

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
КІБЕРБЕЗПЕКИ ТА ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ
КАФЕДРА ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ КІБЕРЗАХИСТУ**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Оцінка ефективності застосування технічного засобу захисту інформації для
блокування технічного каналу»

на здобуття освітнього ступеня магістра
зі спеціальності 125 Кібербезпека та захист інформації»
(код, найменування спеціальності)
освітньо-професійної програми Технічні системи інформаційного та кібернетичного захисту

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело*

_____ Дмитро ЮРЧЕНКО

Виконав: здобувач вищої освіти групи СЗДМ 61
Дмитро ЮРЧЕНКО

Керівник: _____
к.т.н., доцент (Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент: _____
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Київ 2025

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
КІБЕРБЕЗПЕКИ ТА ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ**

Кафедра Технічних систем кіберзахисту
 Ступінь вищої освіти магістр
 Спеціальність Кібербезпека та захист інформації
 Освітньо-професійна програма Технічні системи інформаційного та кібернетичного захисту

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТСКБ

Олександр ТУРОВСЬКИЙ

« » 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Юрченку Дмитру Дмитровичу

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема кваліфікаційної роботи:

«Оцінка ефективності застосування технічного засобу захисту інформації для блокування технічного каналу»

керівник кваліфікаційної роботи Юрій ПЕПА, к.т.н., доцент

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій
 від « 15 » жовтня 2024 р. № 320

2. Строк подання кваліфікаційної роботи

20.12.2024 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:

Інформаційна безпека матеріально-речового каналу

Технічні засоби охорони як інструмент протидії витоку інформації матеріально-речовим каналом

Захист інформації від витоку матеріально-речовим каналом

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Узагальнена модель засобів фіксації мовної інформації

2. Методи протидії несанкціонованому запису мови

3. Методи оцінки ефективності протидії несанкціонованому запису на диктофон

5. Перелік графічного матеріалу: Презентаційний матеріал на 14 слайдах

6. Дата видачі завдання

20.10.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Підбір науково-технічної літератури		
2	Написання першого розділу роботи		
3	Написання другого розділу роботи		
4	Написання третього розділу роботи		
5	Написання висновків по роботі		
6	Підготовка презентаційних матеріалів		
7	Підготовка доповіді		

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Дмитро ЮРЧЕНКО

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

(підпис)

Юрій ПЕПА

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка атестаційної роботи: 72 с., 34 рис., 6 табл., 15 джерел.

Об'єкт дослідження – придушення диктофонів.

Мета роботи – дослідження методів і засобів протидії несанкціонованого запису мови на диктофон.

Метод дослідження – експертна оцінка і порівняльна із застосуванням електронно-обчислювальної машини і засоби спектрального аналізу в режимі реального часу (програма SpectraPlus).

При виконанні атестаційної роботи проведено опис структури диктофона і його основних характеристик з виявленням його вразливостей. На основі виявлених вразливостей сформульовані різні підходи протидії запису мови на диктофон. Також було проведено дослідження ультразвукового пригнічувача диктофонів USPD на різних смартфонах з метою виявлення його переваг і недоліків. Наведено результати інших методів і засобів протидії, а також їх порівняльний аналіз.

Результати можливо використовувати для подальшого застосування різних методів і засобів захисту від несанкціонованого запису мови на диктофон під час проведення різних конференцій і переговорів.

Апробація:

В.А. Разваляєв, Д.Д. Юрченко. Захист даних відеоспостереження від несанкціонованого доступу. *Всеукраїнської науково-практичної конференція: Актуальні проблеми безпеки інформаційно-телекомунікаційних систем.* м. Київ, 03 листопада 2024 року, Київ: РВЦ ДУІКТ. – 024. С.35 - 36.
https://duikt.edu.ua/uploads/p_2661_93669247.pdf.

ДИКТОФОН, МЕТОДИ ПРОТИДІЇ, ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ, ТЕХНІЧНИЙ ЗАХИСТ, КАНАЛ ВИТОКУ ІНФОРМАЦІЇ.

ABSTRACT

Explanatory note of the performance appraisal: 72 p., 34 fig., 6 table, 15 sources.

The object of study - the suppression of dictaphone.

The purpose of the work is to study methods and means of countering unauthorized recording of speech on a dictaphone.

Research method - expert assessment and comparative assessment using an electronic computer and spectral analysis tools in real time (SpectraPlus program).

When performing the attestation work, a description of the structure of the dictaphone and its main characteristics was carried out, with the identification of its vulnerabilities. Based on the identified vulnerabilities, various approaches have been formulated to counteract voice recording. A study was also conducted of the USPD ultrasonic jammer of voice recorders on various smartphones in order to identify its advantages and disadvantages. The results of other methods and means of counteraction are presented, as well as their comparative analysis.

The results can be used for further application of various methods and means of protection against unauthorized recording of speech on a dictaphone during various conferences and negotiations.

VOICE RECORDER, METHODS OF PROTECTION, PROTECTION OF INFORMATION, TECHNICAL PROTECTION, CHANNEL OF INFORMATION LEAKAGE.

ЗМІСТ

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	10
ВСТУП	11
1. УЗАГАЛЬНЕНА МОДЕЛЬ ЗАСОБІВ ФІКСАЦІЇ МОВНОЇ ІНФОРМАЦІЇ	13
1.1 Сучасні пристрої фіксації мовної інформації	13
1.2 Структура побудови засобів фіксації мовної інформації	21
1.3 Вразливості диктофонів.....	21
1.4 Класифікація методів і засобів протидії несанкціонованого запису мови....	22
1.5 Висновки по розділу	
2. МЕТОДИ ПРОТИДІЇ НЕСАНКЦІОНОВАНОМУ ЗАПISУ МОВИ.....	24
2.1 Методи виявлення диктофонів	24
2.2 Акустичний метод протидії несанкціонованому запису мови на диктофон	28
2.3 Електромагнітний метод протидії несанкціонованому запису мови на диктофон	32
2.4 Ультразвуковий метод протидії несанкціонованому запису мови на диктофон	34
2.6 Висновки по розділу	
3 МЕТОДИ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОТИДІЇ НЕСАНКЦІОНОВАНОМУ ЗАПISУ НА ДИКТОФОН	39
3.1 Оцінка ефективності протидії несанкціонованому запису на диктофон	
3.2 Експериментальні дослідження та порівняльний аналіз методів і засобів протидії несанкціонованому запису мовної інформації	42
3.3. Висновки по розділу	
ВИСНОВКИ.....	58
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	60
ДОДАТОК А. ГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ.....	62

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АРП – автоматичне регулювання підсилення

АЦП – аналого-цифровий перетворювач

ГВ – головка відтворення

ГЗ – головка запису

ГС – головка стирання

ГСП – генератор стирання і підмагнічування

ЕРС – електрорушійна сила

ЭМ – електромагнітне

НВЧ – надвисокі частоти

ОС – операційна система

ПВ – підсилювач відтворення

ПЗ – підсилювач запису

ПК – персональний комп'ютер

УЗК – ультразвукові коливання

CF – Compact Flash

DAT – Digital Audio Tape

DSS – Digital Speech Standard

ECM – Electret Condenser Microphone

LP – Long Play

MEMS – Micro Electro Mechanical Systems

MP3 – MPEG Layer3

SD – Secure Digital Memory Card

SDHC – Secure Digital High Capacity

SP – Standard Play

TRS – Tip Ring Sleeve

WMA – Windows Media Audio

XLR – X Latched Resilient polychloroprene

ВСТУП

По суті своїй витік інформації – це неконтрольоване поширення інформації за межі організації, приміщення, будівлі, будь-якої території, а також певного кола осіб, які мають доступ до цієї інформації. У разі виявлення витоку важливо своєчасно її ліквідувати, але найкраще заздалегідь вжити превентивних заходів щодо захисту інформації з обмеженим доступом.

Канал витоку інформації - це шлях інформації, який вона може пройти від джерела інформації до приймача/одержувача в процесі випадкового витоку або цілеспрямованого несанкціонованого отримання закритої інформації (технічний канал витоку – це сукупність носіїв інформації, середі розповсюдження і технічних засобів розвідки). Якщо заходи щодо захисту інформації не були прийняті заздалегідь, то можуть бути задіяні будь-які канали витоку. Якщо ж захист інформації передбачений – то буде задіяний найбільш незахищений канал.

У природі існують тільки чотири засоби перенесення інформації - це світлові промені, звукові хвилі, електромагнітні хвилі, а також матеріальні носії (папір, фото, магнітні носії і так далі).

Безпосередньо сама людина може стати ініціатором (навмисним або випадковим) витоку інформації, використовуючи одне або кілька вищеназваних засобів перенесення інформації. Тому роботу деяких систем необхідно контролювати, щоб, з одного боку, забезпечити безпечну, надійну і точну передачу інформації, а з іншого, захистити її від незаконного доступу. І якщо канал належним чином не захищений, і передача інформації з вихідної точки в іншу відбувається без відома джерела, то такий канал можна називати каналом витоку інформації.

Фахівці виділяють чотири каналів витоку інформації:

- візуально-оптичні канали витоку інформації;
- акустичні канали витоку інформації;

електромагнітні канали витоку інформації (або канали витоку інформації по ПЕМВН);

- матеріально-речові канали витоку інформації.

У цій атестаційній роботі буде розглянутий акустичний канал витоку інформації, а саме протидії несанкціонованого запису мови на диктофон.

Розділ 1.

УЗАГАЛЬНЕНА МОДЕЛЬ ЗАСОБІВ ФІКСАЦІЇ МОВНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

1.1 Сучасні пристрої фіксації мовної інформації

Сьогодні важливим завданням є забезпечення захисту інформації з обмеженим доступом в мовній формі. Сучасні технології дозволяють проносити в приміщення для проведення переговорів диктофони так, щоб виявити їх не представлялося можливим. Це обумовлено мініатюризацією пристроїв, їх використання в засобах мобільного зв'язку. Саме диктофони, найчастіше, стають каналом витоку мовної інформації, тому важливим завданням є створення перешкод для їх роботи під час проведення важливих заходів.

Диктофони являють собою пристрої, призначені для запису аудіо інформації. Їх часто застосовують для несанкціонованого запису інформації (співбесіди, переговори, закриті захід і тому подібне) що в свою чергу може суперечити розпорядженням на підприємстві або організації і може призвести до серйозних збиткам для її власника.

Зараз дуже багато варіацій типів диктофонів:

- професійні диктофони;
- професійні диктофони, замасковані під різні прилади (годинник, ковпачки від ручок),
- звичайні електронні прилади з функцією диктофона, такі як планшети, телефони, смарт часи і тому подібне.

Швидкий розвиток інформаційних технологій і мікромініатюризація технічних засобів, зокрема мобільних засобів бездротового зв'язку, сприяє, з одного боку, розширення їх функціональних можливостей, а, з іншого боку, до витоку конфіденційної інформації. Наприклад, наявність цифрових диктофонів в стільникових телефонах дозволяють використовувати їх в якості електронних пристроїв негласного отримання інформації, що забезпечують запис конфіденційної інформації з подальшою передачею по радіоканалу.

Слід зазначити що до початку 20 року в світі активних смартфонів було понад 6 мільярдів одиниць.

Внаслідок цього захист мовної інформації від запису на диктофон є одним з найважливіших завдань в загальному комплексі заходів щодо забезпечення інформаційної безпеки підприємства.

Основні характеристики диктофонів:

Запис стерео – тип і кількість вбудованих мікрофонів визначає режим (кількість каналів), в якому диктофон записує звук:

- Моно. Найпростіший варіант: один мікрофон, що записує звук у форматі моно, тобто без поділу на лівий і правий канал.

- Стерео. В цьому випадку зазвичай використовується пара мікрофонів, рознесених по сторонам корпусу; звук записується в стеріоформаті, а об'ємність звучання досягається завдяки різниці в звуці, що доходить до «лівого» і до «правого» мікрофона.

ЖК-дисплей – наявність в цифровому диктофоні рідкокристалічного дисплея. Екран, на якому відображається інформація, що дозволяє контролювати роботу диктофона.

Формати відтворення – можливість відтворення файлів в різних форматах (MP3, WMA, WAV, DSS, АСТ і тому подібне).

Тип пам'яті – одним з найважливіших параметрів диктофона є пам'ять, оскільки від неї залежить обсяг записаної інформації:

- диктофон із вбудованою пам'яттю не дозволяє збільшувати її обсяг в процесі експлуатації. При заповненні пам'яті всі записи слід або видалити, або перенести на диск. Найчастіше такий тип пам'яті використовують аналогові диктофони. Якщо диктофон буде використовуватися нечасто, то обсягу вбудованої пам'яті цілком може вистачити;

- диктофон зі слотом для флеш-карт вимагає додаткового придбання карти пам'яті. Основні формати використовуваних карт: Compact Flash, Secure Digital (SD), Memory Stick, Micro SD. Перевага таких диктофонів в тому, що в будь-який

момент можна поміняти карту пам'яті, якщо вона заповниться, і підключити запасну;

- диктофон, який має і вбудовану пам'ять, і слот для флеш-карт.

Другий і третій тип відноситься до цифрових диктофонів.

Тип карти пам'яті – є кілька типів карт пам'яті.

SD – один з найбільш поширених сучасних форматів, широко застосовується в аудіо-, відео-, комп'ютерної техніки та інших; практично будь-який сучасний ноутбук має картрідер під SD. Однак габарити таких карт (32x24 мм) щодо великі для портативної техніки, а тому в диктофонах вони використовуються порівняно рідко. Як правило, в диктофонах використовується оригінальна версія стандарту SD: обсягу таких карт (до 32 Гб) цілком достатньо для запису звуку.

miniSD – трохи зменшена (до 22x20 мм) варіація стандарту SD, в іншому повністю ідентична йому.

microSD – найбільш компактний на сьогоднішній день варіант карт пам'яті SD, мають розмір 15x11 мм і обсяг до 16 Гб. Завдяки невеликим розмірам набули широкого поширення в портативній електроніці.

microSDHC – друге покоління стандарту microSD; характеризується підвищеною місткістю, що досягає 32 Гб. У диктофоні (і взагалі будь-якому картрідері) під карти microSDHC можна використовувати і звичайні карти microSD, а ось навпаки зробити неможливо - картка не прочитає.

CompactFlash (далі CF) – один з перших стандартів карт пам'яті, до сих пір використовується завдяки пристойній швидкості обміну даними і значним обсягам (до 128 Гб).

MemoryStick – власний стандарт, розроблений компанією Sony і застосовується переважно в її пристроях. Має цілий ряд варіацій, що відрізняються за габаритами, обсягом і сумісності.

xD-Picture – карти, спочатку створені Olympus і Fujifilm для своїх цифрових пристроїв. Перевагами таких карт є висока надійність і компактність

(20x25 мм), недоліками - висока вартість відносно інших варіацій на ринку і дуже невеликі обсяги (до 4 ГБ).

Об'єм вбудованої пам'яті – об'єм вбудованої пам'яті дозволяє зберігати дані на пристрої. Чим більше обсяг пам'яті, тим більше звукової інформації ви зможете записати на диктофон, але тим вище його вартість. Більшість моделей мають вбудовану пам'ять приблизно 512 МБ, однак зустрічаються пристрої і з пам'яттю 2-8 ГБ.

Максимальний об'єм карти пам'яті – граничний заявлений обсяг флеш-накопичувача, можливого для підключення, при використанні якого виробник гарантує коректну роботу пристрою.

Максимальний час запису – максимальний час запису на диктофон - від півгодини до 36 годин (все залежить від формату запису та пам'яті диктофона). У касетних (аналогових) диктофонів зазвичай існують два режими запису: SP (Standart Play) і LP (Long Play). Режим LP дозволяє записувати на касету в два рази більше інформації, ніж в режимі SP. Слід зазначити, що під час запису в режимі LP якість запису кілька погіршується. У цифрових диктофонах все залежить від формату запису та бітрейта (кількість біт, що використовуються для передачі / обробки даних в одиницю часу).

Формат запису – формат, в якому можливо проводити запис на цифровому диктофоні:

- MP3. Найпоширеніший на сьогоднішній день формат цифрового звуку, підтримується абсолютною більшістю цифрових аудіопристроїв незалежно від розміру. Забезпечує середню якість стиснення і середня якість звучання.

- WMA. Формат, розроблений компанією Microsoft. По можливостях стиснення даних перевершує MP3, забезпечуючи гарну якість при низькому бітрейті і, як наслідок, невеликому розмірі файлу, однак менш популярний, зокрема, через чутливість до помилок в файлі. У той же час вельми часто зустрічається в цифровій аудіотехніці, без проблем відтворюється на комп'ютерах (є штатним аудіоформатом у ОС Windows).

- WAV. Забезпечує найкращу якість звуку, однак і місця на пам'яті такі файли, як правило, займають значно більше, ніж у вищезгаданих форматах. Також без проблем відтворюється на персональному комп'ютері.

- Власний. Деякі моделі диктофонів записують аудіо у власному форматі, відмінному від поширених стандартів. Технічно власний формат може забезпечити гарне співвідношення якості запису до розміру файлу, однак з прослуховуванням таких матеріалів часто виникають незручності: їх потрібно або слухати на самому диктофоні, або встановлювати на комп'ютер спеціальний плеєр або кодеки, або конвертувати в один з «загальнозрозумілих» форматів з можливою втратою якості.

Кількість папок – кількість директорій для запису повідомлень в цифровому диктофоні.

Запис за таймером – можливість зробити запис за таймером, попередньо поставивши час початку запису.

Режим за кільцюваного запису – режим працює аналогічно запису на кільце магнітної стрічки в магнітофоні. Режим за кільцюваної записи зручно використовувати під час запису телефонних розмов.

Функція активації по голосу – дозволяє робити запис тільки під час надходження сигналу. Ця функція передбачена для економії витрати стрічки або місця на карті пам'яті.

Вихід на навушники – можливість прослуховування записів через навушники.

На рис. 1.1 показані різні види TRS аудіороз'ємів.

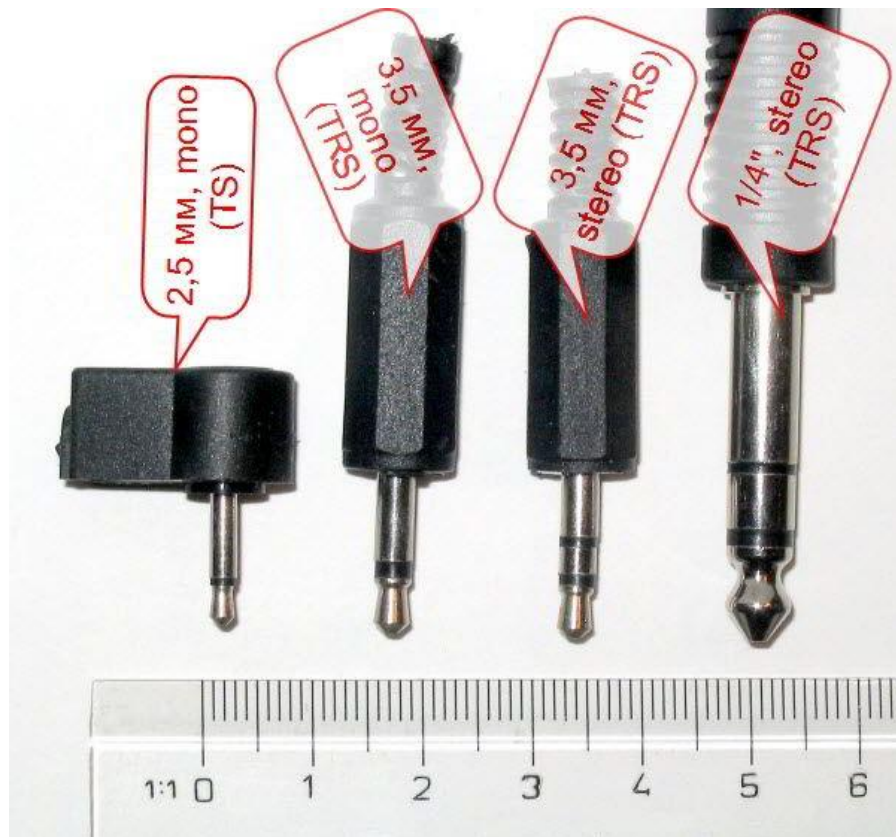


Рисунок 1.1 – Різні види TRS роз'ємів: зліва направо: 2.5 мм моно micro-jack; 3.5 мм моно mini-jack; 3.5мм стерео mini-jack і 6.3 мм стерео jack

На рис. 1.2 показані аудіороз'єми сучасних смартфона та БЗЗ плеєра.



Рисунок 1.2 – Вхід 3.5 мм TRS (mini-jack) у смартфона (ліворуч) і у MP3-плеєра (праворуч)

Інтерфейси – головний інтерфейс диктофона - наявність USB (входу або виходу) для підключення до комп'ютера (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Різні входи USB роз'ємів: зліва направо: micro USB; mini USB; USB

На рис. 1.4 приведено зовнішній вигляд USB роз'єму для підключення до ПК.



Рисунок 1.4 – Винесений USB для підключення до ПК безпосередньо

Після перенесення файлів з диктофона на персональний комп'ютер Ви легко зможете їх прослуховувати, систематизувати і редагувати.

Вхід мікрофонний – наявність роз'єму для підключення зовнішнього мікрофона.

На рис. 1.5 показані інтерфейси для підключення мікрофонів.



