

Міністерство освіти і науки України  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Факультет інформаційних технологій  
Кафедра кібербезпеки та захисту інформації

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ:  
В.о. завідувача кафедри  
кібербезпеки  
та захисту інформації  
\_\_\_\_\_ Іван ПАРХОМЕНКО

«17» травня 2024 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
кваліфікаційної роботи

галузь знань 12 Інформаційні технології  
(шифр і назва галузі знань)

спеціальність 125 Кібербезпека  
(код і назва спеціальності)

освітній ступень магістр

освітньо-наукова програма Кібербезпека  
(назва освітньої програми)

на тему: «Удосконалення методу захисту акустичної інформації в кімнаті переговорів»

Виконавець: студент II курсу, групи КБм-21

Тарас БОЙКО

(підпис)

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

|                   | Ім'я, ПРІЗВИЩЕ         | Підпис |
|-------------------|------------------------|--------|
| Науковий керівник | Микола<br>БРАЛЛОВСЬКИЙ |        |
| Нормоконтроль     | Юрій БАБЕНКО           |        |

Київ 2024

Міністерство освіти і науки України  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка

---

Факультет інформаційних технологій  
Кафедра кібербезпеки та захисту інформації

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

В.о. завідувача кафедри кібербезпеки  
та захисту інформації

\_\_\_\_\_ Іван ПАРХОМЕНКО

«17» листопада 2023 р.

**ЗАВДАННЯ**  
на виконання кваліфікаційної роботи

|                             |  |  |
|-----------------------------|--|--|
| спеціальності               | _____ <i>125 Кібербезпека</i> _____<br>(код і назва спеціальності)                   |  |
| освітній ступень            | _____ <b>магістр</b> _____   |  |
| Здобувача(ки)               | _____ КБМ-21 _____<br>(група)  | _____ Бойка Тараса Віталійовича _____<br>(прізвище ім'я по-батькові) |
| Тема кваліфікаційної роботи | _____ Удосконалення методу захисту акустичної інформації в кімнаті переговорів _____ |  |

**1. ПІДСТАВИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ**

Рішення засідання кафедри кібербезпеки та захисту інформації факультету інформаційних технологій протокол № 5 від 15.11.2023 р.

**2. МЕТА ТА ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ**

**Об'єкт досліджень** \_\_\_\_\_ Процеси захисту акустичної інформації в кімнатах для проведення конфіденційних переговорів. \_\_\_\_\_

**Предмет досліджень** Методи та засоби захисту акустичної інформації від несанкціонованого доступу в кімнатах для проведення конфіденційних переговорів.

---

**Мета** Підвищення ефективності захисту акустичної інформації в кімнатах для проведення конфіденційних переговорів шляхом удосконалення існуючих методів та засобів захисту акустичної інформації.

---

**Вихідні дані для проведення роботи** Методи побудови розподілених інформаційних систем.

---

### 3. ОЧІКУВАНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ

**Наукова новизна** Створення структурної та функціональної схеми адаптивної системи активного акустичного захисту, що поєднує генерацію шумових та когерентних завад, що дозволяє суттєво підвищити рівень придушення мовних сигналів порівняно з традиційними методами та забезпечує надійний захист акустичної інформації при збереженні комфортних умов для учасників переговорів.

---

**Практична цінність** Підвищення рівня захищеності мовної інформації під час проведення конфіденційних переговорів в спеціально обладнаних приміщеннях.

---

### 4. ВИМОГИ ДО РЕЗУЛЬТАТІВ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Робота виконана у повному обсязі відповідно до теми.

---

### 5. ЕТАПИ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

| Найменування етапів робіт   | Строки виконання робіт<br>(початок-кінець) |
|---|--|
| Уточнення постановки задачі   | 17.11.2023 – 22.01.2024                    |
| Аналіз літературних джерел  | 23.01.2024 – 23.02.2024                    |
| Огляд методів захисту акустичної інформації. Вимоги до захисту інформації в кімнатах переговорів. | 24.02.2024 – 07.03.2024                    |

| Найменування етапів робіт  | Строки виконання робіт<br>(початок-кінець) |
|--|--|
| Огляд та порівняльний аналіз існуючих технічних рішень, виявлення недоліків та проблем.  | 08.03.2024 – 16.03.2024                    |
| Оцінка економічної ефективності існуючих методів захисту інформації.   | 17.03.2024 – 02.04.2024                    |
| Пропозиція методу, який базується на застосуванні активного акустичного захисту з використанням технологій штучного інтелекту. | 03.04.2024 – 25.04.2024                    |
| Теоретичне обґрунтування ефективності та експериментальна перевірка ефективності запропонованого методу.                       | 26.04.2024 – 03.05.2024                    |
| Оформлення пояснювальної записки згідно методичних рекомендацій.   | 04.05.2024 – 11.05.2024                    |
| Подача пакету документів на розгляд ЕК.  | 12.05.2024 – 17.05.2024                    |

## 6. РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ

**Економічний ефект**    Заощадження коштів для збереження конфіденційності акустичної інформації .

**Соціальний ефект**    Покращення процесу захисту особистої інформації.

## 7. ДОДАТКОВІ ВИМОГИ

Завдання видав

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Микола БРАІЛОВСЬКИЙ**

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Завдання прийняв  
до виконання

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Тарас БОЙКО**

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Дата видачі завдання: 17.11.2023 р.  
Термін подання кваліфікаційної роботи до ЕК 17.05.2024 р.

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить 84 сторінки основного тексту, 8 рисунків, 1 таблицю та 51 літературне джерело.

Об'єкт дослідження – процеси захисту акустичної інформації в кімнатах для проведення конфіденційних переговорів.

Мета роботи – підвищення ефективності захисту акустичної інформації в кімнатах для проведення конфіденційних переговорів шляхом удосконалення існуючих методів та засобів захисту акустичної інформації.

В роботі проаналізовано особливості поширення акустичних хвиль та існуючі методи захисту акустичної інформації. Проведено дослідження та порівняльний аналіз ефективності пасивних методів акустичного захисту.

Запропоновано удосконалений метод активного акустичного захисту на основі синтезу когерентних акустичних завад, що дозволяє ефективно придушувати мовні сигнали в кімнатах переговорів.

Проведено теоретичне обґрунтування та експериментальну перевірку ефективності запропонованого методу. Встановлено, що він забезпечує придушення мовних сигналів на 15-20 дБ в порівнянні з існуючими методами.

Результати досліджень рекомендується використовувати для створення перспективних систем активного акустичного захисту інформації. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розробку адаптивних алгоритмів управління системою генерації акустичних завад.

Ключові слова: акустична інформація, захист інформації, акустичний захист, активний захист, акустичні завади.

