радіо випромінювання, з оглядом на стан фону в майбутньому.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. «Selected aspects of testing of automatic synchronizers of power generators in the real time». Дослідження. [Електронні данні]. – Режим доступу [https://www.researchgate.net/publication/291845359\\_Selected\\_aspects\\_of\\_testing\\_of\\_automatic\\_synchronizers\\_of\\_power\\_generators\\_in\\_the\\_real\\_time](https://www.researchgate.net/publication/291845359_Selected_aspects_of_testing_of_automatic_synchronizers_of_power_generators_in_the_real_time) - Заголовок з екрана.
2. «Токовые характеристики неоднородных проводящих микроструктур интегральных микросхем при воздействии электромагнитных полей». Дослідження. [Електронні данні]. – Режим доступу <https://cyberleninka.ru/article/n/tokovye-harakteristiki-neodnorodnyh-provodyaschih-mikrostruktur-integralnyh-mikroschem-pri-vozdeystvii-elektromagnitnyh-poley/viewer> - Заголовок з екрана.
3. «Воздействие импульсных электромагнитных полей на интегральные микросхемы памяти». Дослідження. [Електронні данні]. – Режим доступу <https://cyberleninka.ru/article/n/mehanizmy-vozdeystviya-elektromagnitnyh-poley-na-integralnye-mikroschemy/viewer> - Заголовок з екрана.
4. «European Commission. Possible Effects of Electromagnetic Fields (EMF) on Human Health. Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR)» / Андерс Албом, Джеймс Бриджес, Рене де Сезе, Лена Хіллер. Дослідження. [Електронні данні]. – Режим доступу <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18453044/> - Заголовок з екрана.
5. «Szuba M., Dołowy K., Duszyński J., Power Lines and Substations in Human Environment.» Дослідження. [Електронні данні]. – Режим доступу <http://www.kielcepiaskiradkowice.pl/pliki/informator.pdf> - Заголовок з екрана.
6. «Стендовая база для испытаний радиоэлектронной аппаратуры на электромагнитную совместимость и стойкость к излучениям сверхкороткой длительности». Дослідження. [Електронні данні]. – Режим доступу <https://ieeexplore.ieee.org/document/4368879> - Заголовок з екрана.

7. «Радіохвилі». Стаття. [Електронні данні]. – Режим доступу <https://uk.wikipedia.org/wiki/Радіохвилі> - Заголовок з екрана.
8. «Рынок бытовой техники и электроники в Украине». Стаття. [Електронні данні]. – Режим доступу <https://retailers.ua/news/menedjment/10046-ryinok-byitovoyu-tehniky-i-elektroniky-v-ukraine-vyiros-na-5-v-2019-godu> - Заголовок з екрана.
9. «Эмпирические данные». Стаття. [Електронні данні]. – Режим доступу [https://ru.wikipedia.org/wiki/Эмпирические\\_данные#cite\\_note-5](https://ru.wikipedia.org/wiki/Эмпирические_данные#cite_note-5) - Заголовок з екрана.
10. «Протокол измерения полей и излучений». Протокол вимірювання. [Електронні данні]. – Режим доступу [admseljag.ru/tinybrowser/files/protokoly/emp\\_obschaya.doc](http://admseljag.ru/tinybrowser/files/protokoly/emp_obschaya.doc) - Заголовок з екрана.
11. «Измерение электромагнитных полей ПЭВМ. Защита от электромагнитных излучений». Методичні вказівки. [Електронні данні]. – Режим доступу <https://ivgpu.com/images/docs/ob-universitete/instituty-fakultety-kafedry/ti/fakultety-kafedry/fttiim/tb/publikatsii/ismerenie-polej.pdf>. - Заголовок з екрана.
12. «Звіт № XXX про комплексне екологічне наукове дослідження офісного приміщення». Звіт. [Електронні данні]. – Режим доступу <https://otava.ua/wp-content/uploads/2018/04/analyz-vozduha-v-ofyse-yzmerenye-EMU-y-radyatsyy-1.pdf>. - Заголовок з екрана.
13. «Электромагнитные загрязнения биосферы автотранспортом (автомобили, электромобили, гибридные автомобили)». Стаття. [Електронні данні]. – Режим доступу <https://cyberleninka.ru/article/n/elektromagnitnye-zagryazneniya-biosfery-avtotransportom-avtomobili-elektromobili-gibridnye-avtomobili> - Заголовок з екрана.
14. « Электромагнитные загрязнения биосферы автотранспортом (автомобили, электромобили, гибридные автомобили)». Стаття. [Електронні данні]. – Режим доступу <https://cyberleninka.ru/article/n/elektromagnitnye-zagryazneniya-biosfery-avtotransportom-avtomobili-elektromobili-gibridnye-avtomobili> - Заголовок з екрана.
15. «Влияние электромагнитного излучения персональных компьютеров на организм человека». Стаття. [Електронні данні]. – Режим доступу

[http://www.dc.tsu.ru/webdesign/tsu/Library.nsf/designobjects/vestnik269/\\$file/9\\_15Kuraev.pdf](http://www.dc.tsu.ru/webdesign/tsu/Library.nsf/designobjects/vestnik269/$file/9_15Kuraev.pdf) - Заголовок з екрана.