Рисунок 1.5 – Ліворуч: XLR гніздо для підключення зовнішнього мікрофона;
праворуч: 3.5 мм TRS мікрофонний mini-jack

Тривалість роботи – час, протягом якого диктофон може працювати від повністю зарядженого акумулятора (або від однієї зміни батарейок до іншої). Найчастіше від 30 хвилин до 5-6 годин.

Матеріал корпусу – матеріал, з якого виготовлений корпус диктофона. Як правило, це пластик або метал (екрановані корпуси), зустрічаються комбіновані варіанти.

Також існують спеціальні професійні диктофони які передбачають протидію методам і засобам несанкціонованого запису.

Наприклад, диктофони з металевими корпусами які знижують дію радіоперешкод. Вони також в свою чергу поділяються на слабо екрановані і з підвищеною екранізацією.

Або ж на диктофон може бути встановлено спеціальні зовнішні фільтри від захисту від різних акустичних перешкод (дихання людини, захист від вітру і т.п).

1.2 Структура побудови засобів фіксації мовної інформації

Кожен диктофон має у своїй структурі: мікрофон, мікрофонний підсилювач та автоматичне регулювання підсилення.

Мікрофон – прилад, що перетворює звукові коливання на коливання сили електричного струму.

Мікрофонний підсилювач – це такий вид підсилювача, призначення якого посилення слабкого сигналу до величини лінійного рівня (порядку 0,5-1,5 Вольт), тобто до прийнятної величини, при якій працюють звичайні підсилювачі звукової потужності.

Автоматичне регулювання підсилення – система, яка автоматично змінює підсилення приймача електричних коливань при зміні напруги сигналу на його вході. Вона вирівнює звучання за рахунок посилення тихих і запис без спотворення дуже гучних звуків, забезпечуючи тим самим чіткий і якісний запис навіть у складній акустичній обстановці.

За своєю структурою диктофони (рис. 2.1) можуть бути розділені на дві групи: що мають в своїй конструкції електродвигун і мають мікросхеми пам'яті для запису інформації.

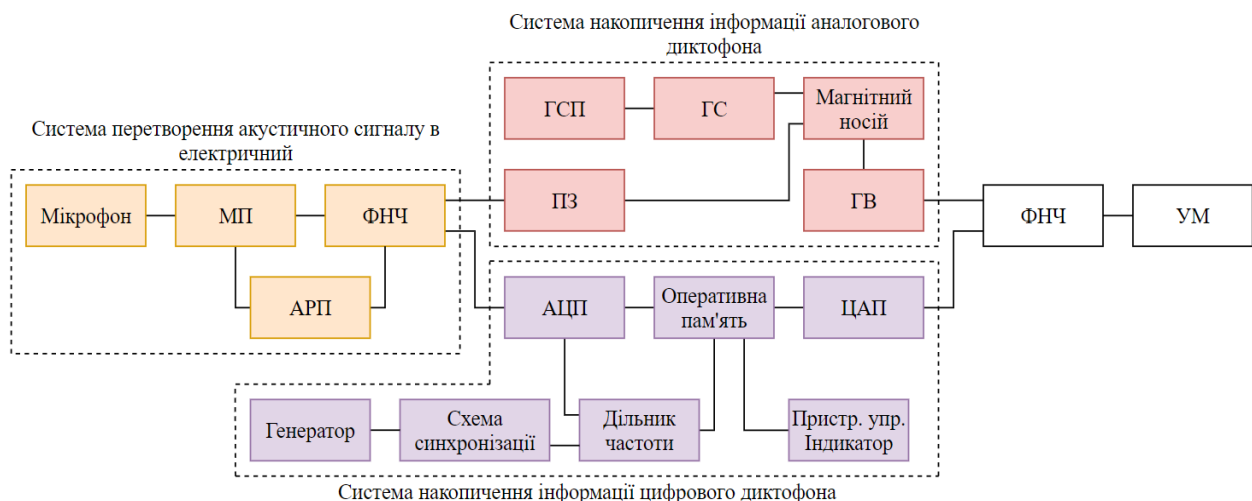


Рисунок 2.1 – Узагальнена схема диктофона

До першої групи належать аналогові диктофони побудовані на принципі запису електричних сигналів на магнітну стрічку, до другої – цифрові, побудовані на принципі запису електричних сигналів в кристал мікросхеми пам'яті в цифровому вигляді [1].

Цифрові диктофони

Дана група диктофонів побудована на принципі записи в кристал мікросхеми пам'яті електричних сигналів в цифровому вигляді. Причому може використовуватися незалежна пам'ять (флеш-пам'ять) або рідше динамічна або статична пам'ять, що вимагає постійно підключеного до диктофону джерела живлення. Конструктивно "цифрові" диктофони можуть бути виконані в двох варіантах:

- функція диктофона є основною;
- функція диктофона є додатковою.

До другої підгрупи належать пристрої:

- а) моделі стільникових телефонів;
- б) електронні планшети;
- с) різні «смарт» пристрої (годинник, фітнес браслети, МРЗ-плеєри), що мають мікрофон.

АЦП – посилений сигнал надходить на АЦП де перетвориться за сигналами від тактового генератора в кодові відліки за рівнем, представлені в двійковому коді. Кодові відліки поступають в енергонезалежну пам'ять, де за допомогою контролера записи/читання відбувається їх запис. Контролер записи/читання формує необхідні сигнали для запису і читання з незалежної пам'яті. У свою чергу, він отримує керуючі сигнали від блоку індикації і управління.

ЦАП – при відтворенні голоси відбувається вибірка кодових відліків з незалежної пам'яті і подача їх на ЦАП, де і відбувається їх перетворення в аналоговий сигнал.

Аналогові диктофони

До аналогової групи належать такі апарати:

1. Побудовані на принципі запису електричних сигналів на магнітну стрічку в аналоговому вигляді і мають на увазі наявність механізму протягування стрічки, плюс не мають генератора стирання і підмагнічування (ГСП);

2. Побудовані на принципі запису електричних сигналів на магнітну стрічку в аналоговому вигляді і мають на увазі наявність механізму протягування стрічки, але мають ГСП;

3. Побудовані на принципі запису електричних сигналів на магнітну стрічку в цифровому вигляді на DAT-касету і мають більш складний механізм протягування стрічки, аналогічний механізму відеомагнітофона;

4. Побудовані на принципі запису електричних сигналів на магнітний або оптичний дисковий носій в цифровому вигляді, але також мають електродвигун.

Записуються електричні сигнали зі входу через підсилювач записи ПЗ надходять в обмотку головки запису ГЗ і створюють в її осерді магнітний потік. В осерді головки відтворення ГВ, з яким стикається рухається магнітна фонограма, збуджується магнітний потік. Зміни потоку створюють ЕРС в її обмотці. Вона підводиться до підсилювача відтворення ПВ. Стирання непотрібного запису здійснюється головкою стирання ГС, що живиться струмом високої частоти від генератора стирання і підмагнічування ГСП. Останній служить також для підмагнічування стрічки з метою лінеаризації процесу запису.

3 УЗАГАЛЬНЕНА МОДЕЛЬ ЗАСОБІВ ФІКСАЦІЇ МОВНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

3.1 Вразливості диктофонів

Розглянемо основні недоліки і вразливості диктофонів (рис. 3.1).

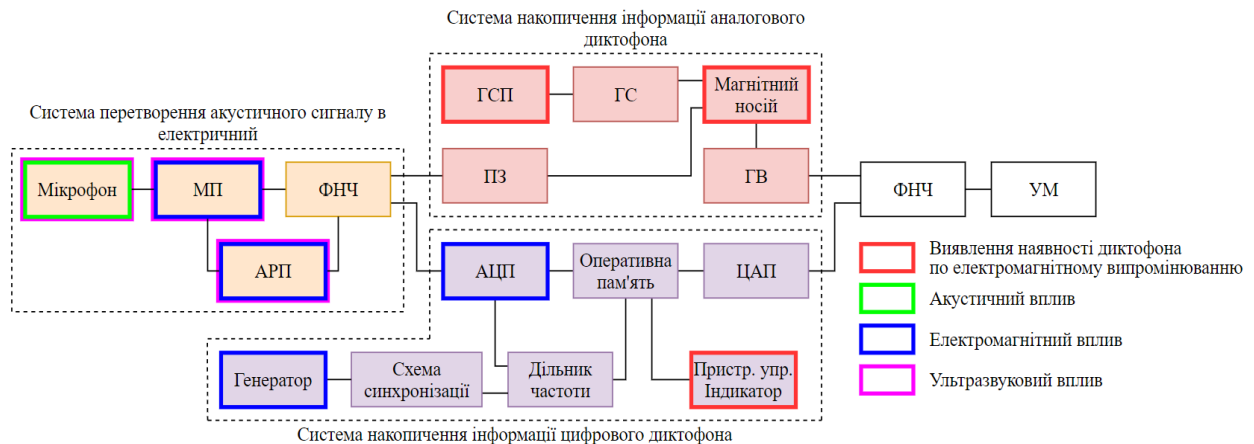


Рисунок 3.1 – Вразливості диктофона

Для різних диктофонів, як і у інших електронних приладів є свої уразливості, за допомогою яких можна їх виявляти або придушити.

На диктофон можливий вплив:

- через кола мікрофона по акустичним і ультразвуковим каналам;
- через електромагнітне поле;
- через демаскуючі сигнальні ознаки диктофона.

Мікрофон і мікрофонний підсилювач з логарифмічною характеристикою або з автоматичним регулюванням посилення (АРП) є вразливістю для всіх типів диктофонів, так як на мікрофон можна впливати як в мовному діапазоні, так і в ультразвуковому діапазоні. Мікрофонний підсилювач працює з частками мілівольтів, і перешкода більш потужного сигналу давить корисний сигнал.

Для цифрових диктофонів вразливістю є аналого-цифровий перетворювач, так як АЦП потрібна синхронізація і виведення з ладу генератора синхронізації електромагнітною перешкодою виведе з ладу і АЦП, а також АЦП не може працювати з перешкодою рівній рівню корисного сигналу.

Демаскуючі ознаки:

- для аналогових диктофонів джерелом найбільшого випромінювання за допомогою якого можна виявити пристрій є електродвигун і головка стирання і підмагнічування;

- для цифрових диктофонів - рідкокристалічні дисплеї або індикатори (чим більше дисплей, тим більше випромінювання), а також якщо в диктофоні присутні підключений виносний мікрофон або пульт дистанційного керування (в даному випадку з'єднувальний кабель є додатковим відносно потужним джерелом випромінювання).

3.2. Класифікація методів і засобів протидії несанкціонованого запису мови

Для протидії несанкціонованого запису на диктофон в даний час використовують два основні методи: виявлення і придушення диктофонів [2].

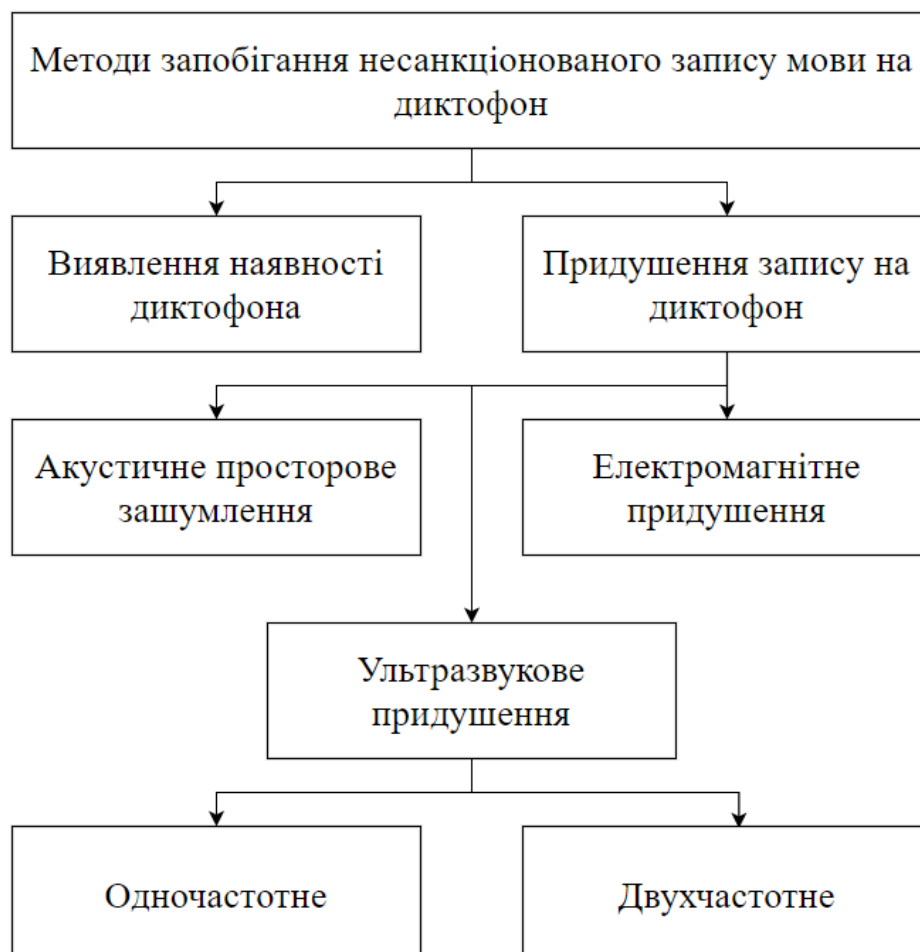


Рисунок 3.2 – Класифікація методів протидії записи на диктофон

Основні методи виявлення диктофонів розглянемо більш детально в наступному розділі.

4 МЕТОДИ ПРОТИДІЇ НЕСАНКЦІОНОВАНОМУ ЗАПИСУ МОВИ

4.1 Методи виявлення диктофонів

Виявлення сучасних диктофонів дуже складне завдання з точки зору радіоелектроніки так як потрібно реєструвати дуже слабе електромагнітне випромінювання від працюючого диктофона на фоні більш сильних перешкод від різних побутових приладів стоять в приміщенні і промислових перешкод [3].

На рис 4.1 та рис. 4.2 наведені частотні характеристики типового фонового випромінювання в умовах офісу. У низькочастотній частини (до 300 Гц) спостерігаються гармоніки, кратні частоті 50 Гц, а також спектральні складові від кадрової розгортки моніторів.

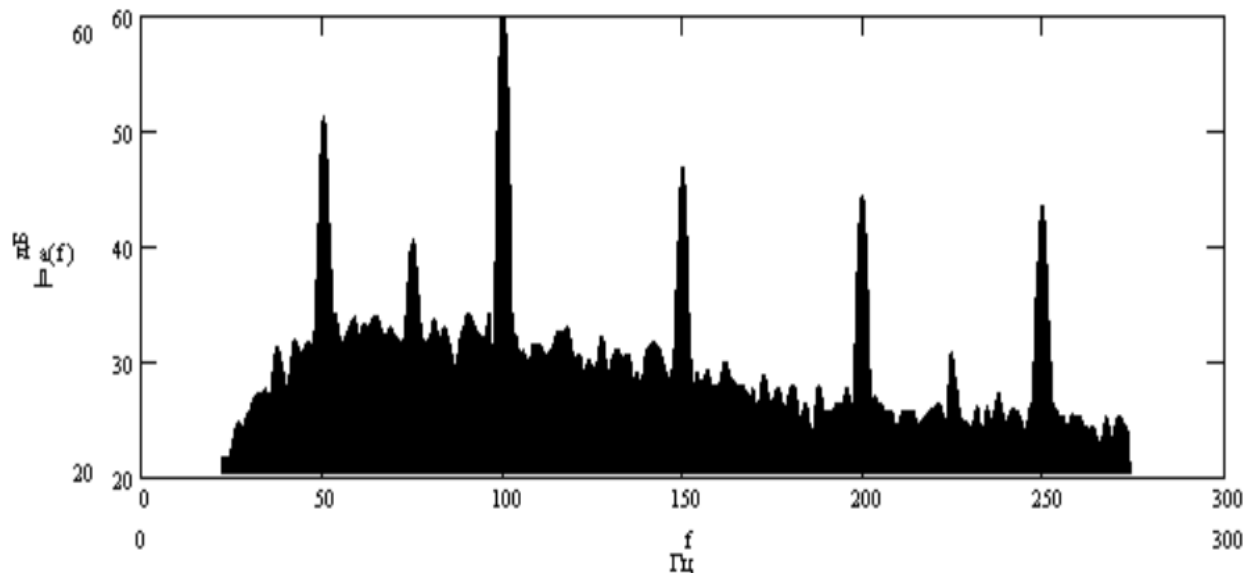


Рисунок 4.1 – Типова частотна характеристика фонового випромінювання в низькочастотному діапазоні

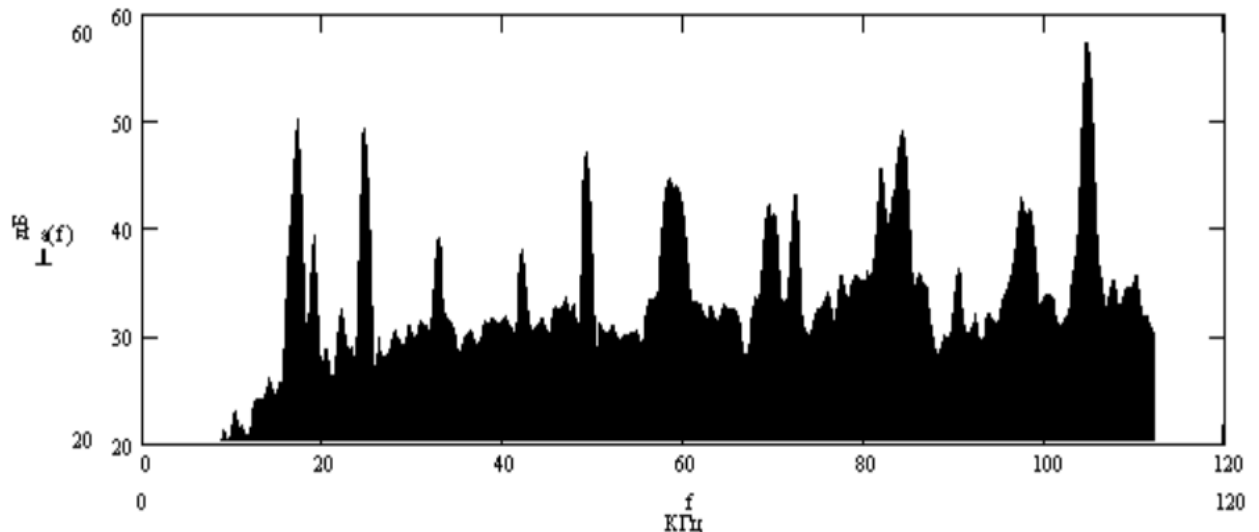


Рисунок 4.2 – Типова частотна характеристика фонового випромінювання в високочастотному діапазоні

У високочастотній частині (від 10 до 110 кГц) видно гармоніки від рядкової розгортки моніторів, телевізора і ноутбука. Причому перераховане обладнання знаходиться на відстані від 3-х до 10 метрів від магнітної антени.

Джерелом максимального випромінювання у аналогових диктофонів є електродвигун і ГСП (рис. 4.3). Форма сигналу від електродвигуна носить імпульсний характер (рис. 4.4) з основною гармонікою в діапазоні від 80 до 300 Гц. З меншими амплітудами в цей діапазон потрапляють інші гармонійні складові цього сигналу. Випромінювання від ГСП наближене до синусоїдального і знаходиться в межах від 20 до 60 кГц.

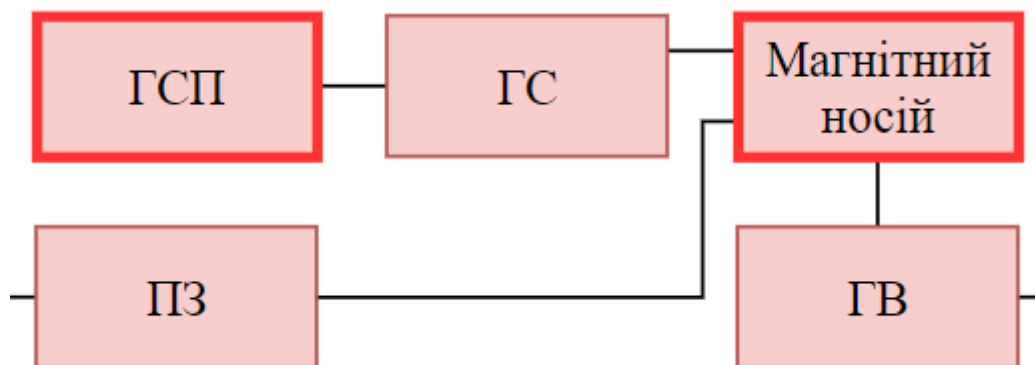


Рисунок 4.3 – Джерела випромінювання аналогових диктофонів

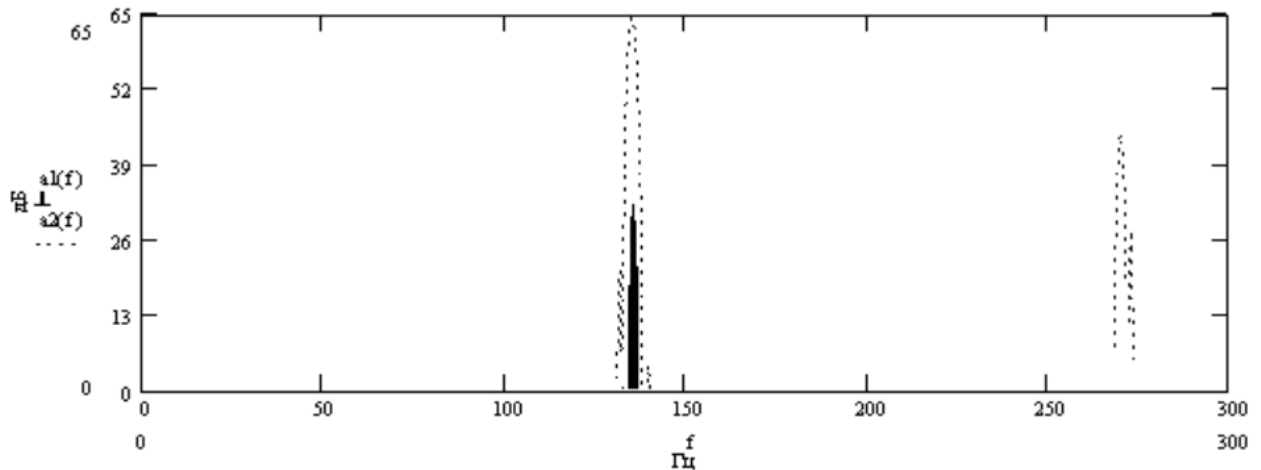


Рисунок 4.4 – Частотні характеристики випромінювання диктофона Olympus S724 на відстані 30 см (пунктирна лінія) і 90 см від магнітної антени при швидкості руху стрічки 1.2 см/сек

Для цифрових диктофонів максимальний рівень випромінювання лежить в діапазоні від 20 до 120 кГц. Джерелом максимального випромінювання є рідкокристалічні дисплеї і різні підключені аксесуари: виносний мікрофон, пульт дистанційного керування і так далі (рис. 4.5).