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| ВСТУП.....   | 7  |
| РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД МЕТОДІВ ЗАХИСТУ АКУСТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ.....                          | 10 |
| 1.1.Поняття акустичної інформації та особливості її поширення .....                | 10 |
| 1.2. Методи захисту акустичної інформації .....                                    | 20 |
| 1.3. Вимоги до захисту інформації в кімнатах переговорів.....                      | 29 |
| Висновки за розділом 1.....  | 33 |
| РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ТА ЇХ НЕДОЛІКІВ .....                    | 35 |
| 2.1.Огляд та порівняльний аналіз існуючих технічних рішень .....                   | 35 |
| 2.2.Виявлення недоліків та проблем .....   | 39 |
| 2.3. Оцінка економічної ефективності існуючих методів захисту інформації .....     | 48 |
| Висновки за розділом 2.....  | 55 |
| РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАПРОПОНОВАНОГО МЕТОДУ<br>ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ..... | 57 |
| 3.1.Опис запропонованого методу захисту.....                                       | 57 |
| 3.2.Теоретичне обґрунтування ефективності запропонованого методу .....             | 69 |
| 3.3.Експериментальна перевірка ефективності методу .....                           | 72 |
| Висновок за розділом 3.....  | 76 |
| ВИСНОВКИ.....  | 78 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....  | 80 |
| ДОДАТОК А .....  | 85 |
| ДОДАТОК Б.....   | 90 |

## ВСТУП

Оцінка сучасного стану проблеми та аналіз літератури.

Проблема забезпечення захисту акустичної інформації від витоку та несанкціонованого доступу є вкрай актуальною в умовах сучасного інформаційного суспільства. Акустичні канали є одним з основних джерел витоку конфіденційної інформації. За оцінками експертів, до 80% витоку інформації відбувається саме через акустичні канали при проведенні переговорів та обговорень [1].

В даний час розроблено ряд методів захисту акустичної інформації, таких як звукоізоляція, звукопоглинання, акустичне екранування, генерація шумових завад. Провідними вченими в цій галузі є З.Л. Рабинович, Ю.В. Гуляев, J. Scheuing та B. Berganek. Проте існуючі пасивні методи мають суттєві недоліки та не забезпечують необхідної ефективності захисту інформації.

Актуальним напрямком є розробка активних методів акустичного захисту на основі сучасних технологій цифрової обробки сигналів та генерації завад. Дана робота присвячена удосконаленню методів активного акустичного захисту інформації в кімнатах переговорів, що дозволить підвищити захищеність конфіденційної мовної інформації.

Об'єкт, предмет, мета та завдання дослідження

Об'єкт дослідження – процеси захисту акустичної інформації в кімнатах для проведення конфіденційних переговорів.

Предмет дослідження – методи та засоби захисту акустичної інформації від несанкціонованого доступу в кімнатах для проведення конфіденційних переговорів.

Мета роботи - підвищення ефективності захисту акустичної інформації в кімнатах для проведення конфіденційних переговорів шляхом удосконалення існуючих методів та засобів захисту акустичної інформації.

Завдання:

- Проаналізувати особливості поширення акустичних хвиль та методи захисту акустичної інформації.

- Дослідити існуючі технічні рішення та оцінити їх ефективність.
- Запропонувати удосконалений метод активного акустичного захисту.
- Теоретично обґрунтувати та експериментально дослідити ефективність запропонованого методу.

Наукова новизна та практичне значення результатів

В роботі буде запропоновано новий ефективний метод активного акустичного захисту інформації в кімнатах переговорів. Результати дослідження матимуть важливе практичне значення та можуть бути використані для підвищення захищеності конфіденційної інформації.

Акустична інформація має свої особливості поширення та сприйняття. На відміну від візуальної чи електронної, вона поширюється у вигляді механічних хвиль тиску в повітряному середовищі або конструкціях. [10] Це визначає специфіку методів захисту акустичної інформації.

Дослідження присвячене аналізу та удосконаленню саме активних методів захисту, які базуються на генерації спеціальних акустичних сигналів. Такі методи є найбільш перспективними, оскільки дозволяють безпосередньо впливати на інформаційний сигнал та придушувати його складові. Пасивні методи лише опосередковано впливають на поширення звуку. [5]

Особливу увагу приділено системам активного шумового маскування та активного придушення мовних сигналів. Їх ефективність визначається алгоритмами формування завад, які повинні оптимально накладатися на корисні сигнали та пригнічувати їх інформаційні складові.

Запропоновано удосконалення цих алгоритмів на основі методів адаптивної фільтрації та синтезу когерентних завад. Це дає змогу в режимі реального часу аналізувати параметри мовних сигналів та генерувати оптимальні завади для їх компенсації.

Розроблено структурну та функціональну схеми адаптивної системи активного акустичного захисту, що поєднує генерацію шумових та когерентних завад. Проведено моделювання та експериментальні дослідження ефективності запропонованої системи.

Встановлено, що застосування адаптивних алгоритмів дозволяє суттєво підвищити рівень придушення мовних сигналів порівняно з традиційними методами. Це забезпечує надійний захист акустичної інформації при збереженні комфортних умов для учасників переговорів.

Запропоновані технічні рішення можуть бути покладені в основу перспективних комплексних систем захисту акустичної інформації. Подальші дослідження доцільно зосередити на удосконаленні алгоритмів адаптації та їх програмної реалізації. Також актуальним є вивчення можливостей інтеграції методів активного та пасивного акустичного захисту.

Отримані результати мають важливе практичне значення для створення сучасних систем захисту акустичної інформації в приміщеннях з підвищеними вимогами до конфіденційності переговорів. Їх впровадження дозволить істотно підвищити рівень захищеності мовної інформації та запобігти її витоку технічними каналами.

## РОЗДІЛ 1

### ОГЛЯД МЕТОДІВ ЗАХИСТУ АКУСТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

#### 1.1 Поняття акустичної інформації та особливості її поширення

Акустична інформація є одним з найважливіших видів інформації, яку людина отримує за допомогою слухового аналізатора. До акустичної інформації відносять будь-які звукові сигнали, що несуть певний зміст та здатні бути сприйнятими людиною або технічними пристроями.

Основним джерелом акустичної інформації є мовні сигнали. Мова є унікальною властивістю людини, що дозволяє ефективно передавати складну за змістом інформацію. Завдяки мові люди здатні обмінюватися думками, почуттями, досвідом, накопичувати і передавати знання. Тому захист мовної інформації є одним з головних завдань забезпечення інформаційної безпеки [7].

Крім мовних сигналів, джерелами акустичної інформації можуть бути різноманітні технічні пристрої – двигуни, механізми, прилади тощо. Акустичні сигнали, що генеруються роботою технічних систем, також можуть нести цінну інформацію про їх стан та режим роботи.

Отже, під акустичною інформацією розуміють сукупність даних, які передаються у вигляді звукових хвиль та містять певний зміст, що представляє інтерес і цінність для отримувача.

Основними фізичними характеристиками акустичної інформації є:

- частотний діапазон;
- інтенсивність (гучність);
- спектральний склад;
- часові та просторові параметри.

З точки зору сприйняття людиною, найбільшу цінність має акустична інформація у частотному діапазоні від 16 Гц до 16 кГц. Саме в цьому діапазоні знаходиться мовна інформація, а також більшість технічних шумів та звуків [8].