16. «Влияние высокочастотных электромагнитных полей на организм человека». Стаття. [Електронні данні]. – Режим доступу <http://masters.donntu.org/2017/fkita/timoshenko/library/2.html> - Заголовок з екрана.

17. «Интерференция механизмов влияния слабых электромагнитных полей крайне низких частот на организм человека и животных». Стаття. [Електронні данні]. – Режим доступу <https://elibrary.ru/item.asp?id=18038686> - Заголовок з екрана.

18. «Информационные методы нейтрализации негативного влияния электромагнитного смога». Стаття. [Електронні данні]. – Режим доступу [https://nonproblem.net/wp-content/uploads/2019/12/2012\\_04\\_111.pdf](https://nonproblem.net/wp-content/uploads/2019/12/2012_04_111.pdf) - Заголовок з екрана.

19. «Об электромагнитной совместимости электромеханических и биологических систем». Стаття. [Електронні данні]. – Режим доступу <http://eetecs.kdu.edu.ua> - Заголовок з екрана.

## Додаток А

### Стаття, подана до публікації

#### ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ І ФОНУ РАДІОВИПРОМІНЮВАННЯ

Ряский А. В., Ступень П.В.

#### STUDY OF THE INFLUENCE AND BACKGROUND OF RADIO EMISSION

Riasky A.V., Stypen P.V.

**Постановка проблеми.** Хоча радіохвилі та інші форми електромагнітної енергії використовуються протягом десятиліть, неможливо не відмітити нещодавнє різке збільшення використання мобільних телефонів, поширення веж стільникового зв'язку та інших електричних приладів. Це спонукає на наукові дослідження, що показують біологічні та, можливо, техногенні наслідки для оточення. Було проведено багато досліджень з метою вивчення взаємозв'язку між радіочастотним випромінюванням та наслідками для здоров'я, однак на сьогоднішній день, з точки зору впливу радіовипромінювання на техніку, результати були невизначеними.

У сучасному місті чимало джерел радіовипромінювання, його заміри та аналіз варто проводити якомога частіше: це дозволить захиститися від біологічних та техногенних наслідків.

Перш за все, оцінку варто провести поруч і на таких об'єктах, як:

- стільникові вишки;
- великі електростанції і підстанції;
- телекомунікаційні об'єкти (наприклад, телевежі);
- дата-центри, серверні;
- будь-які великі виробництва, де використовується велика кількість електроніки.

Джерелами електромагнітного випромінювання можуть бути і лінії електропередач, і будь-яка електронна техніка: від комп'ютера до пральної машини. Підвищений фон випромінювання спостерігається в офісних центрах, робочих кабінетах - словом, там, де встановлена велика кількість комп'ютерної та оргтехніки.

Працездатність і коректне функціонування радіоелектронної апаратури визначають велику кількість різних

*В роботі розглянутий і досліджений рівень радіовипромінювання в квартирі, з точки зору впливу радіохвиль на коректну роботу електроприладів.*

*У ході дослідження наведені результати вимірювання рівня радіофону в житловому приміщенні в різні періоди часу.*

*Для досягнення поставленої задачі визначені особливості проведення вимірювання електромагнітного поля в зоні дії радіовипромінювань, граничні значення стійкості до радіовипромінювання інтегральних мікросхем та ознайомлення з технічними джерелами.*

*Результатом виконання дослідження є успішно поставлений висновок щодо радіофону в житловому приміщенні та його впливу на інтегральні мікросхеми. Були створені очні показники у вигляді діаграм, які відображають залежність потужності випромінювання від завантаженості електричними приладами радіофону. Були дані рекомендації щодо проведення подальших досліджень в даному напрямку.*

**Ключові слова:** радіовипромінювання, радіофон, електромагнітне поле, вимірювання, електроприлади.

факторів, в тому числі зовнішніх. Збої в роботі радіоапаратури при впливі радіовипромінювання обумовлені збоями в роботі елементної бази, яка в приймальній і керуючій апаратури представлена в основному інтегральними мікросхемами.