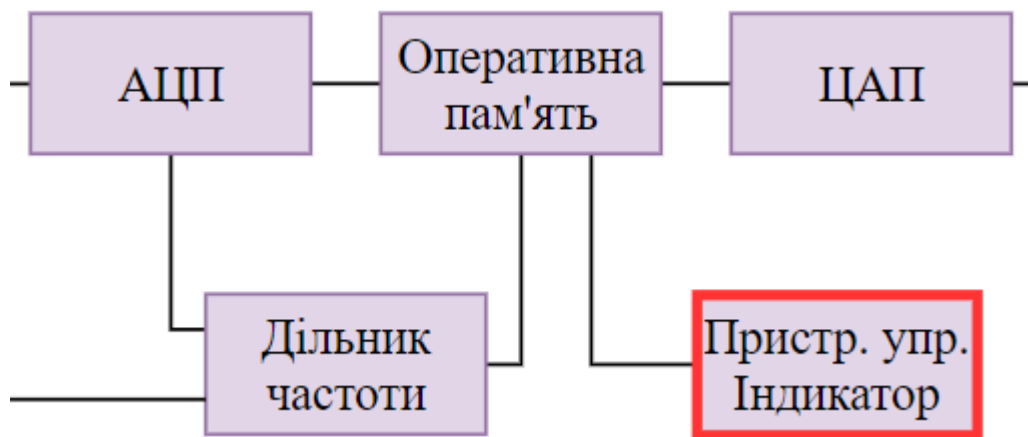


Рисунок 4.5 – Джерела випромінювання цифрових диктофонів

Форма сигналу випромінювання від рідкокристалічних дисплеїв показана на рис. 4.6.

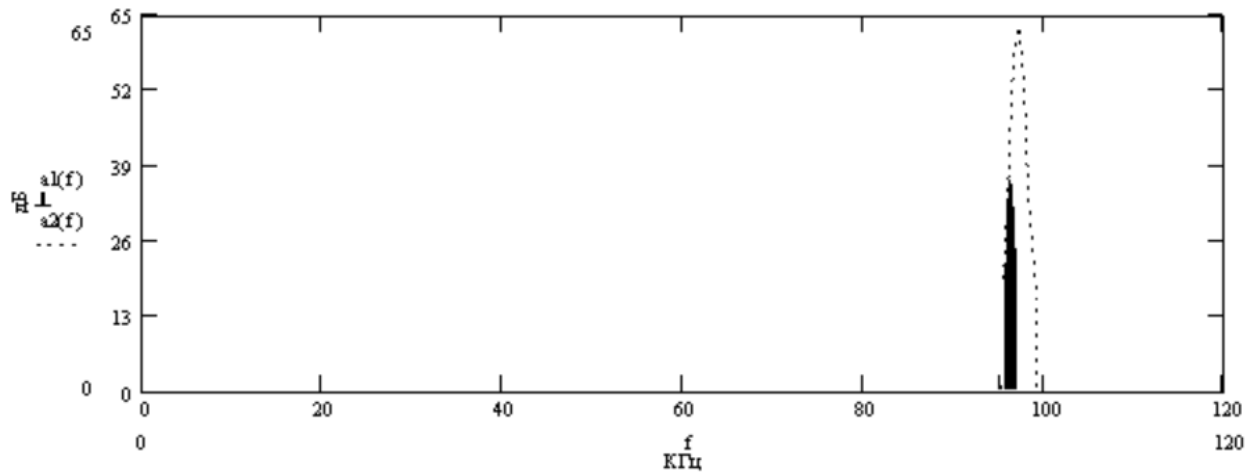


Рисунок 4.6 – Частотні характеристики випромінювання диктофона Olympus V-90 на відстані 40 см (пунктирна лінія) і 100 см від магнітної антени

Також існують «Диференціальні детектори (індикатори) полів» [4] [5]. Принцип дії такого детектора заснований на широкосмуговому детектуванні вхідних сигналів, що приймаються за двома ВЧ антенами. Сигнал, що приходить від джерела радіовипромінювання, що знаходиться в ближній зоні (наприклад, радіозакладки), наводить на антенах приладу напруги, що відрізняються за амплітудою. Ці два сигнали детектуються, віднімаються один з одного і підсилюються.

Сигнали ж, що приходять від віддалених радіопередавачів, наводять на антенах приладу напруги, однакові за амплітудою, і тому отриманий при відніманні сигнал малий.

Наближення подібного диференціального детектора поля до джерела, що знаходиться в ближній зоні, викликає клацання, частота яких пропорційна відстані до джерела.

Слід зазначити що ефективність виявлювачів диктофонів низька і тому цей метод знаходить застосування тільки в стаціонарних умовах.

Існують три методи протидії несанкціонованого запису на диктофон: акустичний, електромагнітний і ультразвуковий.

4.2 Акустичний метод протидії несанкціонованого запису мови на диктофон

Метод акустичного просторового зашумлення полягає в тому, що генератор, що входить до складу пригнічувача, виробляє перешкоду зі спектром якого перекриває мовної діапазон і випромінює її в напрямку можливого розташування записуючого пристрою.

У системах акустичного зашумлення використовуються шумові (білий (рис. 4.7), рожевий (рис. 4.8) і коричневий (рис. 4.9) шуми) і "мовоподібної" (шум з обвідної амплітудного спектра, подібної мовному сигналу) (близько 300-3500 Гц) перешкоди [6].

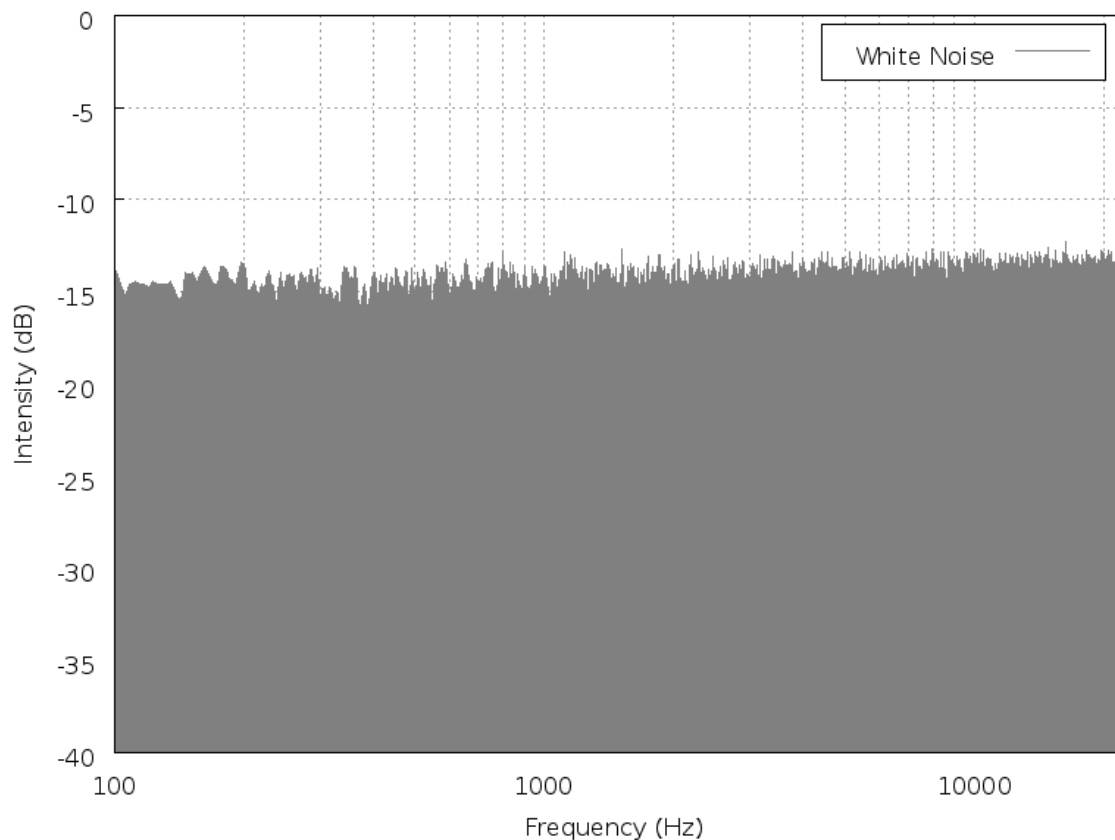


Рисунок 4.7 – Спектр білого шуму

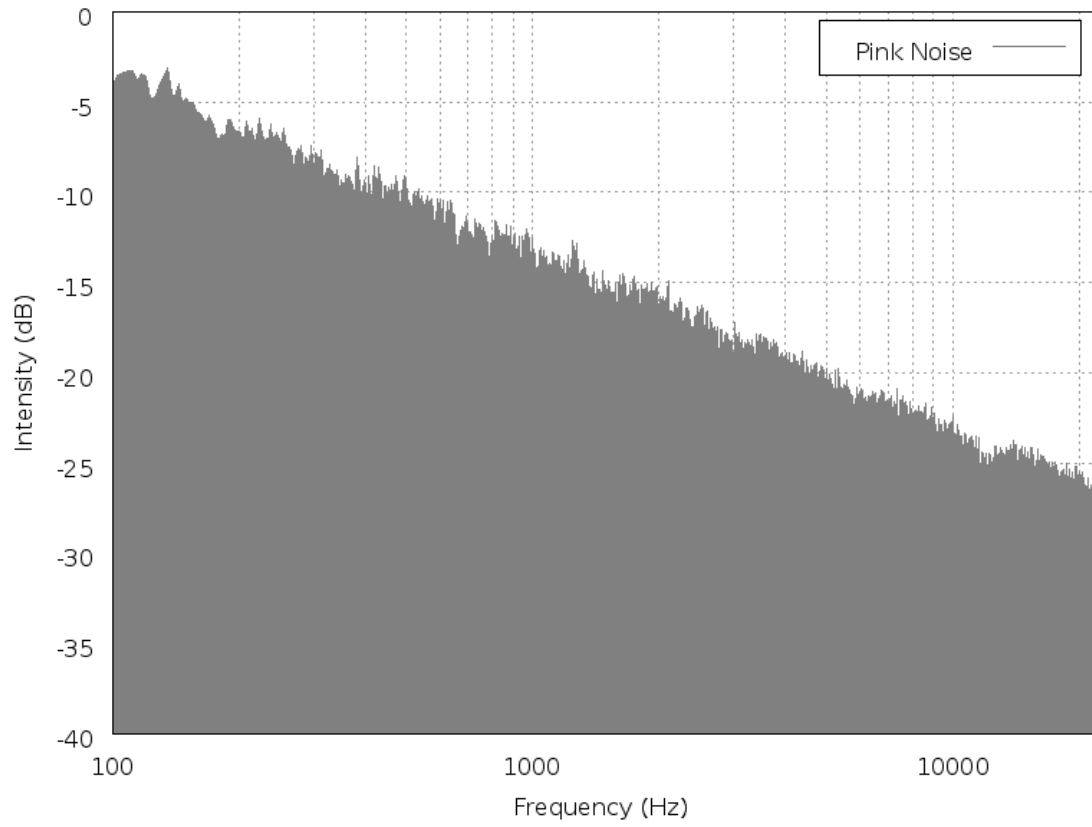


Рисунок 4.8 – Спектр розевого шуму

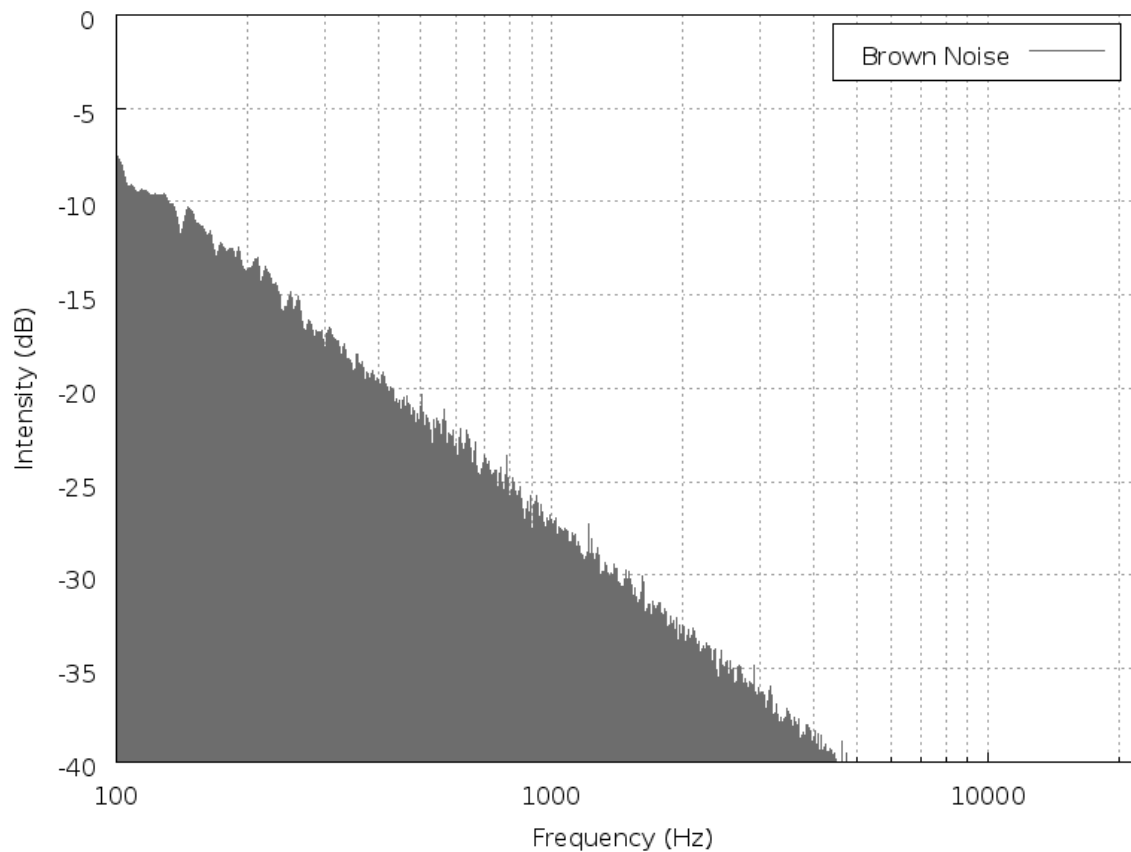


Рисунок 4.9 – Спектр коричневого шуму

Для акустичного методу вразливістю є мікрофон (рис. 4.10).

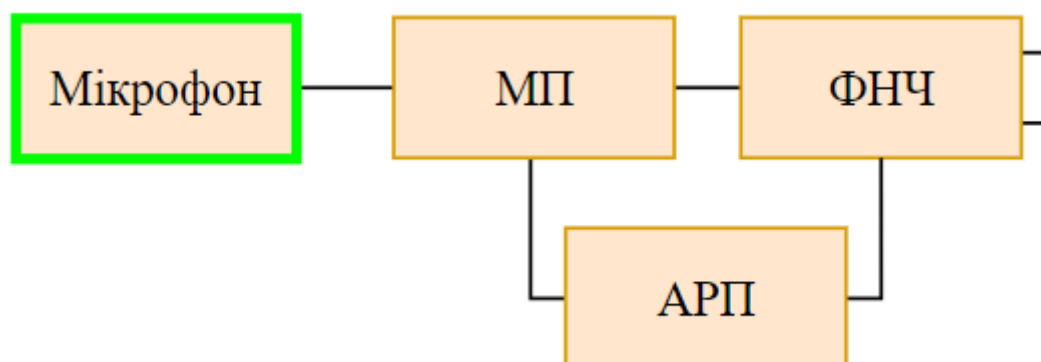


Рисунок 4.10 – Мікрофон як вразливість для методу
акустичне просторове зашумлення

При організації акустичної маскування необхідно пам'ятати, що акустичний шум може створювати додатковий заважає фактор для співробітників, учасників переговорів, створювати дискомфорт і дратівливо

впливати на нервову систему людини, викликаючи різні функціональні відхилення, приводити до швидкої стомлюваності [7]. Дійсно, важко уявити собі довірлива розмова між партнерами під акомпанемент генератора шуму потужністю в 50 - 80 дБ. При всіх своїх недоліках даний спосіб є набагато менш витратним, більш безпечним і надійним способом збереження конфіденційності розмов у порівнянні із засобами виявлення диктофонів. Доцільно його застосовувати обмежено, у випадках, де потрібна максимальна захищеність переговорів (в даному випадку всі неприємності відходять на другий план).

Але є альтернативний метод - модернізований акустичний метод, який використовує ряд особливостей формування сигналу перешкоди сприйняття звуків вухом людини:

- відстань між місцем можливого розташування диктофона і джерелом акустичної перешкоди необхідно максимально мінімізувати, а також зробити її в кілька разів менше, ніж відстань між джерелом мови і диктофоном;

- формувати акустичну перешкоду на основі мови співрозмовників. Така перешкода виявляється корельованою з сигналом, який забезпечує ефективне придушення навіть при невеликому відношенні сигнал/шум і не піддається фільтрації, так як займає ту ж саму смугу частот, як і мовний сигнал. Ускладнюється можливість отримання копії самої перешкоди для проведення очистки. Перешкода присутня тільки в моменти наявності мовного сигналу і відсутня в паузах.

Перевагою такого акустичного придушення є те, що в разі наближення джерела перешкоди до диктофона значно підвищується відношення рівня перешкоди до рівня корисного сигналу.

Крім цього, за рахунок формування перешкоди тільки під час існування мовного сигналу вдається позбутися від негативного психологічного впливу акустичної завади на співрозмовників в моменти тиші в паузах між фразами. При веденні розмови така перешкода не привертає уваги співрозмовників і не ускладнює спілкування. Використання особливостей такого акустичного придушення дозволяє різко підвищити ефективність придушення диктофонів.

4.3 Електромагнітний метод протидії несанкціонованому запису мови на диктофон

Завдання електромагнітних пригнічувачів полягає в наведенні на випадкових антенах диктофона, в якості яких виступають доріжки на платі і контакти елементів схеми, додаткову електрорушійну силу сигналу перешкоди, внаслідок цього одночасно з інформаційним сигналом (мовою) здійснюється запис і детектированого шумового сигналу, що призводить до значного викривленню першого [8].

Принцип їх дії однаковий: "пригнічувач" диктофонів є генератор електромагнітного випромінювання досить високої потужності, що працює в діапазоні НВЧ (як правило, для цього ці генератори радіоперешкод мають відносно вузьку смугу випромінювання, щоб мінімально перешкоджати радіоприймальної апаратури різного призначення і максимально збільшити спектральну щільність сигналу).

Розглянемо вплив ЕМ перешкоди на різні елементи диктофона [9]:

1. Величина сигналу перешкоди, що наводиться на електричні кола тракту запису диктофона, визначається напруженістю електричного поля перешкоди в області максимальної чутливості електронної схеми диктофона. Ця область знаходиться в районі входу мікрофонного підсилювача тракту запису. Втрати, пов'язані з перетворенням електричної напруженості поля сигналу перешкоди в ЕРС перешкоди яка наводиться, можна оцінити, представляючи зону чутливості у вигляді провідника з деякою діючою висотою. Подальше перетворення сигналу перешкоди в низькочастотний АМ-сигнал відбувається в результаті прямого детектування на нелінійностях, властивих будь-якій електронній схемі. Наведений низькочастотний сигнал перешкоди посилюється спільно з мовним сигналом і записується на носій.

2. Підсилювачі з АРУ виконуються, як правило, з сильною зворотним зв'язком, яка характеризується постійними часу спрацьовуванням і відновленням. Тому вплив перешкоди, що перевищує рівень корисного сигналу,

може придушити його, перенавантажуючи вхідні каскади мікрофонного підсилювача. Тобто корисний сигнал може опинитися під порогом реальної чутливості підсилювача.