Інтенсивність звуку вимірюється в децибелах (дБ) та характеризує гучність звуку.[44] Інтенсивність природних звуків та мови становить 40-60 дБ. Надмірно гучні звуки (>80-90 дБ) є небезпечними для слуху [9].

Спектральний склад характеризує розподіл енергії звуку по частотах. Він є важливою ознакою для розпізнавання та аналізу звуків. Наприклад, для мови характерним є концентрація основної частини енергії в області частот від 300 до 3400 Гц.

Часові характеристики описують зміну параметрів звуку в часі. Акустична інформація може мати сталий або імпульсний характер. Просторові характеристики визначають напрям поширення звуку та його просторову локалізацію.

Отже, акустичну інформацію можна охарактеризувати набором основних фізичних параметрів – частотного діапазону, інтенсивності, спектрального складу, часових та просторових характеристик.

Поширення акустичної інформації відбувається у вигляді пружних хвиль у газових (повітря), рідких та твердих середовищах. Цей процес описується законами акустики та має певні особливості. Розглянемо основні з них.

1. Залежність швидкості звуку від середовища. Швидкість звуку в повітрі становить 343 м/с, у воді - близько 1500 м/с, у сталі - більше 5000 м/с. Відповідно, в різних середовищах акустична інформація поширюється з різною швидкістю. На рисунку 1.1. показано швидкість поширення звуку в різних середовищах.

Швидкість звуку залежить від пружних властивостей середовища, в якому він поширюється. У твердих тілах швидкість звуку вища, ніж у рідинах і газах, оскільки міжмолекулярні зв'язки в твердих тілах міцніші і пружні хвилі поширюються швидше. Наприклад, в алмазі швидкість звуку сягає 12000 м/с. У рідинах молекули також зв'язані, але слабкіше, тому швидкість звуку нижча, ніж у твердих тілах. У газах молекули практично не зв'язані, тому швидкість звуку в них найнижча.

Крім того, на швидкість звуку впливає щільність речовини - в щільніших середовищах звук поширюється швидше. Температура також впливає на швидкість звуку, оскільки при нагріванні відстань між молекулами збільшується і швидкість

звуку зменшується. У різних газах швидкість звуку різна - в гелії звук поширюється швидше, ніж у повітрі, а в водні або вуглекислому газі - повільніше.

Знання швидкості звуку в різних середовищах дозволяє проводити акустичні вимірювання, визначати відстань до об'єктів за часом поширення відбитого сигналу, а також прогнозувати особливості поширення звуку та проектувати звукоізоляцію.

| Середовище           | $v$ , м/с |
|----------------------|-----------|
| Вода                 | 1500      |
| Водень               | 1250      |
| Залізо, сталь, чавун | 5000      |
| Повітря              | 340       |
| Скло                 | 4500      |

Рисунок 1.1 - Швидкість поширення звуку

## 2. Прямолинійність поширення звуку.

Звукові хвилі поширюються прямолинійно доти, доки не зустрінуть на своєму шляху якусь перешкоду. Це пов'язано з тим, що звукові хвилі є поперечними хвилями, в яких коливання частинок відбуваються перпендикулярно напрямку поширення хвилі.

Прямолинійне поширення звуку спостерігається як в однорідних, так і неоднорідних середовищах. Проте на межі двох середовищ з різною акустичною щільністю відбувається заломлення хвилі. Кут заломлення залежить від співвідношення швидкостей звуку в цих середовищах і підкоряється закону Снелліуса.

Завдяки прямолинійності поширення звуку можна визначити місце знаходження джерела звуку, вимірювати відстані за допомогою ехолокації, створювати направлені звукові пучки. Але прямолинійне поширення звуку також призводить до утворення акустичних тіней за перешкодами на шляху звуку. Дифракція звукових хвиль. При огинанні звуком перешкод відбувається явище дифракції, внаслідок чого звук частково огинає перешкоду і продовжує поширюватись за нею. На рис 1.2. Показано дифракцію графічно.

### 3. Дифракція звукових хвиль.

Коли звукова хвиля огинає перешкоду, спостерігається явище дифракції - викривлення фронту хвилі і часткове огинання перешкоди звуком. Це пов'язано з тим, що довжина звукової хвилі скінченна і порівнянна з розмірами перешкоди.

Дифракція звуку залежить від співвідношення довжини хвилі і розмірів перешкоди. Для низьких частот, з великою довжиною хвилі, дифракція виражена сильніше. Високочастотні звуки з малою довжиною хвилі огинають перешкоду слабше.

Дифракція дозволяє частково уникнути утворення повної акустичної тіні за перешкодами. Завдяки дифракції звук може поширюватися в зони, недоступні за геометричною оптикою. Це необхідно враховувати при проектуванні звукоізоляції та визначенні зон акустичної тіні.

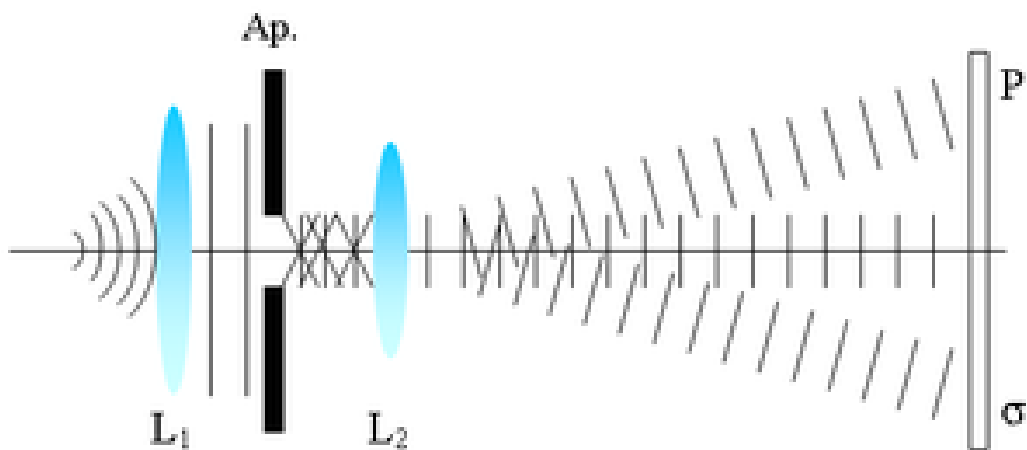


Рисунок 1.2 - Дифракція

4. Відбиття звуку від перешкод. При падінні звукової хвилі на межу розподілу двох середовищ частина енергії відбивається, змінюючи напрямок поширення. Кут відбиття дорівнює куту падіння.[46] На рисунку 1.3. графічно показано відбиття звуків від перешкод. Коли звукова хвиля огинає перешкоду, спостерігається явище дифракції - викривлення фронту хвилі і часткове огинання перешкоди звуком. Це пов'язано з тим, що довжина звукової хвилі скінченна і порівнянна з розмірами перешкоди.