Результати досліджень по впливу радіовипромінювання на мікросхеми дозволили виявити основні закономірності процесів в мікроструктурних елементах мікросхем.

Сучасні мікросхеми відрізняються від тих, для яких були проведені дослідження по впливу електромагнітного випромінювання, з використовуваних матеріалів, технології виготовлення, ступеня інтеграції, наявності захисту від електростатичного розряду і т.д.

Представляють цінність дослідження по впливу радіовипромінювання на сучасні мікросхеми пам'яті і їх мікроструктурні елементи.

Електронні пристрої, такі як смартфони, планшети, мікрохвильові печі, радіо та телевізори, випромінюють електромагнітне випромінювання низької інтенсивності на частотах від 300 МГц до 300 ГГц, які можуть бути пов'язані з мікрохвильовими пічками. З іншого боку, лінійні електропередачі та електричні прилади є сильними джерелами електромагнітних полів (насамперед електричних для ліній електропередачі, в першу чергу магнітних для трансформаторів, або електромагнітних для антен) та випромінювання набагато нижчих частот, але набагато вищих інтенсивностей.

За даними Європейської комісії, джерела неіонізуючого електромагнітного випромінювання можна класифікувати як [1]:

- радіочастотні поля (RF поля),
- поля проміжної частоти (поля IF),

- поля з надзвичайно низькою частотою (поля ELF),
- статичні поля.

Для кількісної ілюстрації міркувань авторів, представлених вище, найбільш типові джерела електромагнітних полів та / або електромагнітного випромінювання, що впливають на живі організми, перераховані та описані в таблиці 1.

Таблиця 1

**Типові джерела електромагнітного випромінювання**

Тип	Частота	Джерело
RF поля	100кГц ÷ 300 ГГц	Радіо, телебачення, смартфони, планшети, мікрохвильові печі, радіолокаційні та радіопередавачі та магнітно-резонансна томографія
IF поля	300 Гц ÷ 100 кГц	Відеоекрани, протиугінні пристрої, що використовуються в автомобілях, будинках і магазинах, кардридери, металошукачі, магнітно-резонансна томографія та зварювальні пристрої
ELF поля	Близько 300 Гц	Лінії електропередачі, домашня проводка, автомобільні електродвигуни, електрички та трамваї, а також зварювальні пристрої
статичні поля	-	Природні, відеоекрани, магнітно-резонансна томографія та інше діагностичне / наукове обладнання, електроліз та зварювальні прилади

Слід розуміти, що різні типи електромагнітних полів та / або електромагнітне випромінювання відповідають за різні типи явищ, які можуть спостерігатися в результаті радіаційного опромінення.

Наприклад, високоенергетичне мікрохвильове випромінювання на частотах від 300 МГц до 300 ГГц може бути канцерогенним та спричиняти теплові ефекти, підвищуючи температуру відкритих організмів. З іншого боку, той самий тип мікрохвильового випромінювання на нижчих частотах від 100 кГц до 300 МГц не має такого ефекту. Дуже важливо відзначити, що джерела електромагнітного випромінювання, що характеризуються польовими частотами нижче 300 ГГц, можуть бути пов'язані з неіонізуючим типом випромінювання [2].

З іншого боку, електромагнітні поля низької частоти є джерелом іншого типу електромагнітного випромінювання, як у випадку з лініями електропередачі або трансформаторами (внаслідок дії процесів та пристроїв, присутніх в енергосистемі [3]). Такі електромагнітні поля, що характеризуються частотами полів 50 Гц або 60 Гц, є квазістаціонарними, і їх дві складові поля (електричну та магнітну) можна розглядати як окремі [2].

Метою даної роботи є дослідження зв'язку параметрів електромагнітних полів і характеристик мікросхем з граничними значеннями полів, що визначають функціональний стан мікросхем.

**Аналіз останніх досліджень.** В останні роки було проведено близько тисячі досліджень щодо впливу радіохвиль, проте всі вони були направлені на вплив на біоорганізми, зокрема на людський [3]. Найбільш наближені до мети проекту вимірювання проводили Старостенко В. В. [4], Ахрамович Л. Н., Грибський М. П. та ін. для журналу «Радіоелектроніка» [5]. Проте всі вони були вузькоспеціалізовані та направлені на виявлення порогових значень, які спроможні витримувати інтегральні мікросхеми конкретних моделей, які були необхідні їм для подальшої роботи.

**Постановка завдання.** Для отримання результатів впливу радіовипромінювання на електротехніку в побутовому плані потрібно провести ряд вимірювань радіофону в побутовому приміщенні в декілька періодів доби та в різні періоди тижня. Так будуть отримані результати, відповідні до теми дослідження.