АЦП також піддається впливу перешкоди двома шляхами:

1. АЦП, що застосовуються в диктофонах, як правило, розраховані на рівень вхідного сигналу значно перевищує рівень шумів. При співвідношенні сигнал/шум ≈ 1 перетворювач переходить в нелінійний режим, який значно погіршує дане співвідношення на виході. Тому потрапляння перешкоди в смугу мовного сигналу викликає збій в роботі АЦП.

2. АЦП вимагає якісної синхронізації по тактовій частоті. Перешкода, наведена на ланцюзі генератора тактової частоти, виведе АЦП з режиму синхронізації. При цьому диктофон не працюватиме як накопичувач інформації.

На рис. 4.11 представлено пристрій диктофона, уразливий для ЕМ впливу.

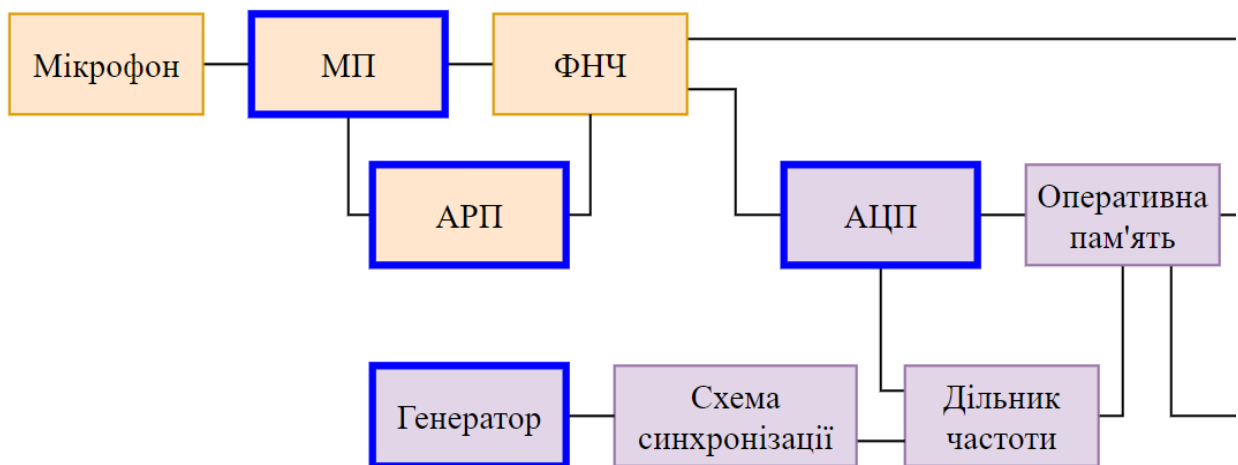


Рисунок 4.11 – Пристрої диктофона, уразливий для ЕМ впливу

На жаль, у пригнічувачів диктофонів є деякі недоліки.

Перший: негативний вплив на організм людини. Багато приладів цього класу мають медичні сертифікати. Як правило, в них вказано, на якій відстані і скільки за часом може безпечно перебувати людина в зоні прямої видимості. Наприклад, для одного з виробів при відстанях 1,5 м цей час становить до 40 хвилин в день, на відстані 2,0 м до 1 години, а в зоні задньої і бічних пелюсток час знаходження не обмежена.

Другий недолік: джерело шумового електромагнітного випромінювання наводить перешкоди в звичайній радіоелектронній апаратурі. Найбільшому впливу піддаються радіоприймачі, активні акустичні колонки, звичайні телефонні апарати, офісні радіотелефони з аналоговими радіоканалами, аудіо- та відеодомофони, побутові телевізори, монітори комп'ютерів. При невдалому розташуванні пригнічувачів можуть бути помилкові спрацьовування охоронної та пожежної сигналізації. Насправді, практично всі ці проблеми можна вирішити грамотної установкою, розташуванням щодо інших радіоелектронних приладів і, як уже говорилося вище, правильним розташуванням щодо власника (в нашому випадку - керівника).

ЕМ придушення сьогодні рідше зустрічається в практиці через двох недоліків, описаних вище, а також з-за конструктивного виконання сучасних диктофонів і смартфонів (екрановані корпусу, зменшення елементної бази).

4.4 Ультразвуковий метод протидії несанкціонованому запису мови на диктофон

Засоби ультразвукового придушення випромінюють потужні (понад 20 кГц), нечутні людським вухом, ультразвукові коливання. У більшості сучасних диктофонів використовується електретні мікрофони з діапазоном частот захоплюючі ультразвук і автоматичне регулювання посилення (АРП).

Існує два механізми впливу на об'єкт придушення:

- перевантаження підсилювального тракту диктофона;
- спровокована реакція системи АРУ.

На рис. 4.12 показано пристрій диктофона уразливий для УЗК впливу.

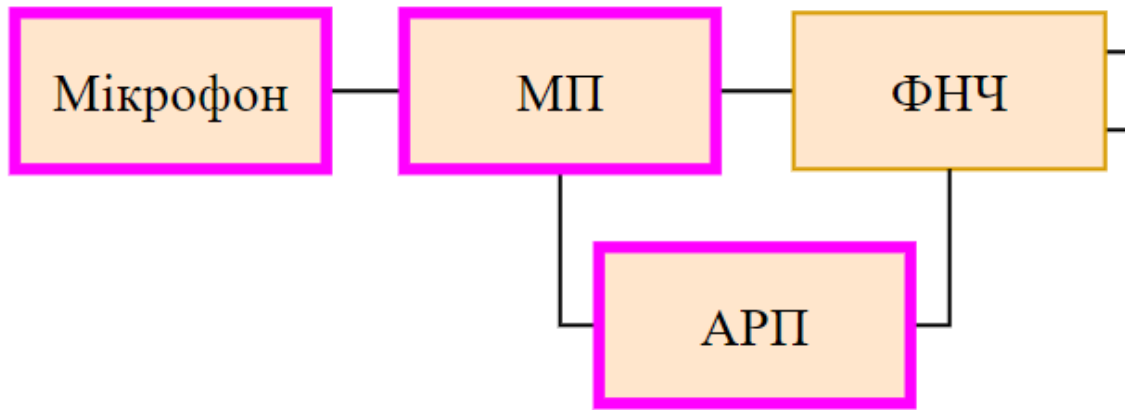


Рисунок 4.12 – Пристрої диктофона уразливий для УЗК впливу

Ультразвуковий вплив великої інтенсивності призводить до перевантаження мікрофонного підсилювача, що стоїть відразу після акустичного приймача (мікрофону). Відбувається зміщення робочої точки нелінійного елемента підсилювача, що призводить до виникнення значних викривлень записуваних мовних сигналів, найчастіше до ступеня, яка не піддається дешифрування.

Наявність АРП в диктофоні полегшує завдання протидії несанкціонованого запису або передачі мови внаслідок реакції АРП на УЗК сигнал великої інтенсивності, що приводить до значного зменшення коефіцієнта посилення мікрофонного підсилювача до значення, недостатнього для розбірливого сприйняття мовного сигналу.

Двочастотний метод, який використовує властивість мікрофонного підсилювача як нелінійного елемента. Система двочастотного ультразвукового придушення випромінює два потужних ультразвукових коливання з частотами, що відрізняються один від одного на декілька кілогерц (0,3 - 4 кГц). Ці два сигнали збиваються на нелінійному елементі мікрофонного підсилювача, в результаті чого виходить сигнал з комбінаційної частотою (різницева), що лежить в діапазоні 0,3 - 4 кГц. Цей сигнал різницевої частоти і виступає у вигляді сигналу перешкоди.

Розглянемо випадок, коли на нелінійний елемент впливають два сигнали [10]. Для простоти в якості вхідних сигналів використовуватимемо гармонійні сигнали з нульовими початковими фазами:

$$s_1(t) = S_1 \cos(\omega_1 t); s_2(t) = S_2 \cos(\omega_2 t).$$

Частоти цих двох сигналів в загальному випадку різні $\omega_1 \neq \omega_2$.

Нелінійну залежність струму i від напруги u на нелінійному елементі апроксимуємо поліномом третього ступеня:

$$i = a_0 + a_1 u + a_2 u^2 + a_3 u^3.$$

Ступінь нелінійності елемента визначають у формулі два складники: $a_2 u^2$ и $a_3 u^3$. Чим більше коефіцієнти a_2 и a_3 , тим більше буде відрізнятися вольт-амперна характеристика нелінійного елемента від вольт-амперної характеристики лінійного елемента. Для виявлення основних властивостей нелінійної ланцюга при бігармонічній вплив такої апроксимації більш ніж достатньо.

Результуюча напруга на нелінійному елементі дорівнює сумі гармонійних сигналів: $u = s_1(t) + s_2(t)$. Підставляючи цю суму в вираз i використовуючи тригонометричні формули, після нескладних перетворень отримаємо:

$$\begin{aligned} i = & \left(a_0 + \frac{1}{2} a_2 S_1^2 + \frac{1}{2} a_2 S_2^2 \right) + \\ & + \left(a_1 S_1 + \frac{3}{4} a_3 S_1^3 + \frac{3}{2} a_3 S_1 S_2^2 \right) \cos \omega_1 t + \left(a_1 S_2 + \frac{3}{4} a_3 S_2^3 + \frac{3}{2} a_3 S_1^2 S_2 \right) \cos \omega_2 + \\ & + \frac{1}{2} a_2 S_1^2 \cos 2 \omega_1 t + \frac{1}{2} a_2 S_2^2 \cos 2 \omega_2 t + \frac{1}{4} a_3 S_1^3 \cos 3 \omega_1 t + \frac{1}{4} a_3 S_2^3 \cos 3 \omega_2 t + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + a_2 S_1 S_2 \cos(\omega_1 + \omega_2)t + a_2 S_1 S_2 \cos(\omega_1 - \omega_2)t + \\
& \frac{+3}{4} a_3 S_1^2 S_2 \cos(2\omega_1 + \omega_2)t + \frac{3}{4} a_3 S_1^2 S_2 \cos(2\omega_1 - \omega_2)t + \\
& \frac{+3}{4} a_3 S_1 S_2^2 \cos(2\omega_2 + \omega_1)t + \frac{3}{4} a_3 S_1 S_2^2 \cos(2\omega_2 - \omega_1)t .
\end{aligned}$$

Як бачимо, в складі струму з'явилися постійна складова, а також перші, другі та треті гармоніки а також з'являється і різницева (комбінаційна) частота яка і важлива в даному випадку.

Як альтернативу викладеним методам можна використовувати УЗ коливання великої потужності, при поширенні якого в повітрі виникають нелінійні ефекти, що дозволяють створити акустичні перешкоди мовному сигналу. При малій амплітуді УЗ коливань хвилі затухають в повітрі, і прояв нелінійних ефектів буде відсутній. Нелінійний ефект в акустичному полі можна розглядати як результат зміни властивостей середовища, викликаного ультразвукової хвилею і впливає на її поширення (самовплив). Нелінійний ефект виникає в разі, коли швидкість руху частинок у хвилі набагато вище швидкості самої хвилі. До числа нелінійних ефектів в акустичному полі відносяться: зміна форми хвилі при її поширенні та виникнення комбінаційних тонів і ін. Нелінійний ефект буде проявлятися тільки в разі виконання умови $M_a \gg 1$ [11]:

$$M_a = v/c = p'/p,$$

де M_a – акустичне число Маха; v – амплітуда коливань швидкості частинок; c – швидкість звука; p' – надлишкова щільність, обумовлена хвилею; p – рівноважне значення щільності.

Пристрій захисту мовної інформації, заснований на виникненні нелінійного ефекту в повітрі при поширенні УЗК, повинен містити генератор ультразвукових коливань, модульованих перешкодою звукового діапазону і вузькоспрямований випромінювач у вигляді плоскої решітки випромінювачів. Ультразвукова установка випромінює ультразвук, який промодульований сигналом перешкоди звукового діапазону, в сторону можливого місця несанкціонованого зйому мовної інформації. Людина не чує ультразвук, але в зв'язку з нелінійними ефектами, що виникають в повітрі при поширенні УЗ великої потужності, чує обвідну УЗ коливання. Отже, на диктофон або на РАЗУ на фоні мовного сигналу буде записаний модулючий завадовий сигнал.

Системи ультразвукового придушення виявляються більш ефективними ніж електромагнітне придушення з тієї точки зору, що можуть ефективно гасити навіть екрановані диктофони [12]. У той же час у них є і один великий недолік. Вони виявляються неефективними, якщо мікрофони захищені фільтрами зі спеціальних матеріалів або якщо використовувати мікрофони в робочий діапазон яких не потрапляє ультразвук.

5 МЕТОДИ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОТИДІЇ НЕСАНКЦІОНОВАНОМУ ЗАПИСУ НА ДИКТОФОН

Методи ефективності можуть полягати:

- в аналізі співвідношення сигнал/шум на виході;
- по розбірливості мови.

У першому методі вважається, що розбірливість мови пропорційна середньої різниці між піковим рівнем мови і ефективним рівнем маскує шуму. Значення нижче 0,3 відповідають дуже доброю; від 0,3 до 0,5 – хорошою; 0,5 ... 0,7 – задовільною; вище 0,7 – поганою розбірливістю.

Для вимірювання розбірливості мови можуть використовуватися суб'єктивні і об'єктивні методи [13]. Суб'єктивним методом (експертної оцінки на слух) є метод артикуляційних випробувань, коли формуються дві бригади, дикторів і слухачів які на слух оцінюють розбірливість мови.

Об'єктивні ж методи покликані абстрагуватися від участі людини у випробуваннях, що дозволяє позбутися від суб'єктивних помилок.

Для оцінки розбірливості мови обраний формантний метод, запропонований Н.Б. Покровським. Кожна форманта характеризується своїм коефіцієнтом сприйняття. Якщо розділити діапазон спектра мови на п'ять під діапазонів з центральними октавними частотами 250, 500, 1000, 2000, 4000 Гц, то можна розрахувати коефіцієнти сприйняття формант для кожної октавної смуги. Для оцінки зашумлення корисного сигналу шумом знаходять співвідношення сигнал/шум на тих же октавних смуг. Після цього знаходиться формантного розбірливість за методом Покровського.

Артикуляційна (формантного) розбірливість A розраховується як сума розбірливостей формант на кожній з октавних частот

$$A = \sum_{k=1}^K p_k \cdot P(E'_k),$$

де $P(E'_k)$ – коефіцієнт сприйняття мови, причому:

$$P(E'_k) = \begin{cases} \frac{0.78 + 5.46 \cdot \exp[-4.3 \cdot 10^{-3} \cdot (27.3 - |E'_k|)^2]}{1 + 10^{0.1 \cdot |E'_k|}}, & E'_k \leq 0 \\ 1 - \frac{0.78 + 5.46 \cdot \exp[-4.3 \cdot 10^{-3} \cdot (27.3 - |E'_k|)^2]}{1 + 10^{0.1 \cdot |E'_k|}}, & E'_k > 0 \end{cases},$$

p_k – ймовірність перебування формант k-тій смузі частот, яка

$$p_k = F(f_{вк}) - F(f_{нк});$$

$$F(f) = \begin{cases} 2.57 \cdot 10^{-8} \cdot f^{2.4}, & 100 < f \leq 400 \text{ Гц}, \\ 1 - 1.074 \cdot \exp(-10^{-4} \cdot f^{1.18}), & 400 < f \leq 10000 \text{ Гц}. \end{cases}$$

Ефективний рівень відчуття формант в k-тій смузі частот:

$$E'_k = E_k - \Delta B(f_{0k}),$$

де E_k – ефективний рівень відчуття мовного сигналу в k-тій смузі частот, що дорівнює відношенню сигнал-шум в цій смузі частот. Цей параметр стає відомий після проведення багатоканальної фільтрації сигналу і шуму:

$$E_k = q_k = 10 \lg \frac{D_{sk}}{D_{nk}}$$

де D_{sk}, D_{nk} – дисперсії сигналу і шуму k-тій смузі частот.

$\Delta B(f)$ – різниця між усередненими спектрами мови і формантом:

$$\Delta B(f) = \begin{cases} \frac{200}{f^{0.43}} - 0.37, & f \leq 1000 \text{ Гц} \\ 1.37 + \frac{1000}{f^{0.69}}, & f > 1000 \text{ Гц} \end{cases}$$

Знаючи формантного розбірливості A можна знайти словесну розбірливості W за такою формулою:

$$W = \begin{cases} 1.54 \cdot A^{0.25} [1 - \exp(-11 \cdot A)], & A < 0.15 \\ 1 - \exp\left(\frac{11 \cdot A}{1 + 0.7 \cdot A}\right), & A \geq 0.15 \end{cases}.$$

6 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ПРОТИДІЇ НЕСАНКЦІОНОВАНОГО ЗАПISУ МОВНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Виявлення диктофонів

Як уже зазначалося на рисунках (4.1, 4.2, 4.4, 4.6) [2] виявити диктофон дуже важке завдання так як у реальності існують численні перешкоди, в першу чергу магнітні поля промислової частоти (50 Гц) і її гармоніки. Рівень перешкод коливається від 10^{-4} до 10^{-1} А/м. Це при тому, що напруженість поля, що створюється диктофоном на відстані близько одного метра становить від 10^{-5} до 10^{-6} А/м. Таким чином, рівень перешкод може перевищувати рівень сигналу в 100 000 разів. Не менші проблеми створює монітор комп'ютера, який з дистанції в 20 метрів створює напруженість поля, такого ж рівня, що і диктофон з відстані в 1 метр [12] [2].

Акустичний метод протидії

несанкціонованому запису мови на диктофон

Результат виконання розрахунку розбірливості мови при акустичному модернізованому методі протидії несанкціонованого запису мови на диктофон подається у відсотках словесної чіткості. Розглянуто два випадки. У першому випадку змінюється відстань від випромінювача пригнічувача до диктофона. Це відстань позначено на малюнку 6.1 як L3. У другому випадку змінюється відстань від випромінювача мовного сигналу до мікрофона пригнічувача, позначене на малюнку 6.1 як L2. Відстань L1 між випромінювачем мовного сигналу і диктофоном не змінюється і становить 2 м.

На рис. 6.1 приведена схема акустичного придушення диктофону.

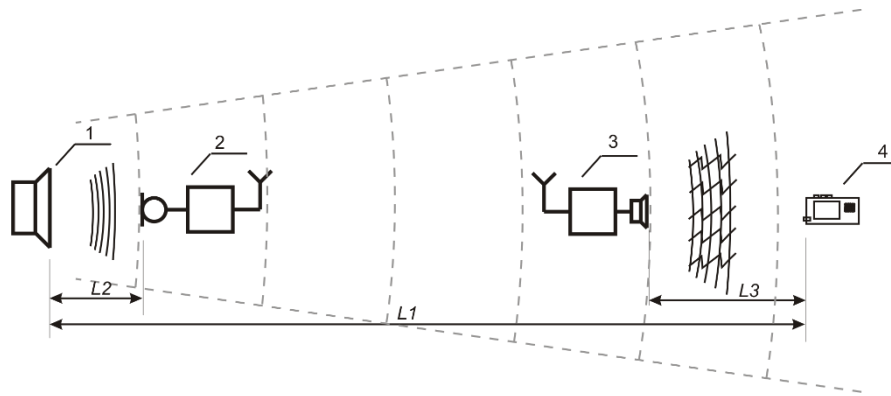


Рисунок 6.1 – Акустичне придушення диктофона:

1 – колонка, що випромінює мовний сигнал; 2 – приймаюча частина пригнічувача; 3 – випромінююча частина пригнічувача; 4 – диктофон

Результати проведених вимірювань і обчислень представлені в табл. 6.1 і табл. 6.2 та на рис. 6.2 і рис. 6.3.