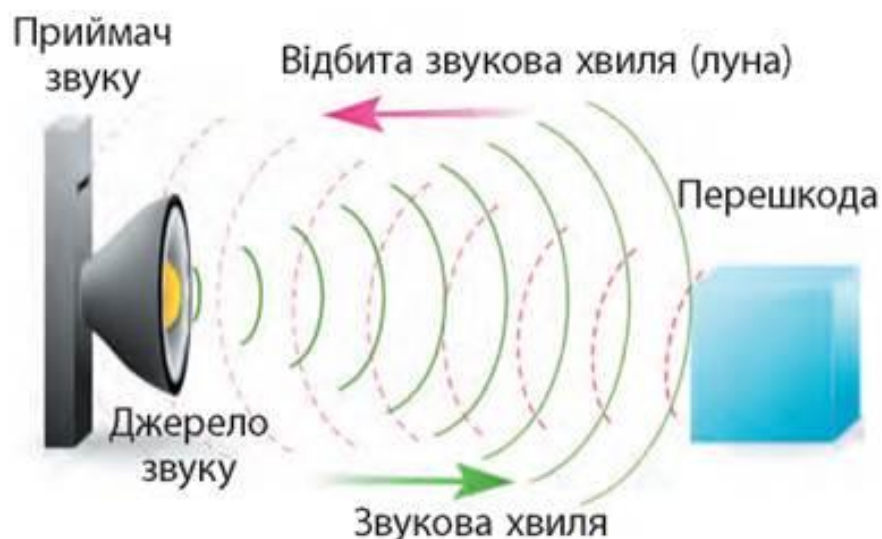


Рисунок 1.3 - Поширення звуку у різних середовищах.

Коли звукова хвиля падає на перешкоду на межі двох середовищ, то частина її енергії відбивається, змінюючи напрям поширення. Відбита хвиля має ту ж частоту, що й падаюча. Кут відбиття дорівнює куту падіння відповідно до закону відбиття.

Коефіцієнт відбиття залежить від акустичного опору середовищ. Чим більше відрізняються акустичні опори, тим більше енергії відбивається. Наприклад, від металу майже вся звукова енергія відбивається, а звукопоглинаючі матеріали майже повністю поглинають звук.

Завдяки відбиттю утворюється луна, використовується ехолокація. Але надмірне відбиття звуку в приміщеннях небажане, тому застосовують звукопоглинаючі матеріали. Відбиття також використовується в акустичних системах і музичних інструментах.

5. Послаблення інтенсивності звуку з відстанню. Через розбіжність звукової хвилі її інтенсивність послаблюється обернено пропорційно квадрату відстані. Це призводить до зменшення гучності звуку при віддаленні від джерела. Оскільки звукова хвиля поширюється сферично від джерела, то її енергія розподіляється по поверхні сфери, радіус якої збільшується з віддаленням від джерела. Через це інтенсивність звуку з відстанню спадає обернено пропорційно квадрату відстані.

На послаблення інтенсивності звуку також впливає поглинання його енергії середовищем. Чим більше відстань, тим більше енергії поглинається і тим слабшим стає звук. Загасання звуку залежить від частоти - високі частоти загасають швидше за рахунок більшого поглинання.

Знання закономірностей загасання дозволяє розрахувати необхідну потужність джерела звуку для забезпечення певного рівня на заданій відстані. Це важливо для озвучування приміщень і на відкритих майданчиках.

б. Поглинання звуку середовищем. При поширенні в реальних середовищах частина енергії звуку поглинається, перетворюючись в інші види енергії. Це призводить до додаткового затухання звуку.

Під час поширення звуку в реальних середовищах частина звукової енергії поглинається і перетворюється в інші види енергії, наприклад теплову. Це призводить до додаткового загасання інтенсивності звуку понад геометричне загасання.

Поглинання звуку залежить від його частоти. Низькочастотний звук поглинається слабше, а високі частоти - сильніше. Тому на великих відстанях низькочастотний звук чутний краще. Повітря має мале поглинання. Більше поглинають звук рідини і тверді тіла.

Поглинання дозволяє регулювати акустику приміщень за допомогою звукопоглинаючих матеріалів. Але надмірне поглинання призводить до нерівномірності частотної характеристики. Тому потрібно оптимально підбирати коефіцієнт поглинання.

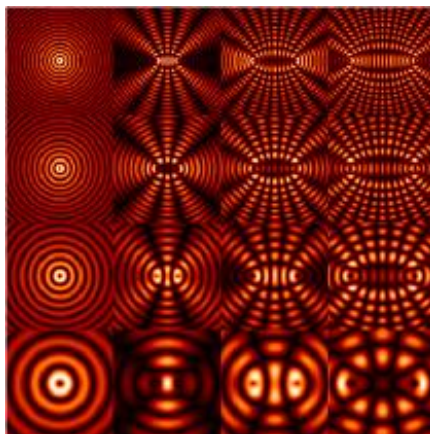


Рисунок 1.4 - Інтерференція хвиль

7. Інтерференція звукових хвиль. При накладенні звукових хвиль відбувається інтерференція - посилення або послаблення результуючої хвилі. Це впливає на розподіл звуку в просторі. Графічне зображення інтерференції хвиль показано на рисунку 1.4.

Якщо в даній точці простору накладаються дві або більше звукових хвиль з близькими частотами, то відбувається їх інтерференція - посилення або послаблення результуючої хвилі.

При синфазному накладенні хвиль амплітуда посилюється, а при протифазному - послаблюється. Це призводить до перерозподілу звукової енергії в просторі і утворення зон максимумів та мінімумів звуку.

Інтерференція лежить в основі багатьох методів обробки звуку, поширення радіохвиль, роботи акустичних фільтрів і резонаторів. Її необхідно враховувати при проектуванні просторової звукової картини в приміщеннях і на відкритих майданчиках.

8. Дисперсія звуку. На поширення високочастотних складових звукового сигналу значний вплив має поглинання. Тому швидкість поширення залежить від частоти, що призводить до розтягування сигналу по часу (дисперсії).

При поширенні в реальному середовищі на високочастотні складові звуку більше впливає поглинання, ніж на низькі частоти. Через це швидкість поширення залежить від частоти звуку, тобто спостерігається дисперсія.

Внаслідок різниці швидкостей поширення окремих частотних складових відбувається розтягування звукових імпульсів у часі. Дисперсія призводить до спотворення форми звукового сигналу.

Знання дисперсії дозволяє розрахувати спотворення звуку на заданій відстані і скомпенсувати їх, наприклад, за допомогою цифрової фільтрації при передачі мови і музики. Дисперсію також використовують в акустооптичних пристроях обробки сигналів.

9. Нелінійні ефекти. При дуже великій інтенсивності звуку можуть виникати нелінійні явища, що призводять до спотворення форми та спектру сигналу.

За нормальних умов звукові хвилі є лінійними - не спотворюють одна одну і можуть накладатися. Але при дуже великій інтенсивності звуку можливе виникнення нелінійних ефектів.