В якості порогових значень радіовимірювання для інтегральних схем, які є основними найбільш вразливими елементами електричних приладів, будуть прийняті значення, отримані в результаті досліджень Ахрамовича Л. Н., Грибського М. П. та ін. Вона складає 80 – 90 кВ/м. Це порогове значення можна прийняти як критичне, воно не допустиме поза лабораторних умов в побуті. Значення, при якому мікросхеми виходять зі сталого режиму роботи та спричиняють перешкоди 200 В/м. [5]

Для проведення вимірювання був застосований індикатор електромагнітного поля «СОЭКС Импульс». Його діапазон вимірювання амплітудного значення напруженості електричного поля по осях X, Y, не менше В / м: від 10 до 1000. Діапазон вимірюваних частот електромагнітного поля, Гц: від 20 до 2000. Похибка вимірювання, не більше  $\pm 15\%$ .

В рамках даної роботи для наближеного дослідження електромагнітного випромінювання від електронних засобів пропонується наступна методика:

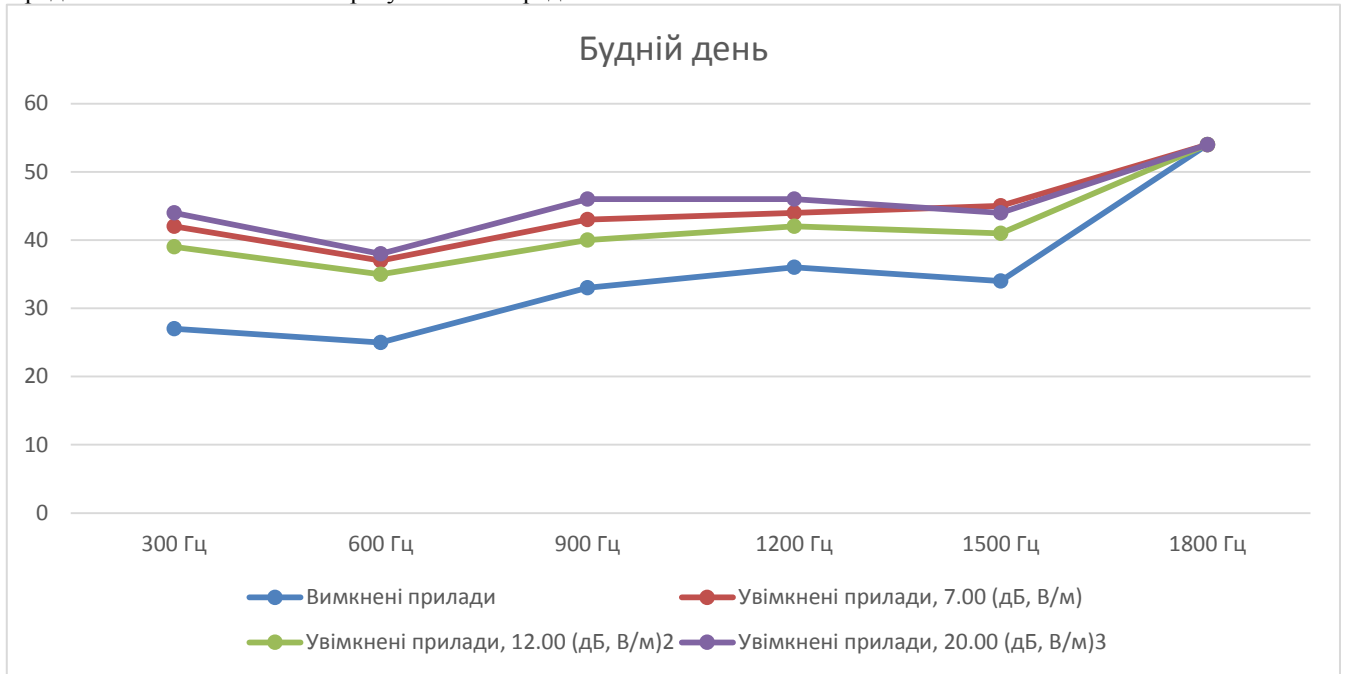
1. По можливості вимкнути всі відомі джерела електромагнітних випромінювань в області дослідження, наприклад в кімнаті, де експлуатуються електронні засоби і в прилеглих областях.
2. Провести серію експериментальних вимірювань електромагнітної обстановки в даній кімнаті. При цьому точки вимірювань не повинні змінюватися протягом наступних досліджень.
3. Вмикаємо електронні засоби в їх звичайний режим.
4. Проводимо повторні експериментальні вимірювання електромагнітної обстановки в області експлуатації електронних засобів протягом доби та тижня.
5. Віднімаємо отримані результати вимірювання електромагнітного випромінювання при вимкнених джерелах з результатів, отриманих при увімкнених електронних засобах на відповідних частотах.
6. Повторюємо вимірювання по п. 2 і п. 4 до отримання стабільно відтворених результатів шляхом прове-

дення відсіву грубих похибок спостереження, наприклад, методом обчислення максимального відносного відхилення при необхідній довірчій ймовірності.