Таблиця 6.1

Розбірливість мови при L3. Словесна розбірливість у %

<i>L3</i>	1 м	0.5 м	0.25 м
Тип пригнічувача			
MPD	21,35 %	16,41 %	15,54 %
MPD-L10	33,08 %	17,57 %	15,20 %
MPD-M	19,23 %	14,44 %	13,17 %

Таблиця 6.2

Розбірливість мови при L2. Словесна розбірливість у %

<i>L2</i>	0.1 м	0.3 м	0.5 м
Тип пригнічувача			
MPD	11.17 %	19,1 %	36,4 %
MPD-M	9.5 %	18.8 %	34.3 %

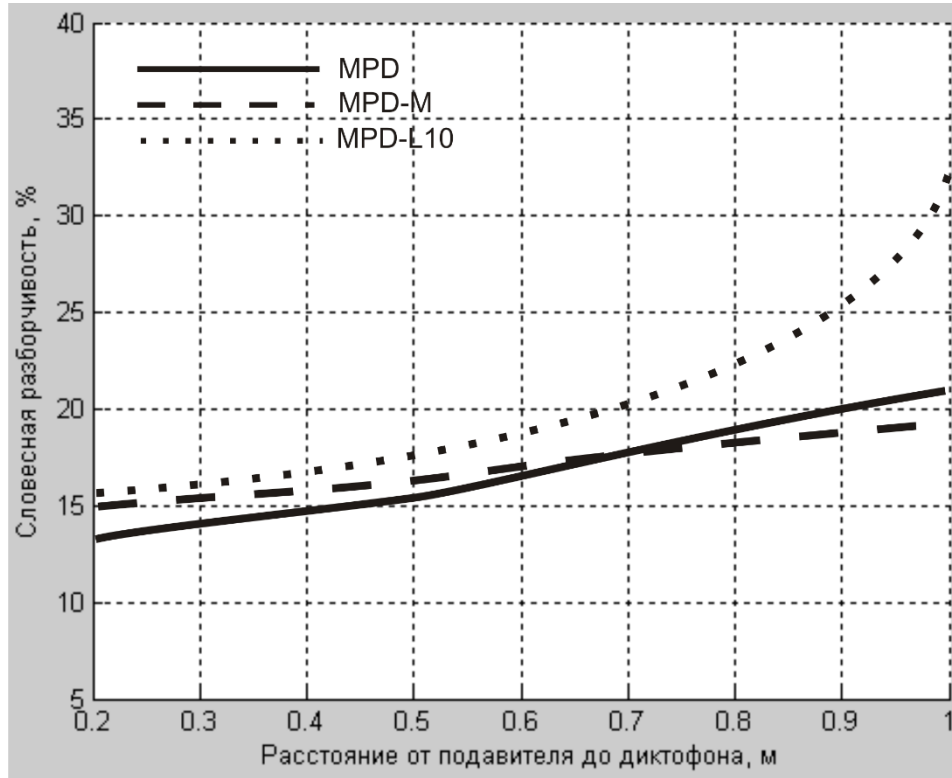


Рисунок 6.2 – Графік залежності ефективності придушення диктофона від відстані між пригнічувачем і диктофоном

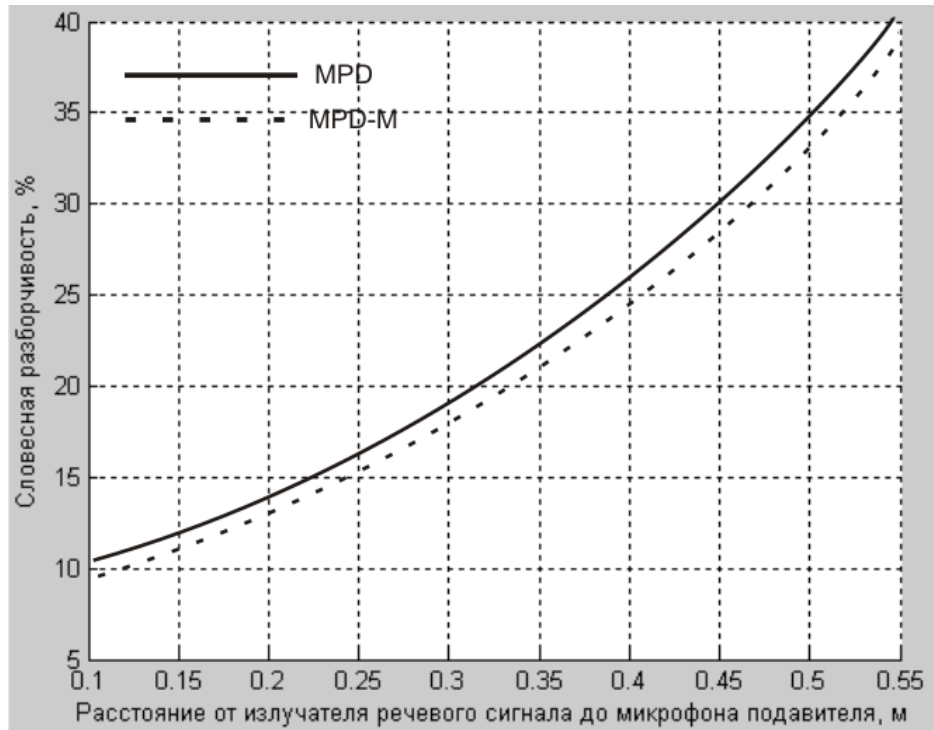


Рисунок 6.3 – Графік залежності ефективності придушення диктофона від відстані між випромінювачем мовного сигналу і приймаючою частиною пригнічувача

Як ми бачимо з результатів [13]:

Перше – ефективність придушення безпосередньо залежить від відстані між джерелом корисного сигналу і мікрофоном пригнічувача. В цьому випадку словесна розбірливість зі збільшенням відстані зростає параболічно і вже на відстані 0.5 м становить 33-35%.

Друге – ефективність придушення змінюється зі зміною відстані від випромінювача сигналу перешкоди пригнічувача до диктофона. Ця залежність має в основному лінійний характер. При віддаленні випромінювача помехового сигналу від диктофона на 0.5 м розбірливість підвищується на 5-6%.

*Електромагнітний метод протидії несанкціонованому
запису мови на диктофон*

Складна структура корпусу і розміри диктофона, особливості застосованої в ньому елементної бази, спосіб і якість монтажу визначають резонансний по частоті характер дії перешкоди на диктофон [3]. Як показують експериментальні дослідження ефективності дії перешкоди на диктофони в різних ділянках діапазону радіочастот, існують яскраво виражені резонансні області, де дія перешкоди є максимальним. На рис. 6.4 показані характерні залежності відносної інтенсивності звуку від наведеного сигналу перешкоди для деяких типів диктофонів. Наведені залежності були отримані при зміні частоти перешкоди в широкому діапазоні частот від сотень МГц до декількох ГГц і побудовані з урахуванням нормування інтенсивності наведеного звукового сигналу перешкоди щодо максимального рівня, який має місце в низькочастотній області для кожного диктофона. Як впливає з рис. 6.4, досліджені диктофони мають різні резонансні області сприйнятливості. Найбільше число таких резонансних областей спостерігається у малогабаритного диктофона Sony M909 в металевому корпусі. Загальним для всіх розглянутих диктофонів є наявність близьких по частоті резонансних областей в низькочастотній частини спектра.

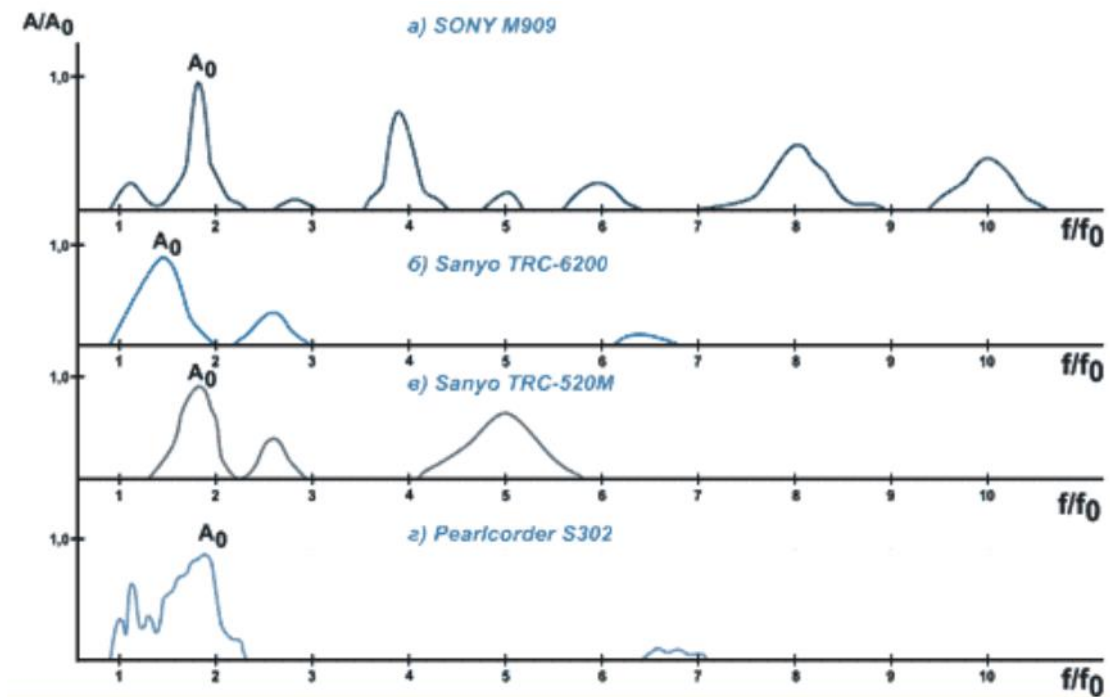


Рисунок 6.4 – Залежність рівня записаного акустичного тону від несучої частоти амплітудно-маніпульованої перешкоди

Частотна залежність впливу перешкоди для різних типів диктофонів проявляється по-різному [3]. Ефект дії перешкоди залежить від двох основних чинників:

- ступеня екранування корпусом зовнішніх електромагнітних сигналів;
- резонансними властивостями конструкції диктофона.

Для диктофонів, корпуси яких мають високі екрануючі властивості, ефект дії перешкоди визначається в основному другим фактором. Дія перешкоди на диктофони з поганою екрануванням визначається в першу чергу рівнем струмів, що наводяться на провідних елементах диктофонів. У всіх випадках ця залежність носить різко індивідуальний характер, що підтверджується результатами експериментальних досліджень (рис. 6.4).

У диктофонів з пластмасовим корпусом Sanyo TRC-520M і з комбінованим корпусом із пластмаси та металу Perlcarder S302 частотна залежність дії сигналу перешкоди формується резонансами наведених струмів на сукупність внутрішніх провідних елементів диктофонів (табл. 6.3 і табл. 6.4).

Таблиця 6.3

Відносна дальність придушення аналогових диктофонів з різними корпусами

№	Модель	Тип корпусу	Відносна максимальна дальність зони повного придушення, м
1	S-801 Pearlborder Olympus TP-35 Casio	Пластиковий Пластиковий	1
2	TRC 520M Sanyo S 724 Pearlborder Olympus S 725 Pearlborder Olympus S 302 Pearlborder Olympus	Пластиковий Металевий слабо екранований Металевий слабо екранований Металевий слабо екранований	0,83
3	L-400 Pearlborder Olympus	Металевий	0,32
4	TRC 6200 Sanyo Talkbook	Металевий екранований	0,16
5	RN-Z30 National Panasonic M 909 Sony	Металевий з підвищеною екрануванням	0,063 0,04 0,08
6	RN-Z10 National Panasonic	Металевий	0,016

Таблиця 6.4

Відносна дальність придушення цифрових диктофонів з різними корпусами

Модель	Тип корпусу і спосіб запису	Відносна максимальна дальність зони повного придушення, м
DMP 260 X Toshiba Olimpus D-1000	Основа пластик з металевими передньої і задньої стінками. Електронна пам'ять	0,83
SVR –240 Sumsung	Основа пластик з металевими передньої і задньої стінками. Електронна пам'ять	0,54
Диктофон General vertertung	Металевий. Електронна пам'ять	0,5
TCD-D7 Sony	Металевий з підвищеною екрануванням Запис на магнітну стрічку	0,21
SVR S820/S410 Samsung	Електронна пам'ять	0,21
TCM 359V Sony	Електронна пам'ять	0,18
U 7102	Металевий з підвищеною екрануванням і захистом, малогабаритний. Електронна пам'ять	0,02 0,25

У табл. 6.3 і табл. 6.4 наведені отримані експериментально відносні величини максимальної дальності придушення аналогових диктофонів з різними типами корпусів [3]. По мірі збільшення ефективності екранування корпусу відносна дальність придушення диктофонів суттєво знижується. Аналогічна картина спостерігається для цифрових диктофонів. Використання винесеного

мікрофона або пульта дистанційного керування збільшує дальність придушення диктофона, що особливо помітно при придушенні цифрових диктофонів з високою ефективністю екранування корпусу.

Ультразвуковий метод протидії несанкціонованому запису мови на диктофон.

Дослідження ультразвукового пригнічувача USPD

Як ми вище вказували, для несанкціонованого знімання мовної інформації часто використовують цифрові диктофони, встановлені на мобільних телефонах. В переважній більшості в сучасних смартфонах в даний час використовуються 2 типу мікрофонів: ECM (Electret Condenser Microphone) і MEMS (Micro Electro Mechanical Systems). Частотні характеристики яких захоплюють як звуковий та й ультразвукової діапазон.

Ультразвуковий пригнічувач диктофонів USPD (рис. 6.5) призначений для захисту від несанкціонованого запису мови на цифрові і аналогові диктофони і пристрої запису мови, вбудованих в мобільні телефони. У нього є 2 основні функції:

1. Ультразвукове придушення: 11 ультразвукових випромінювачів генерують ультразвукової сигнал (22 кГц), який впливає на підсилювач пристроїв звукозапису, в результаті чого створюються в них нелінійні спотворення, що заважають зніманню аудіо інформації.

2. Акустичне придушення: мовоподібна перешкода, яку може видавати пригнічувач, ще ефективніше блокує засоби прослуховування. Перешкода повністю викривляє сенс вимовлених фраз, так що диктофони не можуть записати мову співрозмовників. При цьому відновити розмову неможливо, навіть використовуючи спеціальну техніку.

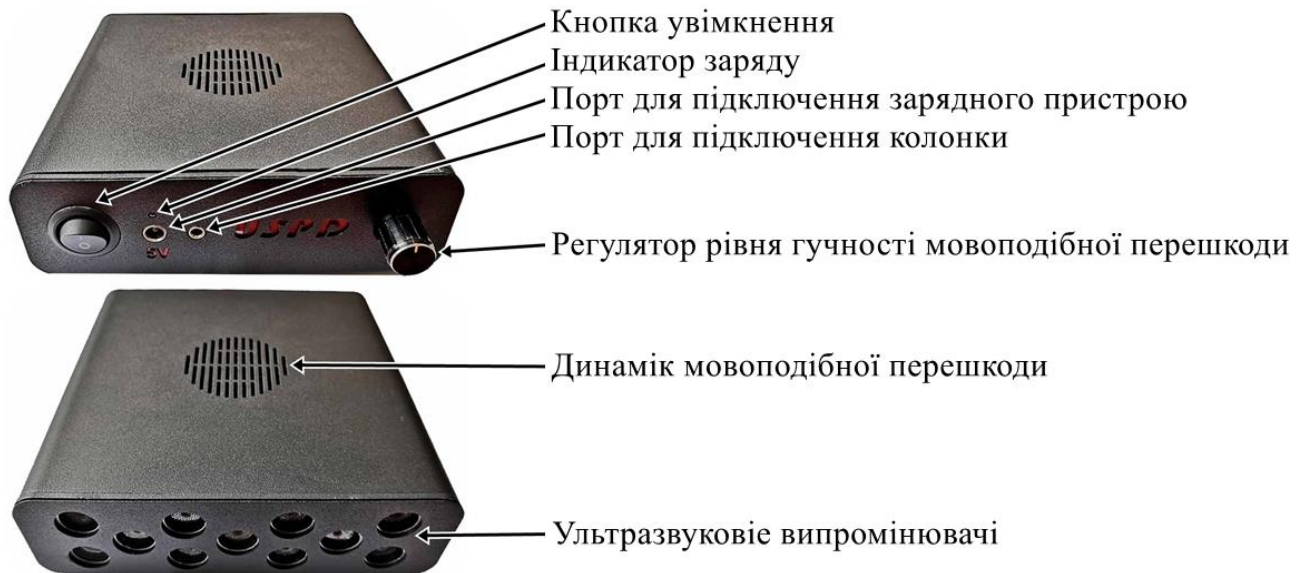


Рисунок 6.5 – Зовнішній вигляд пригнічувача диктофонів

Також пристрій USPD може використовуватися в автономному режимі. Він оснащений вбудованим акумулятором, що робить його легко використовуваним в автомобілях і на виїзді. Акумулятор ємністю 4 А/год. пристрою здатний автономно забезпечувати роботу пристрою протягом 3-4 годин. Час повної зарядки 4-5 годин. Габарити пристрою: 180 мм / 100 мм / 40 мм.

Опис лабораторної установки

Експериментальна установка (рис. 6.6) складається з:

1. Джерело тестового сигналу – генератор сигналів довільної форми FY6800 з підключеною до нього колонкою;
2. Ультразвуковий пригнічувач диктофонів Ultrasonic USPD X11;
3. Шумомір Der EE DE-3301;
4. Смартфон Xiaomi Note 4х.

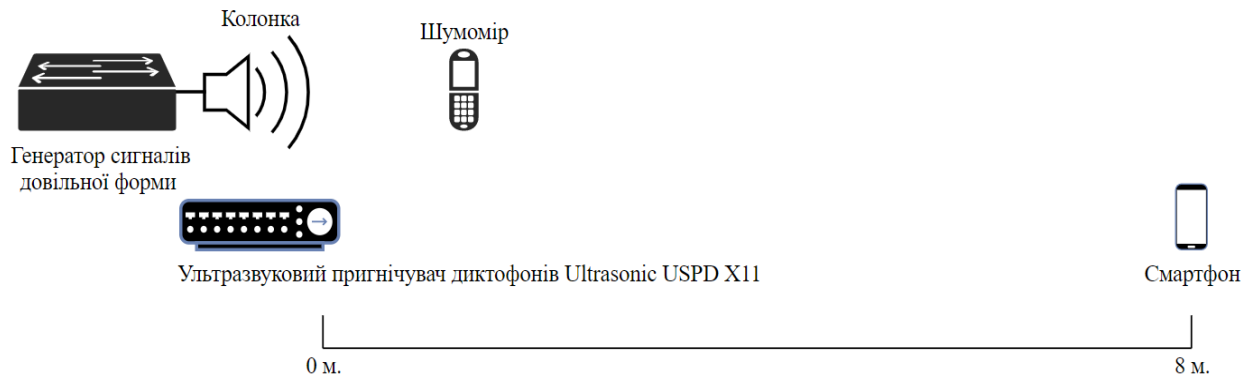


Рисунок 6.6 – Схема експериментальної установки

Налаштування джерела тестового сигналу: для проведення експерименту бралися тестові сигнали на частотах: 500, 1000 і 4000 Гц з інтенсивністю в 60 дБ. Налаштування частоти здійснювалася на генераторі. Для настройки чутливості шумомір розташовувався на відстані 1 м від джерела тестового сигналу, далі знижуючи або підвищуючи амплітуду вихідного сигналу здійснювалася настройка інтенсивності.

Дослідження: для виявлення зони придушення було вибрано 7 кутів повороту пристрою USPD: 0° (коли ультразвукові випромінювачі були спрямовані на мікрофон смартфона), 30° , 60° , 90° (положення випромінювачів перпендикулярно мікрофона), 120° , 150° , 180° (ультразвукові випромінювачі були спрямовані в протилежну сторону від мікрофона смартфона). Для виявлення границі зони пригнічення: з кроком в один метр встановлювався смартфон, на якому був включений диктофон, який записував тестовий сигнал перші п'ять секунд, після протягом десяти секунд включалося ультразвукове придушення пристрої USPD. Далі проводилося експертна оцінка на слух відтворюється записи з смартфона. Для повноти результатів дослідження також проводилася оцінка за допомогою програми, де видно придушення або його відсутність на тимчасових спектрограмах.

Результати придушення

Результати придушення диктофону в смартфоні Xiaomi Note 4x.

При придушенні диктофона в смартфоні Xiaomi Note 4x були отримання наступні результати.

На спектрограмі (рис. 6.7) спочатку спостерігається тестовий сигнал (яскрава зелена лінія на частоті 500 Гц), після включення пристрою USPD тестовий сигнал не видний за великою кількістю шумів що виникають в мікрофоні.

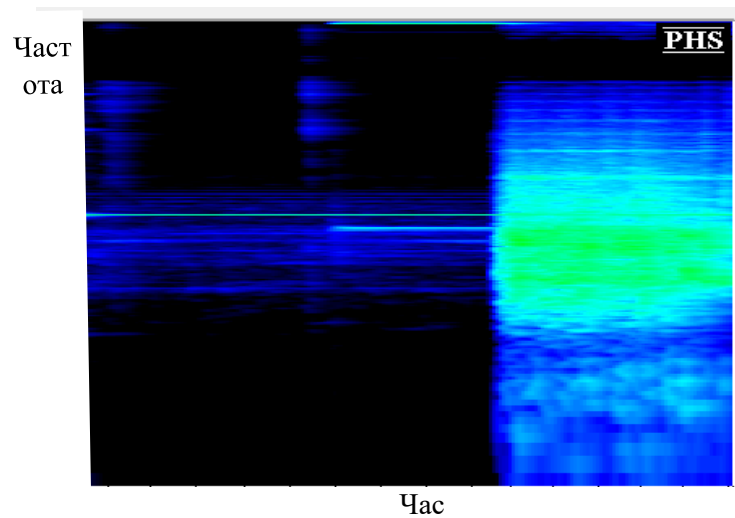


Рисунок 6.7 – Спектрограма на 1 м

Для наочності наведено приклад (рис. 6.8), де тестовий сигнал на тій же частоті і на тому ж куті, повертаючи пристрій вже помітний на тлі шумів.

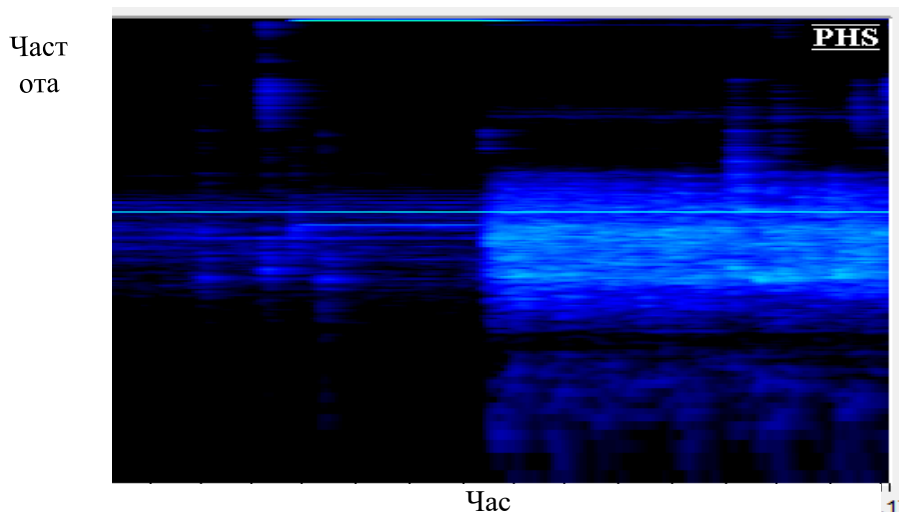


Рисунок 6.8 – Спектрограма на 6.5 м

Також наведено приклади всіх спектрограм для однієї частоти на різних відстанях від пристрою USPD (рис. 6.9).