Це пов'язано з тим, що при високому тиску амплітуди коливань швидкість звуку та коефіцієнт поглинання стають залежними від амплітуди. Внаслідок цього форма і спектр звукової хвилі спотворюються, виникають гармоніки.

Основними нелінійними ефектами є акустична самофокусування хвиль та генерація ударних хвиль при дуже великих потужностях. Нелінійність звуку необхідно враховувати при створенні потужних звукових випромінювачів, ультразвуковій діагностиці та інших застосуваннях інтенсивного звуку.

10. Акустичний резонанс. В замкнутих об'ємах можливе виникнення стоячих хвиль через багатократні відбиття звуку, що призводить до посилення окремих частотних складових. Графічне зображення звукового резонансу наведено на рисунку 1.5.

11.

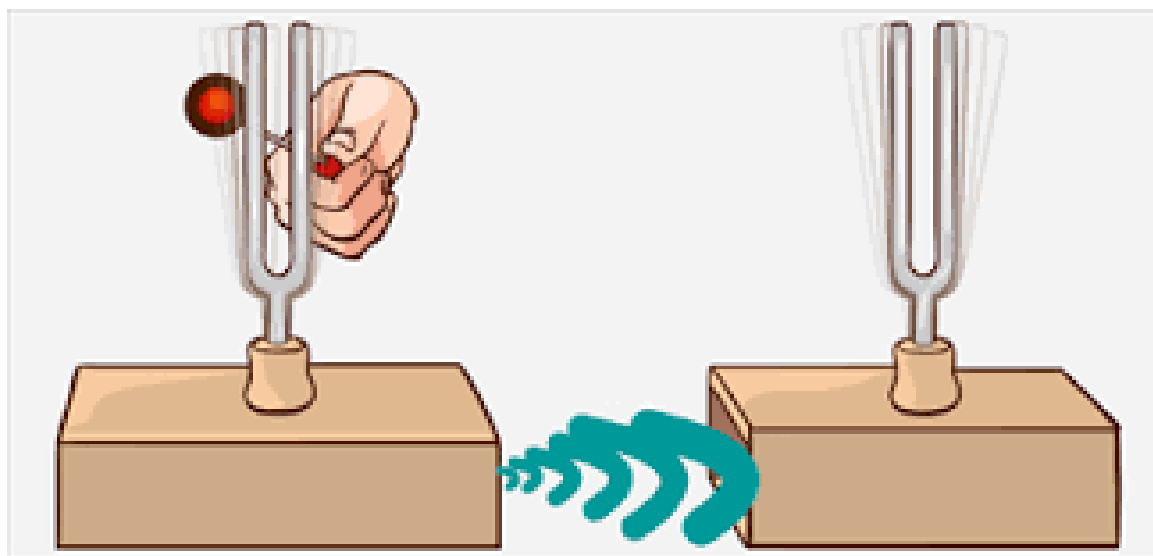


Рисунок 1.5 - Звуковий резонанс

У замкнутому об'ємі звукові хвилі, багатократно відбиваючись від стінок, можуть утворювати стоячі хвилі. Це призводить до резонансного підсилення окремих частотних складових звуку [47].

Резонанс виникає на частотах, для яких довжина хвилі укладається ціле число разів між стінками резонатора. Резонансні частоти залежать від розмірів і форми порожнини.

Резонанс широко застосовується в акустиці для посилення звуку, налаштування музичних інструментів, вимірювання швидкості звуку та акустичних характеристик речовин. Його необхідно враховувати при проектуванні акустики приміщень.

Отже, при поширенні в реальних умовах акустична інформація зазнає складних фізичних перетворень, що може призводити до її спотворення та втрат. Ці ефекти необхідно враховувати при розробці засобів передачі та захисту акустичної інформації [5].

Розглянемо детальніше основні фізичні явища, що впливають на поширення акустичної інформації в приміщеннях та просторі.

Послаблення звуку з відстанню обумовлене розбіжністю звукової хвилі та зменшенням її інтенсивності пропорційно квадрату відстані. Це основна причина затухання звуку по мірі віддалення від джерела.

На коротких відстанях (до 1 м) затухання невелике. Але на відстанях понад 10 м воно стає значним (до 40-60 дБ) і обмежує дальність поширення звуку.

Повітряне поглинання звуку пов'язане з перетворенням частини енергії звукової хвилі в тепло при коливаннях молекул повітря. Коефіцієнт повітряного поглинання зростає пропорційно квадрату частоти. Тому на високих частотах це явище істотно зростає, спричиняючи додаткове затухання на 10-15 дБ/км [3].

Поглинання звуку огорожувальними конструкціями обумовлене їх вібрацією та втратами енергії звуку на тертя, нагрівання тощо. Коефіцієнт поглинання сильно залежить від матеріалу та товщини конструкції. Для бетону він становить 0,01-0,05, для цегли - 0,03-0,07, для скла - 0,02-0,03.

Відбиття звуку від перешкод призводить до появи відбитих звукових хвиль, які інтерферують з прямими хвилями, утворюючи стоячі хвилі та резонансні явища в приміщенні. Коефіцієнт відбиття для бетону дорівнює 0,8-0,95, для цегли - 0,6-0,9, для скла - 0,1-0,2.

Дифракція дозволяє звуку частково огинати перешкоди [45]. Але при цьому відбувається спотворення фронту та структури звукової хвилі, що погіршує розбірливість звуку. Дифракція істотно залежить від співвідношення довжини звукової хвилі та розмірів перешкоди. Інтерференція звукових хвиль в замкнутих об'ємах створює нерівномірний розподіл звуку за амплітудою та частотним спектром в просторі приміщення. Виникають зони посилення і послаблення звуку, залежно від фаз стоячих хвиль. Це ускладнює передачу звуку на значні відстані в приміщеннях.

Акустичний резонанс в замкнутому просторі виникає на частотах, кратних геометричним розмірам приміщення. На резонансних частотах амплітуда коливань різко зростає, що може викликати небажані явища. Резонансні явища необхідно враховувати при проектуванні приміщень для обробки акустичної інформації.

Розглянуті фізичні явища істотно ускладнюють передачу та обробку акустичної інформації в реальних умовах. В залежності від призначення та умов експлуатації при розробці систем передачі та захисту акустичної інформації необхідно враховувати:

- Максимально можливу відстань передачі інформації з заданою якістю.
- Допустимий рівень спотворень та втрат інформації.
- Вплив акустичних шумів та завад.
- Наявність умов для виникнення паразитних резонансних явищ.
- Можливість витоку інформації через огорожувальні конструкції.
- Взаємний вплив декількох джерел та приймачів акустичної інформації в обмеженому просторі.

Для зменшення негативного впливу перелічених факторів використовують різні методи обробки та захисту акустичної інформації:

- Підвищення надлишковості та завадостійкості при формуванні та передачі сигналів.
- Використання спрямованих джерел та приймачів звуку.
- Раціональне розміщення та екранування акустичних пристроїв.
- Застосування звукоізоляції та звукопоглинання.
- Генерація акустичних завад.
- Використання активного акустичного захисту.