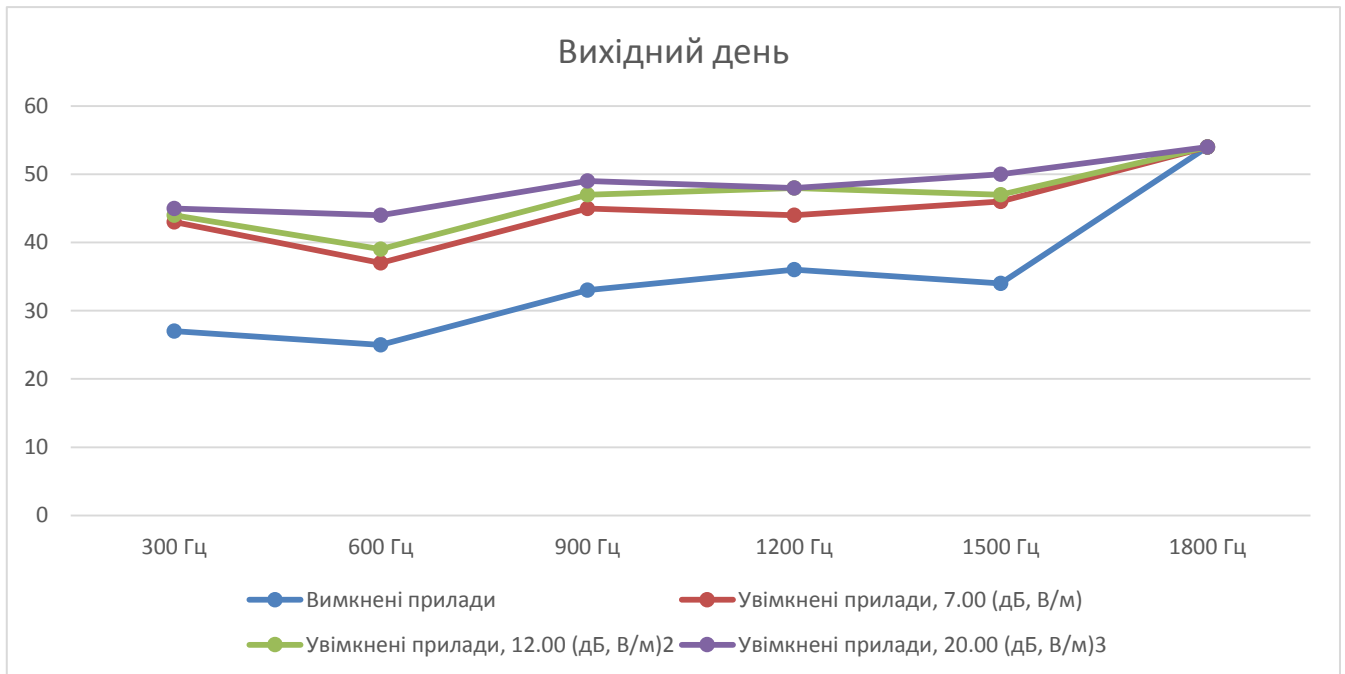
**Виклад основного матеріалу.**

Графіки з результатами вимірювання радіовипромінювань від електронних засобів представлені на рис. 1. Представлені нижче кількісні результати є середніми

Задля наглядної демонстрації підвищення рівня радіохвильового забруднення були взяті дані вимірювань за минулі роки, проведені санітарними службами в житлових та офісних приміщеннях. Вони показані в таблиці 2.



*a*



*б*

Рис. 1 – Результат вимірювання радіовипромінювання: *a* – в будній день; *б* – в вихідний день

показниками для вибірки п'яти повторних відтворюваних вимірювань з одними і тими ж вихідними даними.