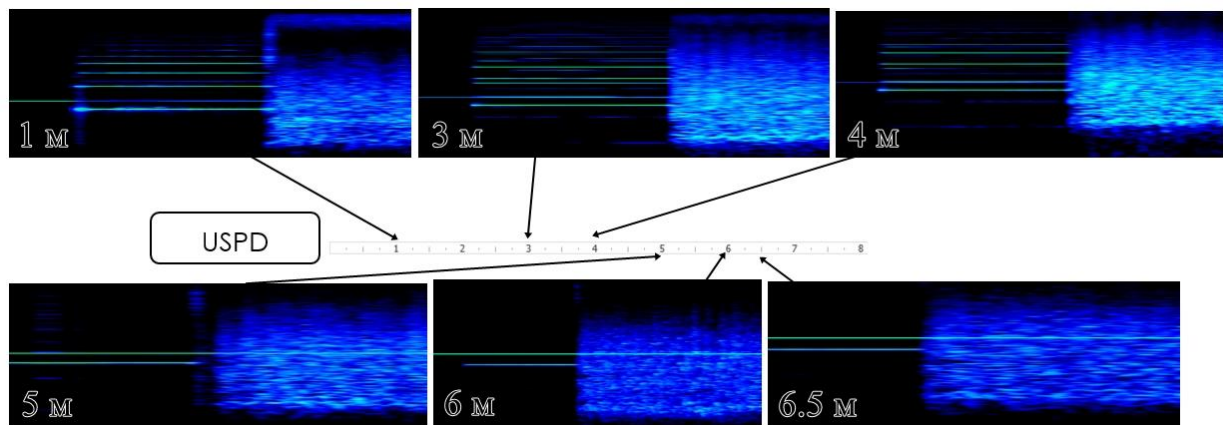


Рисунок 6.9 – Усі спектрограми на частоті 500 Гц

Результат всіх частот і всіх кутів проведених в експерименті був занесений в табл. 6.5.

Таблиця 6.5

Границі зони придушення для смартфона Xiaomi Note 4x

	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°
500 Гц	6,5 м.	6 м.	4 м.	2 м.	2 м.	2 м.	2 м.
1000 Гц	7,2 м.	7 м.	3,5 м.	2 м.	2 м.	2,4 м.	2,5 м.
4000 Гц	7,15 м.	7 м.	2,5 м.	1,5 м.	1,2 м.	1,1 м.	1 м.

На основі даних результатів була побудована ефективна зона придушення роботи диктофону (рис. 6.10).

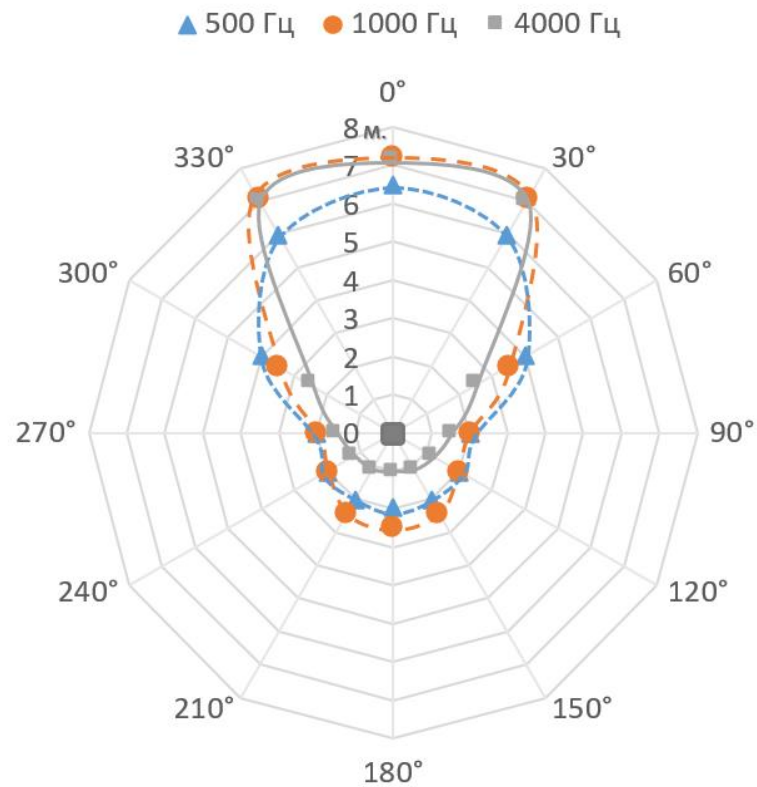


Рисунок 6.10 – Зона придушення для диктофону смартфона Xiaomi Note 4x

Результати придушення диктофону смартфона Meizu M6.

При придушенні диктофона в смартфоні Meizu M6 були отримання наступні результати (рис. 6.11, рис. 6.12 і табл. 6.6).

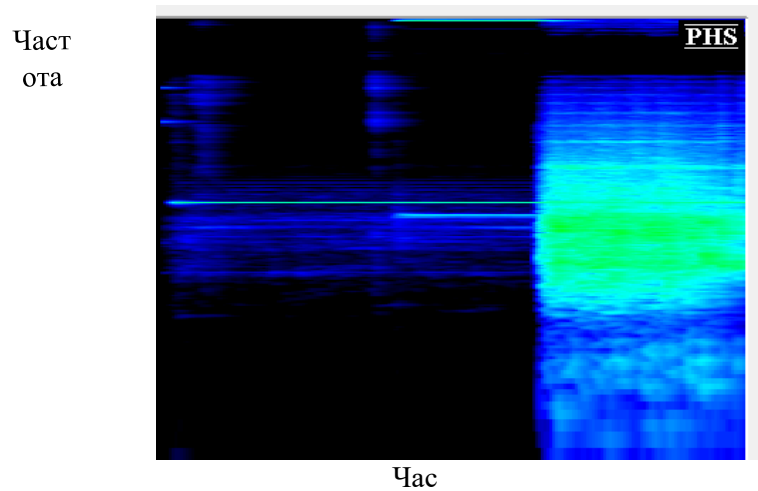


Рисунок 6.11 – Результат придушення на мінімальній відстані зони пригнічення

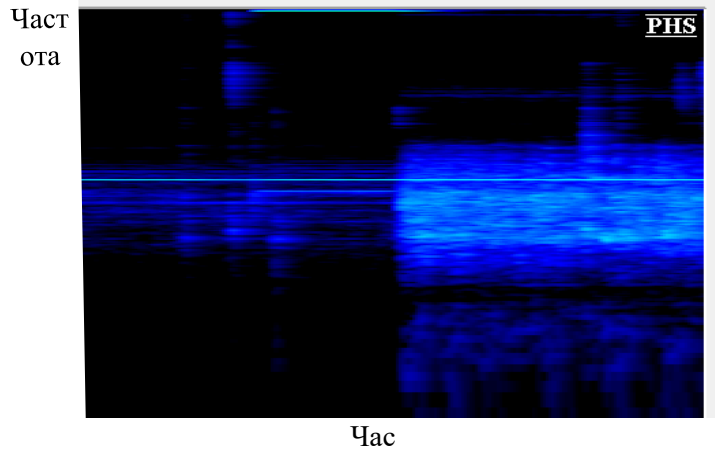


Рисунок 6.12 – Результат придушення на краю зони ефективного придушення

Результат всіх частот і всіх кутів проведених в експерименті був занесений в табл. 6.6.

Таблица 6.6

Границі зони придушення для смартфона Meizu M6

	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°
500 Гц	3 м.	2.3 м.	1,5 м.	1,3 м.	1,1 м.	0,8 м.	0,6 м.
1000 Гц	2 м.	1,6 м.	1,4 м.	1,2 м.	1 м.	0,7 м.	0,6 м.
4000 Гц	1,8 м.	1,4 м.	1,2 м.	1 м.	0,8 м.	0,6 м.	0,5 м.

На основі даних результатів була побудована ефективна зона придушення (рис. 6.13).

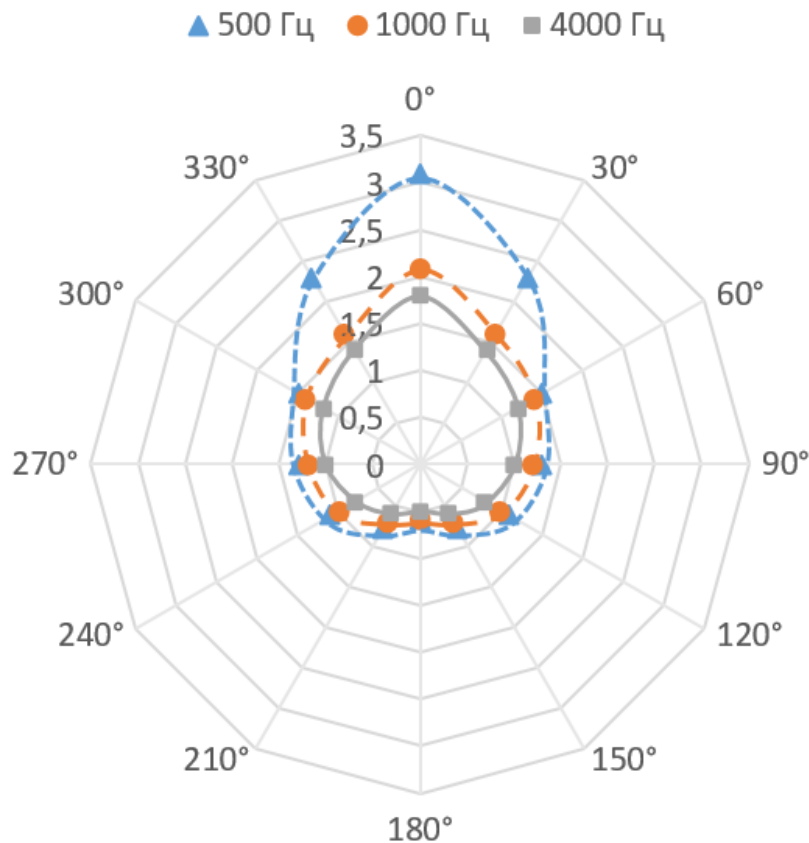


Рисунок 6.13 – Зона придушення для смартфона Meizu M6

Також були проведені експерименти і з іншими приладами:

Lenovo K-50-T5, Nokia Lumia 520 – не були придушені, так як смартфони досить старі і використовували мікрофони з верхньою межею діапазону в 16 кГц.

Пристрої фірми Apple: iPhone 5, Ipad mini також не були придушені, так як пристрої ще не використовували нові мікрофони, розроблені компанією Apple, у вигляді мікроелектромеханічної системи [13], а використовувалися старі мікрофони які також не сприймають ультразвук.

Також був проведений експеримент із застосуванням перепони для ультразвуку в даному випадку диктофон був розміщений в кишені (рис. 6.14).

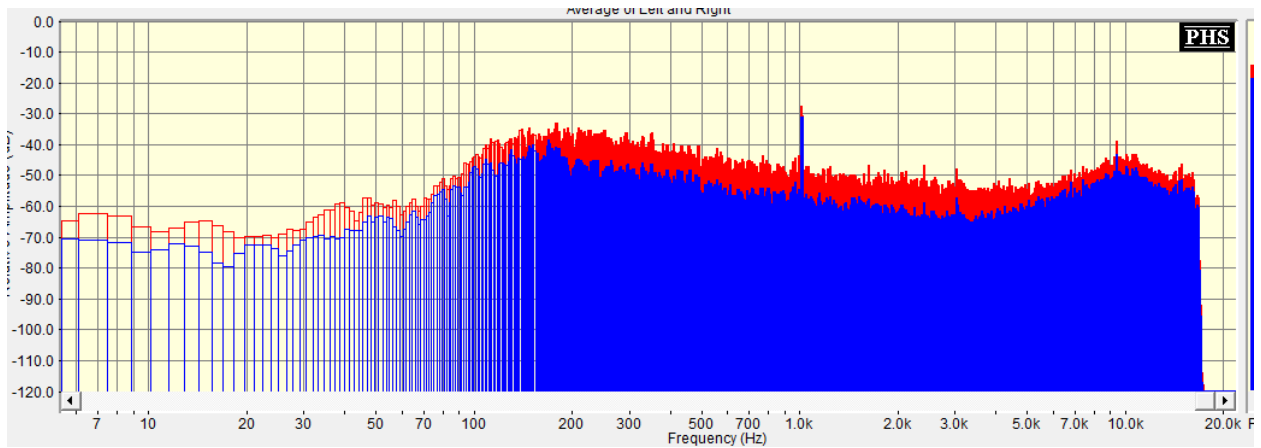


Рисунок 6.14 – Результат подавлення при використанні перешкоди

З рис. 6.14 видно, що через наявність перешкоди придушення практично не відбувається, і на відстані одного метра інтенсивність тестового сигналу набагато більше ніж шуми, що потрапляють в мікрофон.

ВИСНОВКИ

1. Виявлення диктофонів складне завдання і дуже затратний метод боротьби із несанкціонованим запису мови на диктофон, так як рівень перешкод може перевищувати рівень сигналу от диктофона більш чим в 100 000 разів. А також що сучасні пристрої для виявлення диктофонів набагато дорожче ніж інші пристрої методів і засобів боротьби з несанкціонованим записом. Виявлення диктофонів проводиться по їх демаскуючих ознаках. Більш-менш позитивні результати отримуються на стаціонарних пристроях в яких заздалегідь відомо розташування відвідувача і власника кабінету.

2. Акустичне придушення, як спосіб боротьби з несанкціонованою записом на диктофон, є найпростішим і правильне розташування мовця, мікрофона диктофона, динаміка пригнічувача і застосування мовоподібної перешкоди робить цей метод універсальним для придушення будь яких диктофонів, так як йде вплив по акустичному каналу. Але і має найбільший мінус, а саме те що акустичні перешкоди чутні і заважають розмови, а також демаскують роботу апаратури захисту.

3. Електромагнітне придушення виявилось слабо ефективним через свої мінуси: екрановані корпусу диктофонів повністю зводять нанівець електромагнітні імпульси, наведення в звичайній апаратурі приміщення, поганий вплив на організм людини, а смартфони взагалі не даються даними способом. У кращому випадку: деякі типи диктофонів даються на відстані 5-6 метрів, в гіршому випадку: диктофони як спец засоби можуть подавитися тільки на відстані близько десятків сантиметрів.

4. Ультразвукове придушення виходячи з експерименту дуже добре тисне сучасні смартфони (рисунки 4.6 і 4.9) в яких встановлені електретні конденсаторні мікрофони, які мають діапазон частот захоплюючий ультразвук. Дальність придушення від трьох до 8 метрів. Але перед старими смартфонами або пристроями в яких мікрофони не вловлюють частоти ультразвуку вони безсилі. Також для даного засобу дуже критична пряма видимість пристрою.

Будь-яка перешкода між джерелом випромінювання і мікрофоном диктофона заважає цьому методу придушення і на відстані менш ніж один метр пригнічення не відбувається (рисунок 4.10).

З вище сказаного можна зробити висновок, що застосування одного лише методу придушення не дає гарантований результат повного закриття інформації для ряду різних диктофонів, тому доцільно застосовувати модифікований акустичний (300-3500 Гц) метод протидії. А з точки зору статистично-економічного підходу, що кількість активних смартфонів в тисячі разів більше диктофонів, рекомендується застосовувати ультразвуковий метод (20-24 кГц), який добре тисне сучасні смартфони.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Жаров А.А., Столбов М.Б. Складно шукати диктофон в темній кишені, якщо у вас не має PTRD 018 // Конфідент, 1997. – №1. – С.53-58.
2. Антіпов І.Є., Олейников А.М., Ликов Ю.В., Кукуш В.Д., Милютченко І.О. Засоби та системи технічного захисту інформації. Навчальний посібник для студентів ЗВО // Харків: ФОП Панов А.М., 2019. –216 с.
3. Проблеми та рішення задач виявлення диктофонів. – Режим доступу: <http://www.signal-t.ua>
4. Диференційний детектор поля. – Режим доступу: <https://www.delphiplus.org/zashchita-informatsii-vas-podslushivayut-zashchishchaies/differentsialnyi-detektor-polya.html>
5. Олейников А.Н., Коваль В.П. Особливості застосування апаратно-програмних комплексів для виявлення і локалізації закладних пристроїв // Захист інформації, 2002. – №3. – С.28-36.
6. Ісхаков Б.С., Каргашин В.Л., Юдін Л.М. Придушення диктофонів – можливості і практичне застосування // Журнал «Спеціальна Техніка», 2001. – №5. – С.14-17.
7. Каторин Ю.Ф., Куренков Є.В., Лисов А.В., Остапенко А.Н. Енциклопедія промислового шпіонажу. – К.: Фріс, 2000. – 512 с.
8. Торокін А.А. Інженерно-технічний захист інформації: навчальний посібник для студентів спеціальностей інформаційної безпеки. – Х: Торрент, 2005. – 960 с.
9. Технічні засоби протидії несанкціонованому запису мовної інформації на диктофони. – Режим доступу: <http://www.content.com.ua/430>
10. Вплив на нелінійний елемент двох сигналів. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/2874740/page:5/>
11. Олейников А.Н., Пулавський В.А., Кривенко М.А. Ультразвукові методи захисту мовної інформації // Радіотехніка, 2012. – Вип. 169. – С.17-19.

12. Дослідження ефективності метода ультразвукового пригнічення диктофонів. – Режим доступу:

<https://studfile.net/preview/8099725/>

13. Олейников А.Н. , Пулавський В.А., Цибулевський П.В. Оцінка ефективності акустичної протидії несанкціонованому запису на диктофон // Сучасний захист інформації, 2010. – №1. – С.8-16.

14. Технічні засоби протидії несанкціонованому запису мовної інформації на диктофони – Режим доступу:

<http://www.content.com.ua/430>

15. Сисоєва С.П. МЕМС мікрофони // Компоненти і технології. – Режим доступу:

http://www.kit-e.ru/assets/files/pdf/2010_06_17.pdf

ДОДАТОК А. ГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ



Основні характеристики диктофонів

Мікрофон - найчастіше електретного типу, які можуть приймати коливання з відстані 10-15 метрів.

Наявність в диктофоні рідкокристалічного дисплея. Екран, на якому відображається інформація, що дозволяє контролювати роботу диктофона.

Тип пам'яті - ділиться на дві групи:

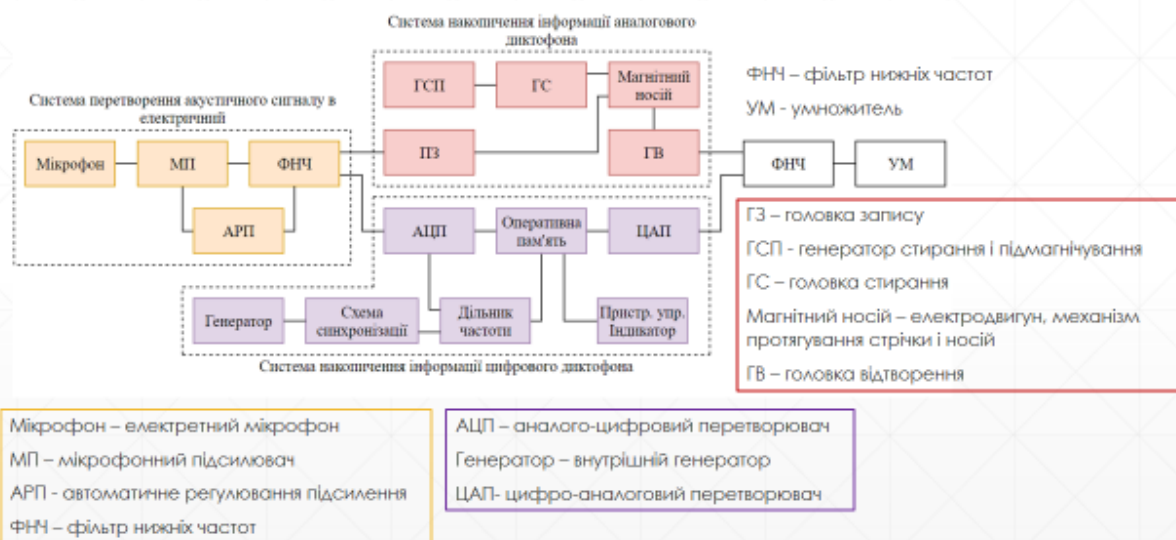
- Запис інформації на магнітну стрічку,
- Запис інформації в кристал мікросхеми пам'яті в цифровому вигляді.

Функція активації по голосу - дозволяє робити запис тільки при надходженні сигналу.

Наявність в диктофоні різних інтерфейсів: вихід на навушники, наявність USB (входу або виходу) для підключення до комп'ютера, мікрофонний вхід.