Таким чином, при розробці систем захисту акустичної інформації необхідний комплексний підхід з урахуванням особливостей поширення та впливу завад на акустичні сигнали в реальних умовах експлуатації. Це дозволить забезпечити максимальну ефективність захисту інформації на всіх етапах її формування, передачі та приймання.

## 1.2 Методи захисту акустичної інформації

Існує декілька основних методів, що використовуються для захисту акустичної інформації від витоку та несанкціонованого доступу:

### 1. Звукоізоляція.

Звукоізоляція базується на використанні спеціальних конструкцій і матеріалів, які перешкоджають поширенню звукових хвиль назовні приміщення. Основними вимогами до звукоізолюючих конструкцій є висока щільність і відсутність щілин, через які може проникати повітря та звук. Зовнішні обшивки повинні бути виконані з матеріалів з низькою звукопровідністю, які будуть відбивати або поглинати звукову енергію, не пропускаючи її назовні.[48]

Найбільша ефективність досягається при використанні багатошарових конструкцій, в яких шари різних матеріалів - цегли, бетону, свинцю, пінопласту поєднують свої ізоляційні властивості. Звукоізоляція понад 20-30 дБ забезпечується при товщині конструкції близько 20-30 см. Але товсті і важкі конструкції не завжди прийнятні. Тому застосовують легкі композитні матеріали та спеціальні обшивки.

Основним недоліком звукоізоляції є те, що вона перешкоджає проникненню зовнішніх шумів у приміщення, але не вирішує проблему з витоком інформації назовні та поширенням звуку всередині приміщення. Крім того, якісна звукоізоляція вимагає дорогих матеріалів, прецизійного виконання робіт без щілин, що не завжди можливо.

### 2. Звукопоглинання.

Звукопоглинання базується на перетворенні частини енергії звукової хвилі в інші види енергії (теплову, механічну) при проходженні крізь матеріал.

Найефективніше поглинають звук пористі матеріали з розвиненою внутрішньою поверхнею та волокнисті матеріали, в яких відбувається тертя між волокнами. До таких матеріалів відносять мінеральну вату, пінопласт, пористий бетон, тканини, килими.

Звукопоглинальні матеріали характеризуються коефіцієнтом звукопоглинання, що показує частку енергії, яка поглинається матеріалом. Чим вищий коефіцієнт, тим краще матеріал поглинає звук.[32] Коефіцієнт залежить від частоти, тому підбирають матеріали з оптимальним частотним спектром поглинання.

Перевагою звукопоглинання є можливість зменшити рівень звуку безпосередньо в об'ємі приміщення за рахунок "м'якого" гасіння звукової енергії. Але надмірне поглинання може спотворити акустику приміщення, тому потрібне оптимальне налаштування.

### 3. Акустичне екранування.

Акустичне екранування базується на встановленні спеціальних екранів на шляху поширення звукових хвиль.[43] Екрани перешкоджають прямому поширенню звуку від джерела до приймача, створюючи акустичну тінь. Як екрани використовують щільні перешкоди з матеріалів з великою вагою на одиницю поверхні.

Ефективність екранування залежить від співвідношення довжини звукової хвилі і розмірів екрану. Низькочастотний звук огинається екраном за рахунок дифракції. Тому для екранування широкого спектру потрібні великі за розмірами екрани.

Перевагою екранування є можливість локального захисту ділянки простору від зовнішнього звуку. Недоліком є громіздкість конструкцій, необхідність їх великих розмірів та складність розміщення.

### 4. Маскування акустичними шумами.

Маскування передбачає створення в приміщенні контрольованого акустичного шуму, який перебиває корисні звукові сигнали, роблячи їх нерозбірливими.[14] Для маскування використовують генератори шуму та шумові гучномовці, які створюють широкосмуговий шумовий сигнал заданого спектру та рівня.

Ефективність маскуваннн залежить вiд спiввiдношення рiвнiв маскуючого шуму та корисного сигналу. Для надiйного маскуваннн рiвень шуму має перевищувати рiвень сигналу не менше нiж на 10 дБ в усьому смузi частот сигналу.[39]

Перевагою є простота реалiзацiї маскуваннн. Недолiком є ускладнення сприйняттн корисних звукових сигналiв в захищенiй зонi. Тому маскуваннн доцiльне лише для окремих дiлянок простору.

#### 5. Активне глушiння звуку.

Активне глушiння базується на створеннi вторинного антифазного звуку, який компенсує первинний сигнал. Для цього використовуються мiкрофони, пiдсилювачi та гучномовцi, якi утворюють замкнену систему зворотного зв'язку. Антифазний сигнал створюється з заданою затримкою.[40]

Ефективнiсть глушiння досягає 15-30 дБ в обмеженiй зонi простору.[33] Але потрiбне точне налаштуваннн системи пiд конкретний простiр. Перевагою є можливiсть локального придушення звуку без створеннн додаткових шумiв.

Розглянемо детальнiше кожен з цих методiв.

Звукоiзоляцiя базується на використаннi спецiальних конструкцiй i матерiалiв, якi перешкоджають поширенню звукових хвиль назовнi примiщення.[38] Звукоiзоляцiйнi конструкцiї повиннi мати високу щiльнiсть, не пропускати повiтря через щiлини, мати обшивку з матерiалiв з малою звукопровiднiстю.

Найбiльш ефективними є багатошаровi конструкцiї з масивiв рiзних матерiалiв - цегли, бетону, свинцю, пiнопласту.[34] Це дозволяє поєднати iзоляцiйнi властивостi рiзних матерiалiв. Звукоiзоляцiя на 20-30 дБ досягається при товщинi конструкцiї 20-30 см. Приклад звукоiзоляцiї вказано на рисунку 1.6.