Таблиця 2

## Показників зміни стану рівня радіовипромінювання

Рік проведення вимірювання	Місце проведення	Частотний діапазон	Фактичне значення
2012	Робоче місце в кабінеті [6]	5 Гц - 2 кГц	5 В/м
2014	Робоче місце в офісному приміщенні [7]	5 Гц - 2 кГц	25 В/м
2018	Робоче місце в кабінеті [8]	30-300 МГц	68 В/м
2020	Житлове приміщення	300 Гц – 1800 Гц	54 В/м

Гранично допустима концентрація напруженості електричного поля при тривалості впливу до 2 годин за значення складає 1000 В/м.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.**

В ході дослідження було проведено замірювання рівня радіофону в житловому приміщенні за допомогою детекторі електромагнітного поля. Метою було дослідити та виявити можливий вплив радіовипромінювання на електроніку. За результатами дослідження можна зробити висновок, що рівень радіовипромінювання не досягає критичних поділок в роботі апаратури, проте близький до рівня виникнення перешкод в їх роботі. З цих даних, з огляду на популяризацію та різке поширення використання електроніки в побуті, можна зробити висновок про наближення моменту, коли радіофон буде впливовою перешкодою в коректній роботі електротехніки, проте для досягнення точки виходу інтегральних схем потрібен дуже високий, недоступний в побуті рівень радіовипромінювання. Проте у випадку їх нераціонального розташування безпосередньо з іншими приладами можливий варіант виникнення перешкод та шумів, а також рівень радіовипромінювання в робочій зоні суттєво виростає.

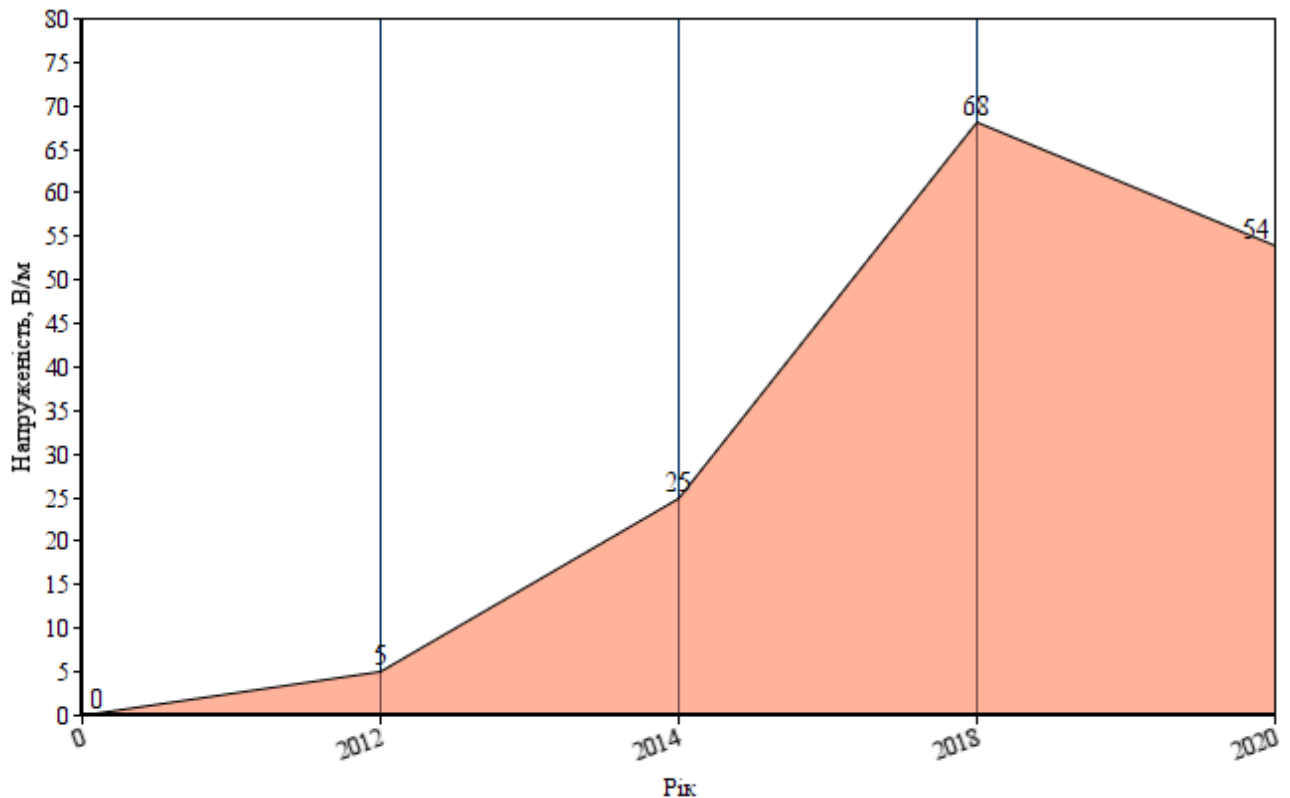


Рис. 2 – Відображення показників зміни стану рівня радіовипромінювання

Щодо впливу радіовипромінювання на людський організм, то гранично допустима концентрація напруженості електричного поля при впливу протягом 8 годин складає 500 В/м.