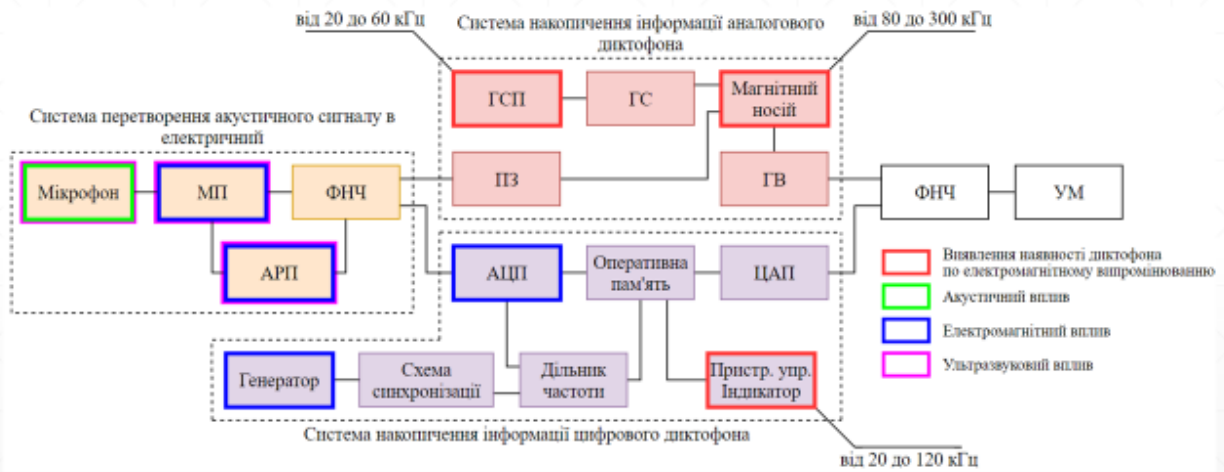
Матеріал корпусу - матеріал, з якого виготовлений корпус диктофона. Як правило, це пластик або метал (екрановані корпусу), також зустрічаються комбіновані варіанти.

Узагальнена схема диктофона



5

Вразливості диктофона



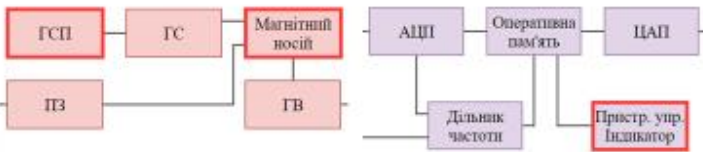
6



Класифікація методів протидії запису на диктофон

7

Виявлення диктофонів дуже складне завдання: потрібно реєструвати дуже слабке ЕМ вивчення диктофона на тлі більш сильних перешкод від різних побутових приладів.



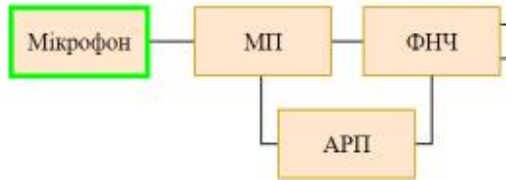
Слід зазначити що ефективність об'єктивних детекторів диктофонів низька і тому цей метод знаходить застосування тільки в стаціонарних умовах.

Виявлення наявності диктофона



8

Акустичний метод полягає в тому, що генератор пригнічувача виробляє перешкоду зі спектром якого перекриває мовної діапазон і випромінює її в напрямку можливого розташування записуючого пристрою.



Такий метод має деякий негативний психологічний вплив на співрозмовників, що ускладнює проведення переговорів.

Придушення несанкціонованого запису на диктофон

Акустичне просторове зашумлення



9

Електромагнітний метод має кілька варіантів реалізації :

1) наведений низькочастотний сигнал перешкоди перетворюється в АМ-сигнал в результаті прямого детектування на нелінійних і посилюється спільно з мовним сигналом.

2) перевантаження вхідних каскадів підсилювача перешкодою, що перевищує рівень мовного сигналу, через це корисний сигнал виявляється під порогом реальної чутливості підсилювача.

3) АЦП не розрахований на рівень шумів схожий по амплітуді на корисний. При співвідношенні сигнал/шум ≈ 1 АЦП переходить в нелінійний режим, чим значно погіршує дане співвідношення на виході.

4) для АЦП дуже важлива синхронізація. Тому сигнал наводиться на генератор тактової частоти виведе систему з режиму синхронізації, і диктофон НЕ буде накопичувати корисну інформацію.



Придушення несанкціонованого запису на диктофон

Електромагнітне придушення



10

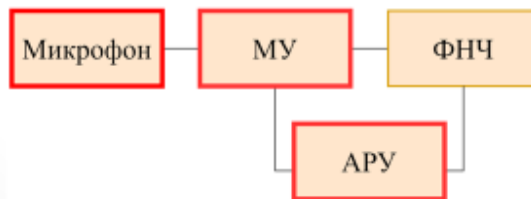
Ультразвуковий метод заснований на випромінюванні потужного сигналу (понад 20 кГц) який не сприймається людським вухом. У більшості сучасних диктофонах і смартфонах використовується електретних мікрофони з діапазоном частот захоплюючі ультразвук. УЗК метод включає в себе два методи: одночастотний та двухчастотний.

У свою чергу одночастотний метод має дві реалізації:

1) переваження мікрофонного підсилювача перешкодою з великою інтенсивністю. Відбувається зсув робочої точки на нелінійних, через що відбувається викривлення мовного сигналу.

2) реакція АРУ на перешкоду з великою інтенсивністю. Йде зменшення коефіцієнта посилення мікрофонного підсилювача до такої міри що корисний сигнал неможливо записати.

Двухчастотний метод заснований на нелінійностях мікрофонного підсилювача. Пристрій подає дві потужні перешкоди з частотами відмінними на кілька кілогерц (1-4 кГц). Ці перешкоди разом впливають на нелінійному елементі, в слідстві чого генерується перешкода з різницевої частотою, що лежить в тому ж діапазоні що і різниця двох перших (1-4 кГц).



Придушення несанкціонованого запису на диктофон

Ультразвукове придушення



Розглянемо випадок, коли на нелінійний елемент впливають два сигнали. Для простоти в якості вхідних сигналів використовуватимемо гармонійні сигнали з нульовими початковими фазами:

$$s_1(t) = S_1 \cos(\omega_1 t), \quad s_2(t) = S_2 \cos(\omega_2 t)$$

Частоти цих двох сигналів в загальному випадку різні: $\omega_1 \neq \omega_2$

Нелінійну залежність струму і від напруги і на нелінійному елементі апроксимуємо поліномом третього ступеня

$$i = a_0 + a_1 u + a_2 u^2 + a_3 u^3$$

Ступінь нелінійності елемента у формулі визначають два доданки $a_2 u^2$ і $a_3 u^3$.

Результуюча напруга на нелінійному елементі дорівнює сумі гармонійних сигналів: $u = s_1(t) + s_2(t)$

Підставляючи цю суму в вираз і використовуючи тригонометричні формули, після нескладних перетворень отримаємо:

$$\begin{aligned} i = & \left(a_0 + \frac{1}{2} a_1 S_1^2 + \frac{1}{2} a_1 S_2^2 \right) + \\ & + \left(a_1 S_1 + \frac{3}{2} a_2 S_1^2 + \frac{3}{2} a_2 S_1 S_2 \right) \cos \omega_1 t + \left(a_1 S_2 + \frac{3}{2} a_2 S_2^2 + \frac{3}{2} a_2 S_1 S_2 \right) \cos \omega_2 t + \\ & + \frac{1}{2} a_2 S_1^2 \cos 2\omega_1 t + \frac{1}{2} a_2 S_2^2 \cos 2\omega_2 t + \frac{3}{4} a_2 S_1^2 \cos 3\omega_1 t + \frac{3}{4} a_2 S_2^2 \cos 3\omega_2 t + \\ & + a_2 S_1 S_2 \cos(\omega_1 + \omega_2) t + a_2 S_1 S_2 \cos(\omega_1 - \omega_2) t + \\ & + \frac{3}{4} a_3 S_1^3 \cos 3\omega_1 t + \frac{3}{4} a_3 S_2^3 \cos 3\omega_2 t + \frac{3}{4} a_3 S_1^2 S_2 \cos(2\omega_1 + \omega_2) t + \frac{3}{4} a_3 S_1 S_2^2 \cos(2\omega_2 + \omega_1) t + \\ & + \frac{3}{4} a_3 S_1^2 S_2 \cos(2\omega_1 - \omega_2) t + \frac{3}{4} a_3 S_1 S_2^2 \cos(2\omega_2 - \omega_1) t \end{aligned}$$

Як бачимо, в складі струму з'явилися постійна складова, перші, другі та треті гармоніки, а також з'являється і різницева (комбінаційна) частота яка і важлива в даному випадку. Ці складові виникають від кожного з вхідних гармонійних сигналів окремо.

Але є альтернативний метод - модернізований акустичний метод, який використовує ряд особливостей формування сигналу перешкоди сприйняття звуків вухом людини:

- відстань між місцем можливого розташування диктофона і джерелом акустичної перешкоди необхідно максимально мінімізувати, а також зробити її в кілька разів менше, ніж відстань між джерелом мови і диктофоном;

- формувати акустичну перешкоду на основі мови співрозмовників. Така перешкода виявляється корельованою з сигналом, який забезпечує ефективне придушення навіть при невеликому відношенні сигнал/шум і не піддається фільтрації, так як займає ту ж саму смугу частот, як і мовний сигнал. Перешкода присутня тільки в моменти наявності мовного сигналу і відсутня в паузах.

Перевагою такого акустичного придушення є те, що в разі наближення джерела перешкоди до диктофона значно підвищується відношення рівня перешкоди до рівня корисного сигналу.

Крім цього, за рахунок формування перешкоди тільки під час існування мовного сигналу вдається позбутися від негативного психологічного впливу акустичної завади на співрозмовників в моменти тиші в паузах між фразами. При веденні розмови така перешкода не привертає уваги співрозмовників і не ускладнює спілкування. Використання особливостей такого акустичного придушення дозволяє різко підвищити ефективність придушення диктофонів.

Придушення несанкціонованого запису на диктофон

Модернізований акустичний метод

13

Для вимірювання розбірливості мови можуть використовуватися суб'єктивні і об'єктивні методи.

Суб'єктивним методом (експертної оцінки на слух) є метод артикуляційних випробувань, коли формуються дві бригади, дикторів і слухачів які на слух оцінюють розбірливість мови.

Об'єктивні ж методи покликані абстрагуватися від участі людини у випробуваннях, що дозволяє позбутися від суб'єктивних помилок.

Для оцінки розбірливості мови обраний формантний метод, запропонований Н.Б. Покровським. Кожна форманта характеризується своїм коефіцієнтом сприйняття. Якщо розділити діапазон спектра мови на п'ять піддіапазонів з центральними октавними частотами 250, 500, 1000, 2000, 4000 Гц, то можна розрахувати коефіцієнти сприйняття формант для кожної октавної смуги. Для оцінки зашумлення корисного сигналу шумом знаходять співвідношення сигнал / шум на тих же октавних смуг. Після цього знаходиться формантного розбірливість за методом Покровського.

Методи оцінки ефективності протидії несанкціонованому запису на диктофон

Методи ефективності можуть полягати:

- в аналізі співвідношення сигнал/шум на виході,
- по розбірливості мови.

У першому методі вважається, що розбірливість мови пропорційна середньої різниці між піковим рівнем мови і ефективним рівнем маскування шуму. Значення нижче 0,3 відповідають дуже хорошим; від 0,3 до 0,5 - хорошою; 0,5 ... 0,7 - задовільною; вище 0,7 - поганий розбірливості.

14

Артикуляційна (формантного) розбірливість A розраховується як сума розбірливо формант на кожній з октавних частот

$$A = \sum_{k=1}^K p_k \cdot P(E_k')$$

Де $P(E_k')$ - коефіцієнт сприйняття мови.

$$P(E_k') = \begin{cases} \frac{0.78 + 5.46 \cdot \exp[-4.3 \cdot 10^{-3} \cdot (27.3 - |E_k'|)^2]}{1 + 10^{0.3 \cdot |E_k'|}}, & E_k' \leq 0 \\ 1 - \frac{0.78 + 5.46 \cdot \exp[-4.3 \cdot 10^{-3} \cdot (27.3 - |E_k'|)^2]}{1 + 10^{0.3 \cdot |E_k'|}}, & E_k' > 0 \end{cases}$$

p_k - ймовірність перебування формант k -тій смузі частот

$$p_k = \frac{F(f_{ок}) - F(f_{ок-1})}{F(f_{ок})} = \begin{cases} 2.57 \cdot 10^{-8} \cdot f^{2.4}, & 100 < f \leq 400 \text{ Гц} \\ 1 - 1.074 \cdot \exp(-10^{-4} \cdot f^{1.18}), & 400 < f \leq 10000 \text{ Гц} \end{cases}$$

E_k' - ефективний рівень відчуття формант в k -тій смузі частот.

$$E_k' = E_k - \Delta B(f_{ок})$$

E_k - ефективний рівень відчуття мовного сигналу в k -тій смузі частот, що дорівнює відношенню сигнал-шум в цій смузі частот. Цей параметр стає відомий після проведення багатоканальної фільтрації сигналу і шуму.

$$E_k = a_k = 10 \lg \frac{D_{с\kappa}}{D_{ш\kappa}}$$

Де $D_{с\kappa}$ и $D_{ш\kappa}$ - дисперсії сигналу і шуму k -тій смузі частот.

$\Delta B(f)$ - різниця між усередненими спектрами мови і формант.

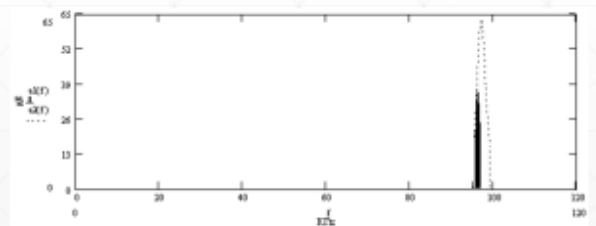
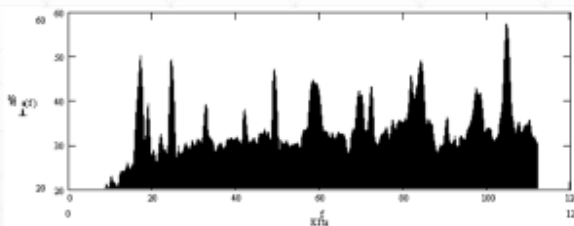
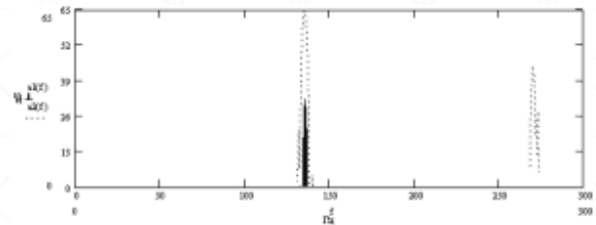
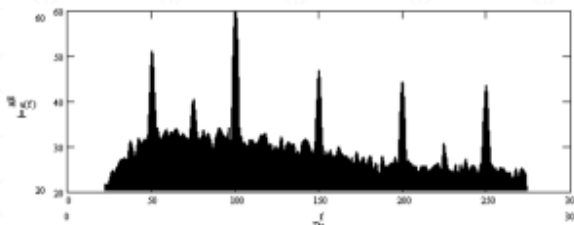
$$\Delta B(f) = \begin{cases} \frac{200}{f^{0.43}} - 0.37, & f \leq 1000 \text{ Гц} \\ 1.37 + \frac{1000}{f^{0.43}}, & f > 1000 \text{ Гц} \end{cases}$$

Знаючи формантного розбірливість A можна знайти словесну розбірливість W за такою формулою

$$W = \begin{cases} 1.54 \cdot A^{0.22} [1 - \exp(-11 \cdot A)], & A < 0.15 \\ 1 - \exp\left(\frac{11 - A}{1 + 0.7 \cdot A}\right), & A \geq 0.15 \end{cases}$$

15

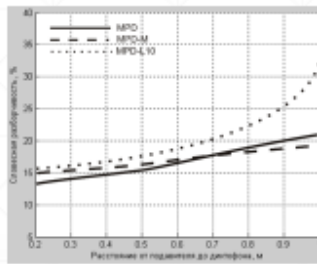
Експериментальні дослідження Виявлення наявності диктофона



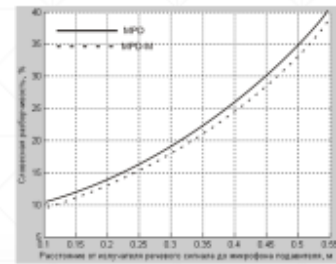
16

Експериментальні дослідження

Акустическое пространственное зашумление



Відстань	1 м	0.5 м	0.25 м
Тип пригнічувача			
MPD	21,35 %	16,41 %	15,54 %
MPD-L10	33,08 %	17,57 %	15,20 %
MPD-M	19,23 %	14,44 %	13,17 %



Відстань	0.1 м	0.3 м	0.5 м
Тип пригнічувача			
MPD	11,17 %	19,1 %	36,4 %
MPD-M	9,5 %	18,8 %	34,3 %

17

Експериментальні дослідження

Електромагнітне придушення

Модель	Тип корпусу	Відносна максимальна дальність зони повного придушення, м
S-801 PearlCorder Olimpus TP-35 Casio	Пластиковий	1
TRC 520M Sanyo	Пластиковий	0,83
S 724 PearlCorder Olimpus	Металевий слабо екранований	
S 725 PearlCorder Olimpus	Металевий слабо екранований	
S 392 PearlCorder Olimpus	Металевий слабо екранований	
L-400 PearlCorder Olimpus	Металевий	0,32
TRC 6209 Sanyo Talkbook	Металевий екранований	0,16
RN-Z30 National Panasonic	Металевий з підсиленою екрануванням	0,063 0,04 0,06*
M 999 Sony RN-Z10 National Panasonic		0,016

Модель	Тип корпусу і спосіб запису	Відносна максимальна дальність зони повного придушення, м
DMP 260 X Toshiba Olimpus D-1000	Основа пластик з металевими передньої і задньої стінками. Електронна пам'ять	0,83
SVR -240 Samsung	Основа пластик з металевими передньої і задньої стінками. Електронна пам'ять	0,54
Dictoфон Диктофонформи General vertortung	Металевий. Електронна пам'ять	0,5
TCD-07 Sony	Металевий з підсиленою екрануванням Запис на магнітну стрічку	0,21
SVR 5820/S410 Samsung	Електронна пам'ять	0,21
TCM 359V Sony	Електронна пам'ять	0,18
U 7102	Металевий з підсиленою екрануванням і зовнішнім, малогабаритний. Електронна пам'ять	0,02 0,25*

18

Експериментальні дослідження ультразвукового пригнічувача USPD

Зовнішній вигляд пристрою



19

Експериментальні дослідження ультразвукового пригнічувача

Мета дослідження - оцінка ефективності придушення функції диктофона різних моделей смартфонів, а також встановлення їх зони пригнічення.

Експериментальна установка має вигляд:



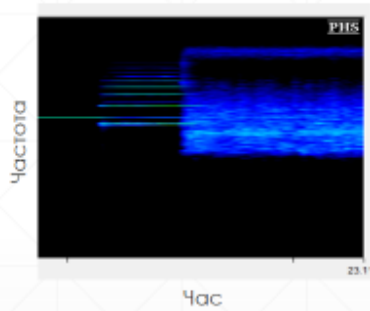
Пристрої з допомогою яких був поставлений експеримент:

- Генератор сигналів довільної форми FY6800;
- Шумомір Der EE DE-3301;
- Колонка, яка підключена до генератора для відтворення тестових сигналів;
- Ультразвуковий пригнічувач диктофонів Ultrasonic USPD X11

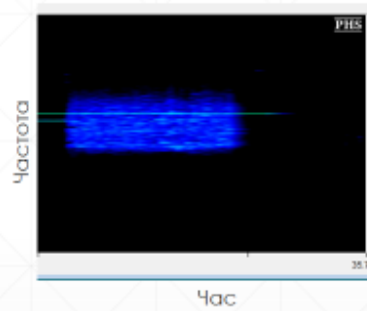
20

Результати придушення смартфона Meizu M6

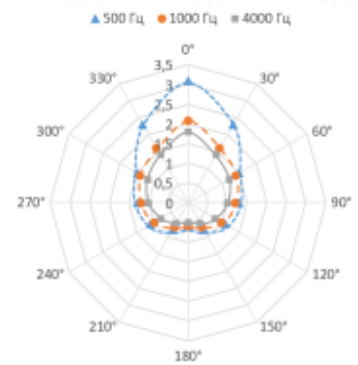
Спектрограма на 1 м.



Спектрограма на 3 м.



Зона придушення



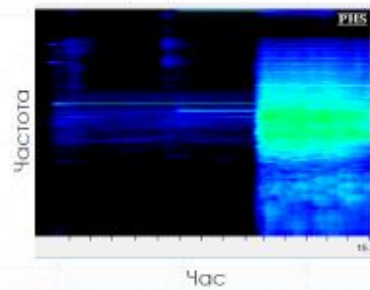
Таблиця дальності кордонів придушення

	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°
500 Гц	3 м.	2,3 м.	1,5 м.	1,3 м.	1,1 м.	0,8 м.	0,6 м.
1000 Гц	2 м.	1,6 м.	1,4 м.	1,2 м.	1 м.	0,7 м.	0,6 м.
4000 Гц	1,8 м.	1,4 м.	1,2 м.	1 м.	0,8 м.	0,6 м.	0,5 м.