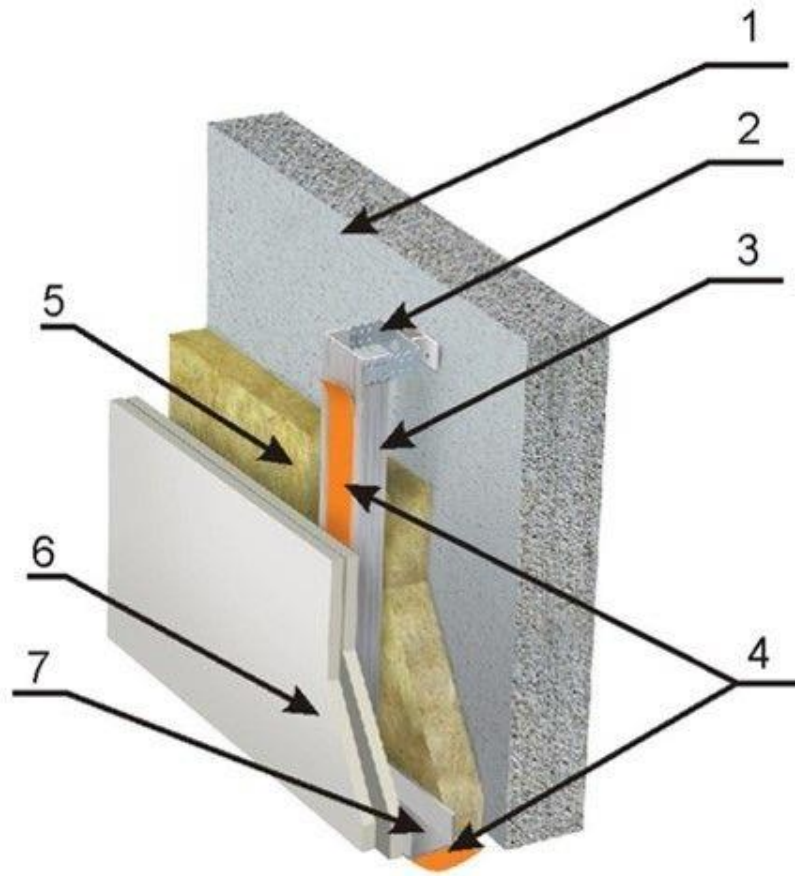


Рисунок 1.6 – Звукоізоляція каркасної конструкції

1. Стіна
2. Кріплення
3. Профіль стієчний
4. Ущільнювальна звукоізоляційна стрічка
5. Мінеральна вата
6. Гіпсокартон
7. Профіль направляючий

Основним недоліком звукоізоляції є те, що вона знижує лише рівень зовнішніх шумів, але не перешкоджає поширенню звуку всередині приміщення. Крім того, ізоляційні конструкції досить дорогі та вимагають точного виконання без щілин.




Звукопоглинання ґрунтується на перетворенні енергії звукових хвиль в інші види енергії (теплову, механічну) при проходженні звуку крізь спеціальні


поглинальні матеріали. До таких матеріалів відносяться пористі та волокнисті речовини - мінеральна вата, пінопласт, тканини, килими.[36]

Звукопоглинання ефективно зменшує рівень відбитих звукових хвиль у приміщенні, що знижує реверберацію та резонансні явища. При оптимальному розміщенні поглинальних матеріалів можна досягти зниження рівня звуку в середньому на 15-25 дБ. Деталі звукопоглинання вказано у таблиці 1.1. Звукопоглинання виробу або конструкції

Таблиця 1.1. Звукопоглинання виробу або конструкції

| Назва матеріалу виробу або конструкції   | Основні компоненти  | Властивості  | Особливості застосування  |
|--|---|--|---|
| Підвісні стелі та стінові панелі<br> | Пресована деревна стружка діаметром 3...4 мм та магнезіальна в'язуча речовина                   | Висока міцність: екологічність. можливість фарбування у різні кольори: група горючості - ГІ  | Студії звукозапису, концертні зали і кінотеатри. Спортивні зали, вестибюлі, зали очікування, офісні приміщення. Технічні приміщення: вентиляційні камери, машинні відділення ліфтів |
| М'які звукопоглинальні плити<br>    | Пінополіуретан з лицьовою поверхнею різної форми: трапецієвидною, пірамідальною. Колір - графіт | Середня густина 30 кг м <sup>3</sup> ; коефіцієнт звукопоглинання 0,47... 0,62 в інтервалі середніх та високих частот, гігієнічність | Інтер'єри музикальних студій, студій звукозапису, дикторських класів музичних шкіл, технічних приміщень.  |
| Підвісні акустичні панелі для стель  | Скловолокло, покрите скло тканиною різних кольорів  | Коефіцієнт звукопоглинання 0,8...0,95 в діапазоні частот 500... 4000 Гц  | Використовують при відносній вологості приміщень до 95%, а температурі не вище 30°C. Офісні   |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|   |  | <p>горючості). В1 (не підтримують горіння), Д1 (з малою здатністю до димоутворення)</p>  | <p>приміщення, школи і дитячі садки, торговельні центри, кінотеатри, радіо- та телестудії, лікарні</p>   |
| <p>Акустичні (звукопоглинальні) стінові панелі</p>  | <p>Скловолокно високої щільності, лицьова поверхня якого може бути покрита фарбованою або текстильною сіткою зі скловолокна. Внутрішній бік покритий непофарбованою склотканиною</p> | <p>Маса - 4...5 кг/м<sup>3</sup>; коефіцієнт звукопоглинання - 0,6...0,93 у діапазоні частот 250...4000 Гц; гіпоалергенність;</p>  | <p>У приміщеннях з гладкою поверхнею стелі (атріуми), де необхідно ефективно поглинання звуку поверхнею стін: домашні кінотеатри, спортивні споруди, кіноконцертні зали, об'єкти масових зборів</p>  |
| <p>Підвісні акустичні панелі для стель</p>        | <p>Мінеральна (базальтова) вата високої щільності із синтетичною зв'язуючою речовиною, поверхня якої пофарбована спеціальною акустичною фарбою</p>                                   | <p>Коефіцієнт звукопоглинання 0,85...1,0 в діапазоні частот 250...4000 Гц; довговічність; екологічна та пожежна безпека; низька теплопровідність; стійкість до перепадів температури і вологості; різноманітність дизайну; зручність монтажу</p> | <p>Закриті офіси, офіси відкритого плану, вітальні, класні кімнати, лекційні аудиторії, холи, бібліотеки, комп'ютерні кімнати, басейни, госпіталі, лабораторії, кафе, ресторани, коридори, сходи</p> |

|   |                        |   |  |
|---|------------------------|---|--|
| <p>Акустичні панелі</p>  | <p>Меламінова піна</p> | <p>Розміри панелей:<br/>600×1200 мм,<br/>товщина 37,5; 46;<br/>62,5 мм; серед ня<br/>густина - 11,2<br/>кг/м<sup>3</sup>; коефіці- сит<br/>звукопоглинання<br/>- 0,6...0,96</p> | <p>Студії звукозапису,<br/>радіо- і телестудії,<br/>спортивні зали,<br/>стрілкові тири,<br/>приміщення з<br/>промислови ми<br/>агрегатами,<br/>компресорним та<br/>насосним<br/>обладнанням,<br/>трансфо рматорами</p> |
|---|------------------------|---|--|

Недоліком є те, що звукопоглинання не перешкоджає поширенню прямих звукових хвиль від джерела до приймача. Крім того, для досягнення значного ефекту потрібні великі площі поглинальних матеріалів, що не завжди можливо [29].

Акустичне екранування полягає у встановленні спеціальних перешкод на шляху поширення звукових хвиль. В якості екранів використовуються непрозорі перегородки з щільних матеріалів - деревини, пластику, металу. Екрани розміщують між джерелом звуку та можливими засобами прослуховування.

Ефективність екранування визначається його розмірами та формою [37]. Оптимально екран повинен перекривати пряму видимість між джерелом та приймачем звуку. Для екранування високочастотних складових звуку потрібні щільні екрани значних розмірів через дифракційні явища.