Щодо впливу на живі організми, не можна забувати про той факт, що радіо випромінювання може бути представлене широким спектром частот. Відповідно не можна зі стовідсотковою ймовірністю ефекти вироблені електромагнітним випромінюванням однієї частоти очікувати від радіо випромінювання іншої частоти. Біологічні ефекти, як позитивні, так і негативні, можуть бути абсолютно різними. Що частково підтвердили останні



дослідження з визначення фізичного механізму формування і поширення електромагнітного випромінювання в цілому.

Для мінімізації впливу випромінювання рекомендується застосовувати засоби захисту від радіовипромінювання. Вони діляться на дві категорії: які відображують та поглинають випромінювання. Так як матеріали, що відображують випромінювання можуть напряму впливати на деякі з електронних приладів, які мають приймачі/передавачі в своїй структурі, то доцільніше буде використовувати поглинаючі матеріали. Листи поглинаючих матеріалів можуть бути одно- або багатошаровими, багатошарові матеріали забезпечують поглинання радіохвиль в більш широкому діапазоні. Для покращення екрануючої дії у багатьох типів радіо поглинаючих матеріалів з однієї сторони впресована металева сітка або латунна фольга. При створенні екранів ця сторона звернена в сторону, протилежну джерела випромінювання. Також, для цих цілей використовуються гумові килимки, магнітно-електричні пластини, порононі вставки, пластини з фериту, поліефірні тканини, металізовані тканини та комплексні матеріали та засоби. Для екранування оглядових вікон, вікон приміщень, скління стельових ліхтарів, перегородок застосовується металізоване скло, що має тонку прозору плівку або окисли металів, найчастіше олова, або металів (мідь, нікель, срібло) і їх поєднання.

Більш детальний розгляд впливу радіовипромінювання на конкретний вид електротехніки залежить від місця, на якому потрібно провести дослідження та типу досліджуваної техніки або можливе при модулюванні вихідних умов. Для цього потрібно вирішити задачу уніфікації та стандартизації електроприладів по їх стійкості до радіовипромінювання, крім того, створити електротипові моделі типових мікроструктурних елементів та їх комбінацій.

### Список використаних джерел

1. European Commission. Possible Effects of Electromagnetic Fields (EMF) on Human Health. Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR). Дослідження. [Електронні данні]. – Режим доступу <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18453044/> - Заголовок з екрана.
2. «Szuba M., Dołowy K., Duszyński J., Power Lines and Substations in Human Environment.» <http://www.kielcepiaskiradkowice.pl/pliki/informator.pdf> - Заголовок з екрана.
3. «Selected aspects of testing of automatic synchronizers of power generators in the real time». Дослідження. [Електронні данні]. - [https://www.researchgate.net/publication/291845359\\_Selected\\_aspects\\_of\\_testing\\_of\\_automatic\\_synchronizers\\_of\\_power\\_generators\\_in\\_the\\_real\\_time](https://www.researchgate.net/publication/291845359_Selected_aspects_of_testing_of_automatic_synchronizers_of_power_generators_in_the_real_time) - Заголовок з екрана.
4. «Токовые характеристики неоднородных проводящих микроструктур интегральных микросхем при воздействии электромагнитных полей». <https://cyberleninka.ru/article/n/tokovye-harakteristiki-neodnorodnyh-provodyaschih-mikrostruktur-integralnyh-mikroschem-pri-vozdeystvii-elektromagnitnyh-poley/viewer> - Заголовок з екрана.
5. «Воздействие импульсных электромагнитных полей на интегральные микросхемы памяти». Дослідження. [Електронні данні]. – Режим доступу <https://cyberleninka.ru/article/n/mehanizmy-vozdeystviya-elektromagnitnyh-poley-na-integralnye-mikroschemy/viewer> - Заголовок з екрана.
6. «Протокол измерения полей и излучений». Протокол вимірювання. [Електронні данні]. – Режим доступу [admseljag.ru/tinybrowser/files/protokoly/emp\\_obschaya.doc](https://admseljag.ru/tinybrowser/files/protokoly/emp_obschaya.doc) - Заголовок з екрана.
7. «Измерение электромагнитных полей ПЭВМ. Защита от электромагнитных излучений». Методичні вказівки. [Електронні данні]. – Режим доступу <https://ivgpu.com/images/docs/ob-universitete/instituty-fakultety-kafedry/ti/fakultety-kafedry/fttiim/tb/publikatsii/ismerenie-polej.pdf>. - Заголовок з екрана.
8. «Звіт № XXX про комплексне екологічне наукове дослідження офісного приміщення». Звіт. [Електронні данні]. – Режим доступу <https://otava.ua/wp-content/uploads/2018/04/analyz-vozduha-v-ofyse-ymzmerenye-EMY-y-radyatsyy-1.pdf>.