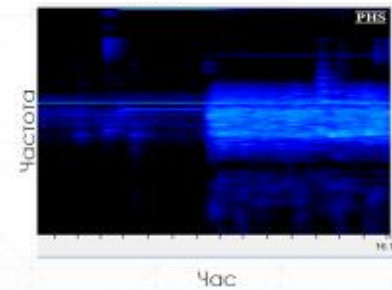
21

Результати придушення смартфона Xiaomi Note 4x

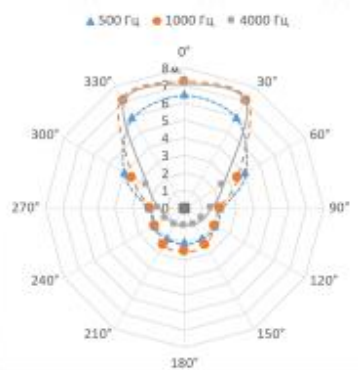
Спектрограма на 1 м.



Спектрограма на 6.5 м.



Зона придушення

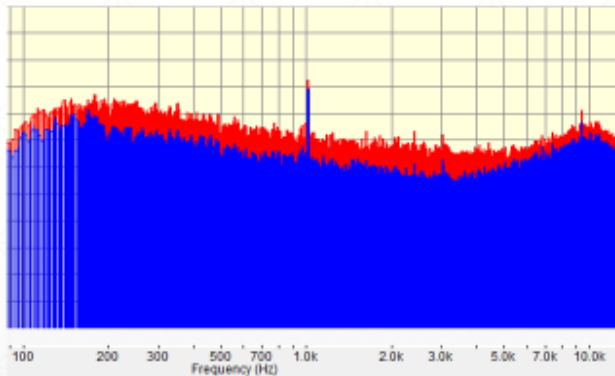


Таблиця дальності кордонів придушення

	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°
500 Гц	6,5 м.	6 м.	4 м.	2 м.	2 м.	2 м.	2 м.
1000 Гц	7,2 м.	7 м.	3,5 м.	2 м.	2 м.	2,4 м.	2,5 м.
4000 Гц	7,15 м.	7 м.	2,5 м.	1,5 м.	1,2 м.	1,1 м.	1 м.

22

Також був проведений експеримент із застосуванням перепони для ультразвуку: в даному випадку диктофон був розміщений в кишені.



На малюнку видно, що через наявність перешкоди придушення практично не відбувається, і на відстані одного метра інтенсивність тестового сигналу набагато більший шум, що потрапляють в мікрофон.

Пристрої які також брали участь в експерименті але не були придушені ультразвуковим пригнічувачем USPD : "Lenovo K-50-T5", "Nokia Lumia 520", "Ipad mini", "iPhone 5".

23

Висновки

1. Виявлення диктофонів складне завдання і дуже витратний метод боротьби з несанкціонованим запису мови на диктофон. Виявлення диктофонів проводиться по їх демаскуючим ознакам. Більш-менш позитивні результати виходять на стаціонарних пристроях в яких заздалегідь відомо розташування відвідувача і власника кабінету.

2. Акустичне придушення, є найпростішим і правильне розташування мовця, мікрофона диктофона, динаміка пригнічувача і застосування мовоподібної перешкоди робить цей метод універсальним. Але і має мінус, а саме те, що акустичні перешкоди чутні і заважають розмови, а також демаскують роботу апаратури захисту.

3. Електромагнітне придушення виявилось слабо ефективним. У кращому випадку: деякі типи диктофонів даються на відстані 5-6 метрів, в гіршому випадку: диктофони як спец кошти можуть вдаватися тільки на відстані близько десятків сантиметрів.

4. Ультразвукове придушення виходячи з експерименту дуже добре тисне сучасні смартфони. Дальність придушення від трьох до 8 метрів. Але для цього кошти дуже критична пряма видимість пристрою. Будь-яка перешкода між джерелом випромінювання і мікрофоном диктофона заважає цим методом придушення і на відстані менше одного метра придушення не відбувається.

З вище сказаного можна зробити висновок, що застосування одного тільки методу придушення не дає гарантований результат повного закриття інформації для ряду різних диктофонів, тому доцільно застосовувати модифікований акустичний метод протидії. А з точки зору статистично-економічного підходу, кількість активних смартфонів в тисячі разів більше диктофонів, рекомендується застосовувати ультразвуковий метод, який добре тисне сучасні смартфони.

24

Кваліфікаційна робота здобувача освітнього ступеня «МАГІСТР»

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ БЛОКУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО КАНАЛУ

Спеціальність: 125 - Кібербезпека та захист інформації

Виконав: Дмитро ЮРЧЕНКО

Керівник: к.т.н., доц. Юрій ПЕПА

Київ - 2025

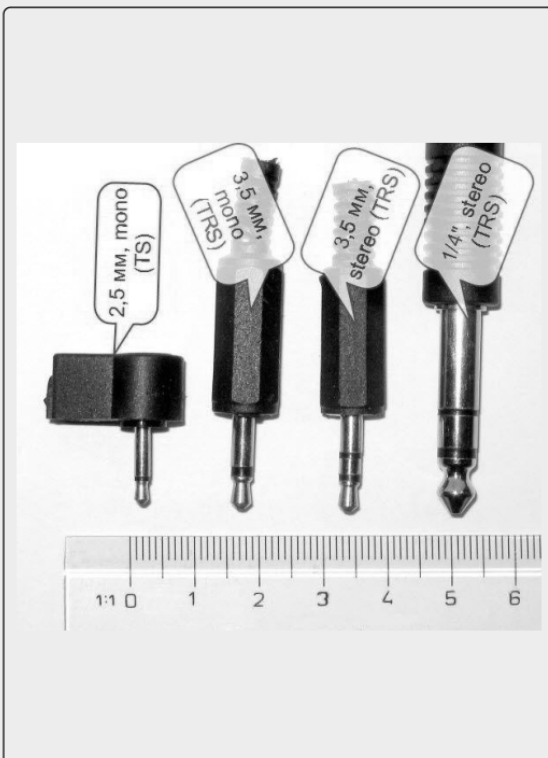
АКТУАЛЬНІСТЬ, МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2

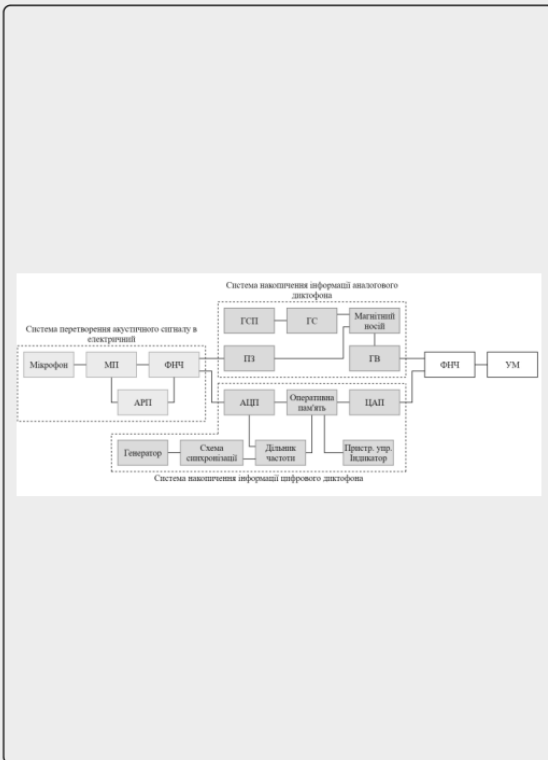
- Актуальність теми зумовлена необхідністю захисту мовної інформації під час переговорів, нарад та закритих заходів від несанкціонованого запису на диктофон.
- Об'єкт дослідження - придушення диктофонів як технічних засобів фіксації мовної інформації.
- Мета роботи - дослідження методів і засобів протидії несанкціонованому запису мови на диктофон.
- Методи дослідження - експертна та порівняльна оцінка, спектральний аналіз у режимі реального часу з використанням програмних засобів.
- Завдання: описати структуру диктофона, визначити його вразливості, розглянути методи протидії та оцінити ефективність технічних засобів блокування каналу.

- Узагальнено сучасні засоби фіксації мовної інформації: професійні диктофони, замасковані пристрої, смартфони, планшети та інші мобільні пристрої з функцією запису.
- Проаналізовано структуру аналогових і цифрових диктофонів та встановлено основні вразливі вузли: мікрофон, мікрофонний підсилювач, АРП, АЦП, індикатори та електродвигуни.
- Систематизовано методи протидії: виявлення диктофонів, акустичне просторове зашумлення, електромагнітне придушення та ультразвуковий вплив.
- Проведено експериментальні дослідження ультразвукового пригнічувача USPD на смартфонах і виконано порівняльний аналіз ефективності методів.

СУЧАСНІ ПРИСТРОЇ ФІКСАЦІЇ МОВНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

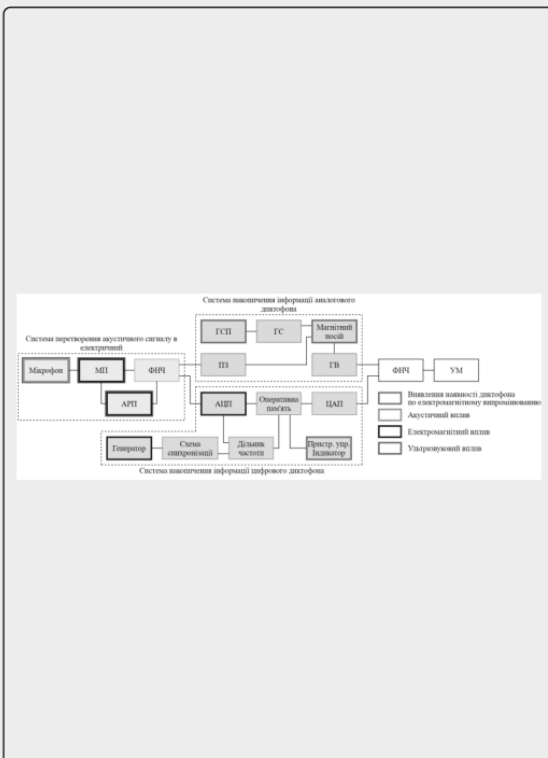


- Диктофони та смартфони можуть використовуватися для прихованого запису мовної інформації під час переговорів або службових нарад.
- Основними характеристиками є тип мікрофона, формат запису, обсяг пам'яті, наявність USB-інтерфейсу, мікрофонного входу та режимів автоматичного запису.
- Мініатюризація пристроїв ускладнює їх виявлення, тому необхідні активні технічні засоби блокування каналу запису.



- Типовий диктофон містить мікрофон, мікрофонний підсилювач, фільтри, систему автоматичного регулювання підсилення та тракт накопичення інформації.
- Аналогові диктофони використовують магнітну стрічку та електродвигун, а цифрові - АЦП, пам'ять, ЦАП і схеми синхронізації.
- Розуміння внутрішньої структури дає змогу визначити точки, на які можна впливати для порушення запису.

ВРАЗЛИВОСТІ ДИКТОФОНІВ

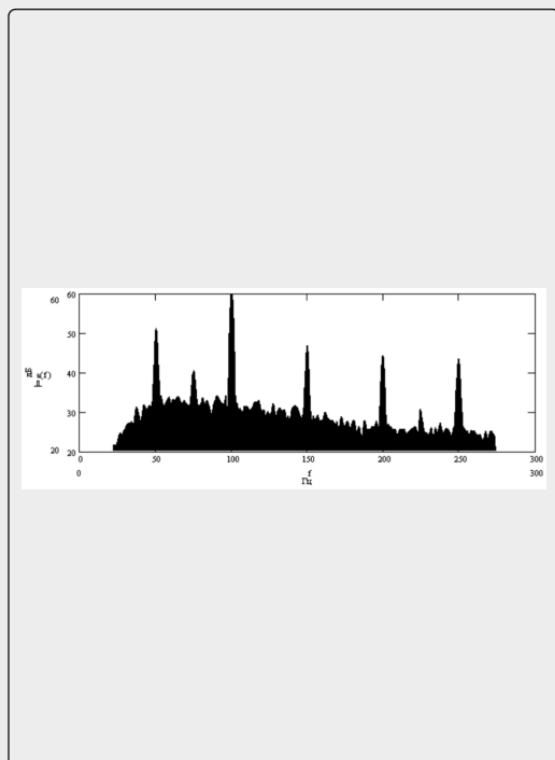


- На диктофон можливий вплив через акустичний та ультразвуковий канали, електромагнітне поле і демаскуючі сигнальні ознаки.
- Уразливими є мікрофон, мікрофонний підсилювач, система АРП, АЦП, генератор синхронізації, індикатори та елементи магнітного тракту.
- Для цифрових диктофонів критичними є вхідні каскади та АЦП, які можуть перевантажуватися потужною перешкодою.

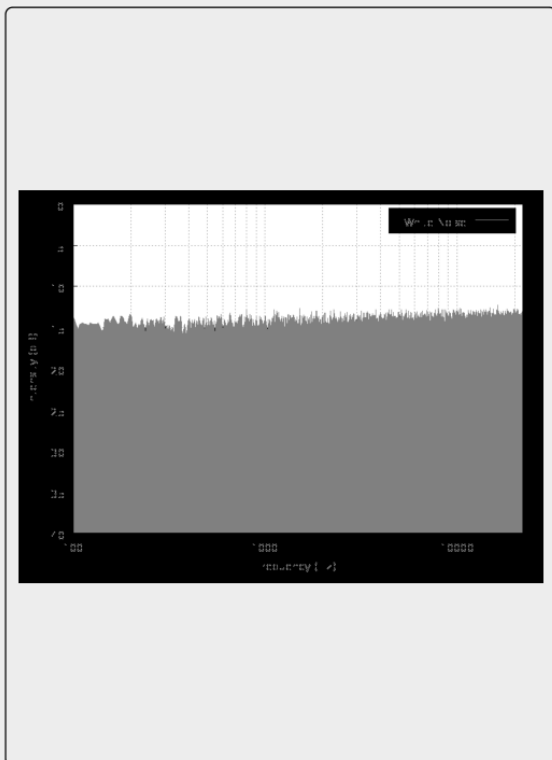


- Основні підходи до протидії - виявлення наявності диктофона та придушення запису на диктофон.
- Придушення може реалізовуватись акустичним просторовим зашумленням, електромагнітним впливом і ультразвуковим придушенням.
- Ультразвуковий вплив може бути одночастотним або двочастотним, що дозволяє підвищити ефективність дії на мікрофонний тракт.

МЕТОДИ ВИЯВЛЕННЯ ДИКТОФОНІВ



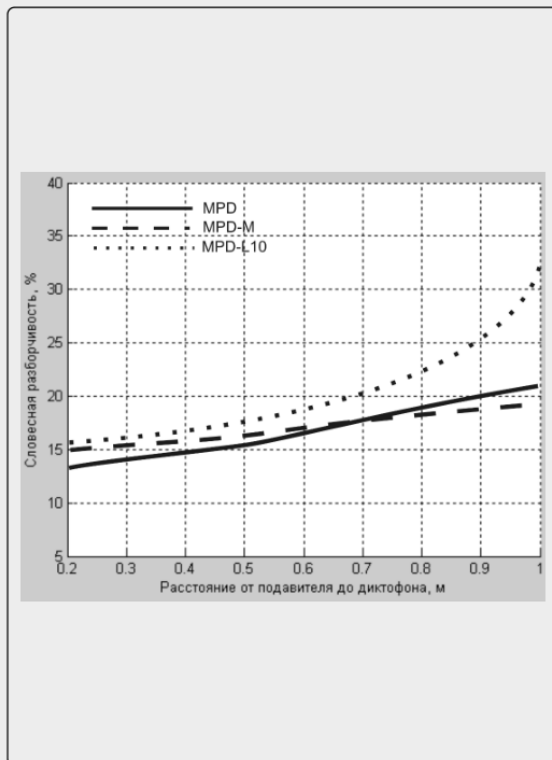
- Виявлення диктофонів базується на реєстрації слабких електромагнітних випромінювань від працюючого пристрою на фоні офісних перешкод.
- Для аналогових диктофонів основними джерелами випромінювання є електродвигун і генератор стирання та підмагнічування.
- Для цифрових диктофонів значущими джерелами можуть бути рідкокристалічні дисплеї, індикатори та кабелі зовнішніх аксесуарів.



- Акустичний метод полягає у створенні маскувальної шумової перешкоди в мовному діапазоні частот.
- Як перешкоди можуть застосовуватися білий, рожевий або коричневий шум, які зменшують розбірливість записаного мовного сигналу.
- Перевагою методу є простота реалізації, а недоліком - можливий дискомфорт для учасників переговорів.

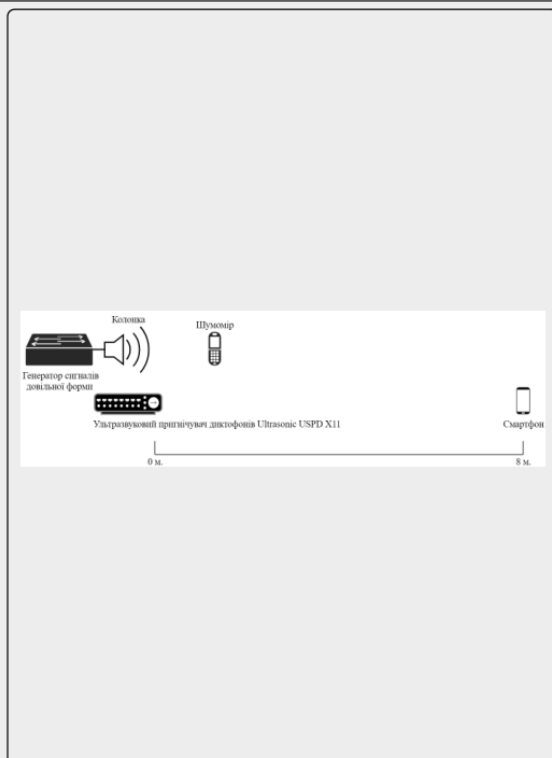
ЕЛЕКТРОМАГНІТНИЙ ТА УЛЬТРАЗВУКОВИЙ МЕТОДИ ПРИДУШЕННЯ

- Електромагнітний метод спрямований на створення перешкод у схемах диктофона через наведення у чутливих електронних вузлах.
- Ультразвуковий метод впливає на мікрофон і мікрофонний підсилювач за межами чутного діапазону людини, що знижує акустичний дискомфорт.
- При нелінійності мікрофонного тракту ультразвукові коливання можуть породжувати низькочастотні складові, які перевантажують тракт запису.
- Найбільший практичний інтерес становить ультразвукове придушення смартфонів і цифрових диктофонів, які використовують MEMS-мікрофони.

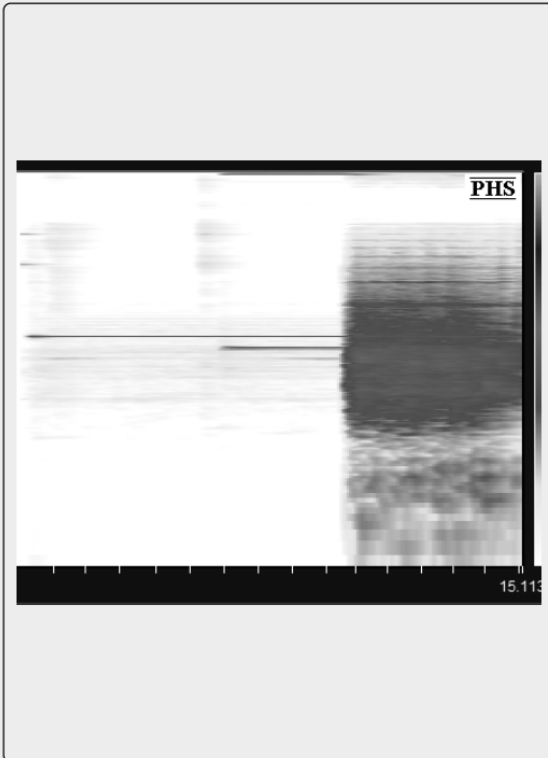


- Ефективність протидії оцінюється за зниженням розбірливості записаного мовного сигналу та якістю пригнічення корисного мовлення.
- Для аналізу застосовується спектральне подання сигналу, оцінювання формантної та словесної розбірливості, а також порівняння спектрограм.
- Практичний критерій - неможливість відновити або використати мовну інформацію після запису на диктофон.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА УСТАНОВКА ТА УЛЬТРАЗВУКОВИЙ ПРИГНІЧУВАЧ USPD



- Експериментальні дослідження виконувались із застосуванням ультразвукового пригнічувача диктофонів USPD.
- Схема дослідження передбачає джерело мовного сигналу, пригнічувач, смартфон або диктофон та засоби аналізу записаного сигналу.
- У дослідженні оцінювалась зона ефективного придушення, залежність результату від відстані та вплив параметрів ультразвукової перешкоди.



- Для різних смартфонів побудовано зони ефективного придушення та отримано спектрограми записаних сигналів.
- Результати показують, що ефективність ультразвукового впливу залежить від моделі пристрою, розташування мікрофонів і відстані до пригнічувача.
- На межі зони дії ефективність зменшується, тому для практичного застосування необхідно враховувати геометрію приміщення та напрямок випромінювання.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!

Доповідь підготував здобувач вищої освіти Дмитро ЮРЧЕНКО

Тема: «Оцінка ефективності застосування технічного засобу захисту інформації»