[content/uploads/2018/04/analyz-vozduha-v-ofyse-](https://otava.ua/wp-content/uploads/2018/04/analyz-vozduha-v-ofyse-ymzmerenye-EMY-y-radyatsyy-1.pdf)

[ymzmerenye-EMY-y-radyatsyy-1.pdf](https://otava.ua/wp-content/uploads/2018/04/analyz-vozduha-v-ofyse-ymzmerenye-EMY-y-radyatsyy-1.pdf). - Заголовок з екрана.

### References

1. European Commission. Possible Effects of Electromagnetic Fields (EMF) on Human Health. Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR). Research. [Electronic data]. - Access mode <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18453044/> - Title from the screen.
2. "Szuba M., Dołowy K., Duszyński J., Power Lines and Substations in the Human Environment." <http://www.kielcepiaskiradkowice.pl/pliki/informator.pdf> - Title from the screen.
3. "Selected aspects of testing of automatic synchronizers of power generators in real time". Research. [Electronic data]. - [https://www.researchgate.net/publication/291845359\\_Selected\\_aspects\\_of\\_testing\\_of\\_automatic\\_synchronizers\\_of\\_power\\_generators\\_in\\_the\\_real\\_time](https://www.researchgate.net/publication/291845359_Selected_aspects_of_testing_of_automatic_synchronizers_of_power_generators_in_the_real_time) - Title from the screen.
4. "Токовые характеристики неоднородных проводящих микроструктур интегральных микросхем при воздействии электромагнитных полей". <https://cyberleninka.ru/article/n/tokovye-harakteristiki-neodnorodnyh-provodyaschih-mikrostruktur-integralnyh-mikroschem-pri-vozdeystvii-elektromagnitnyh-poley/viewer> - Title from the screen.
5. " Воздействие импульсных электромагнитных полей на интегральные микросхемы памяти." Research. [Electronic data]. - Access mode <https://cyberleninka.ru/article/n/mehanizmy-vozdeystviya-elektromagnitnyh-poley-na-integralnye-mikroschemy/viewer> - Title from the screen.
6. " Протокол измерения полей и излучений ". Measurement protocol. [Electronic data]. - Access mode [admseljag.ru/tinybrowser/files/protokoly/emp\\_obschaya.doc](https://admseljag.ru/tinybrowser/files/protokoly/emp_obschaya.doc) - Title from the screen.
7. " Измерение электромагнитных полей ПЭВМ. Защита от электромагнитных излучений ". Methodical instructions. [Electronic data]. - Access mode <https://ivgpu.com/images/docs/ob-universitete/instituty-fakultety-kafedry/ti/fakultety-kafedry/fttiim/tb/publikatsii/ismerenie-polej.pdf>. - Title from the screen.
8. " Звіт № XXX про комплексне екологічне наукове дослідження офісного приміщення " Report. [Electronic data]. - Access mode <https://otava.ua/wp-content/uploads/2018/04/analyz-vozduha-v-ofyse-ymzmerenye-EMY-y-radyatsyy-1.pdf>. - Title from the screen.

**Riasky A.V.**, master,  
e-mail: **pr.muly@gmail.com**  
Odessa National Polytechnic University  
Shevchenko av, 1, Odessa, 65044, Ukraine  
**Stypen P.V.**, Ph.D., Associate Professor of Computer  
Systems  
e-mail: **stek2000@gmail.com**

#### **STUDY OF THE INFLUENCE AND BACKGROUND OF RADIO EMISSION**

*The level of radio emission in the apartment is considered and investigated in the work, from the point of view of influence of radio waves on correct work of electric devices.*

*The study presents the results of measuring the level of the radio in the living space at different times.*

*To achieve this goal, the features of measuring the electromagnetic field in the area of radio emission, the limit values of resistance to radio emission of integrated circuits and acquaintance with technical sources are determined.*

*The result of the study is a successful conclusion about the radio in the living room and its impact on integrated circuits. Eye indicators in the form of diagrams were created, which show the dependence of radiation power on the load of electrical devices on the radio. Recommendations were made for further research in this area.*

*Key words: radio emission, radiophone, electromagnetic field, measurements, integrated circuits, electrical appliances.*