Недоліком є те, що екранування діє лише в межах заданого напрямку. Крім того, великі екрани створюють незручності при використанні приміщення. Маскування акустичними шумами полягає у створенні в приміщенні контрольованого шумового фону, який маскує корисні акустичні сигнали та перешкоджає їх розбірливому сприйняттю [23].

Для генерації шуму використовуються спеціальні гучномовці та генератори шумових сигналів. Шум може бути рівномірним в широкому частотному діапазоні або містити окремі маскуючі частотні складові. Рівень шуму повинен перевищувати рівень корисних сигналів не менше ніж на 15-20 дБ [28].

Недоліком є те, що маскувальний шум також ускладнює сприйняття корисних сигналів в межах захищеної зони. Крім того, шум може проникати через огороження на прилеглі ділянки. Активне глушіння звуку базується на випромінюванні спеціально сформованих акустичних сигналів, які компенсують або руйнують корисні сигнали в захищеній зоні.

Для цього використовуються потужні акустичні системи та сигнали зі складною структурою - шумові, корельовані, з протифазною складовою. Глушіння може бути спрямованим в певному напрямку. Перевагою активних методів є можливість селективного придушення сигналів без погіршення умов в межах захищеної зони. Недоліком є складність реалізації та висока вартість.

Отже, кожен з розглянутих методів має свої переваги та недоліки. методів акустичного захисту з використанням сучасних технологій обробки сигналів.

Акустичний захист інформації вимагає комплексного підходу з урахуванням усіх можливих шляхів витоку мовної інформації та особливостей конкретного об'єкта.

До основних джерел витоку акустичної інформації відносяться:

1. Повітряне поширення звуку. Звукові хвилі поширюються крізь повітря та можуть бути перехоплені за допомогою направлених мікрофонів або лазерних систем прослуховування. Це основний канал витоку інформації, який потребує найбільшої уваги.

2. Структурне поширення звуку. Звукові коливання поширюються по конструкціях будівлі - стінах, перекриттях, трубопроводах. Це дозволяє здійснювати прослуховування в суміжних приміщеннях за допомогою контактних мікрофонів.

3. Акустoeлектричні перетворювачі. Мікрофони та динаміки електронної апаратури можуть використовуватись як засоби несанкціонованого знімання інформації.

4. Акустичні вібрації вікон та скляних поверхонь. Коливання скла під дією звуку можуть фіксуватись лазерними віброметрами на відстані.

Засоби акустичного захисту повинні забезпечувати придушення усіх перелічених каналів поширення звуку.

Для запобігання повітряного поширення звуку найбільш ефективними є звукоізоляція та активне глушіння. При цьому необхідно враховувати, що звукоізоляція діє лише в одному напрямку і не усуває реверберацію всередині приміщення. Тому її доцільно поєднувати із звукопоглинанням та акустичним екрануванням окремих зон.

Для захисту від структурного поширення звуку потрібно застосовувати віброізоляцію конструкцій, перешкоджаючи передачі вібрацій між елементами будівлі [30]. Віброізоляцію здійснюють за допомогою амортизуючих прокладок та еластичних з'єднань.

Важливим є контроль за наявністю несанкціонованих закладних пристроїв у обладнанні та елементах інтер'єру. Для цього регулярно проводиться технічне обстеження приміщень із застосуванням спеціальних приладів - радіосканерів та радіочастотних детекторів.

Потенційно небезпечними з точки зору акустичного захисту є вікна та скляні стіни, оскільки дозволяють здійснювати дистанційне зчитування вібрацій лазерними віброметрами. Для захисту від цього скло має бути спеціальним багатошаровим або з особливим покриттям, що поглинає вібрації. Також можна застосувати додаткове екранування у вигляді жалюзі або плівки.

При проектуванні комплексної системи акустичного захисту варто враховувати наступні чинники:

- Планування приміщень з розмежуванням зон за ступенем конфіденційності інформації. Найбільш відповідальні зони розташовують у глибині будівлі з максимальною кількістю перешкод на шляху поширення звуку.
- Раціональне зонування системи охоронної та пожежної сигналізації для запобігання несанкціонованого доступу до технічних приміщень з обладнанням.
- Використання конструкцій із звукоізоляційних матеріалів при будівництві стін, стель, перегородок. Особливо це стосується міжповерхових перекриттів.
- Герметизація усіх отворів, щілин, технологічних прорізів, якими може поширюватись звук.

- Застосування подвійних дверей з тамбуром та ущільненнями в дверних прорізах.
- Використання вікон із спеціального акустично захищеного скла, вібродемпфуючими рамами.
- Облицювання стін і стель звукопоглинальними матеріалами, встановлення шумопоглинальних конструкцій.
- Розміщення меблів та обладнання з урахуванням необхідності максимально екранувати зони з інформацією обмеженого доступу.
- Застосування технічних засобів активного глушіння та створення шумового фону в найбільш відповідальних зонах.
- Регулярне обстеження приміщень та технічних засобів на предмет несанкціонованого доступу та наявності закладних пристроїв.
- Навчання персоналу правилам поведінки з інформацією для запобігання неумисним акустичним витокам.
- Розробка комплексної програми акустичного захисту з визначенням всіх можливих загроз, заходів протидії та відповідальних осіб.

Отже, створення надійної системи акустичного захисту інформації вимагає системного підходу на всіх етапах - від проектування до експлуатації об'єкту. Це передбачає узгоджені архітектурно-планувальні, будівельно-акустичні та організаційно-технічні заходи захисту з обов'язковим контролем їх дотримання. Тільки комплексний підхід дозволяє мінімізувати ризики витоку важливої акустичної інформації та забезпечити її надійний захист.

### **1.3. Вимоги до захисту інформації в кімнатах переговорів**

Кімнати для проведення конфіденційних переговорів повинні забезпечувати надійний захист мовної інформації від витоку акустичними каналами та несанкціонованого доступу. Це висуває спеціальні вимоги до систем захисту інформації в таких приміщеннях. Розглянемо основні з цих вимог.[26]

1. Забезпечення придушення мовних сигналів до безпечного рівня.

Основною метою захисту є зниження рівня мовних сигналів в кімнаті до такого рівня, за якого їх неможливо розбірливо записати технічними засобами за межами кімнати. Згідно нормативів, безпечним вважається зниження рівня мови не менше ніж на 15-20 дБ у всьому частотному діапазоні.

2. Забезпечення захисту в усьому необхідному частотному діапазоні.

Основна енергія мовних сигналів зосереджена в діапазоні 300-3400 Гц. Проте для якісного запису необхідне охоплення частот до 8-10 кГц. Система захисту повинна бути ефективною в усьому цьому діапазоні [41].

3. Мінімальне спотворення корисних сигналів та акустичного поля в кімнаті.

Застосування захисту не повинно погіршувати умови для ефективної роботи та ведення переговорів у кімнаті, заважати сприйняттю мови та створювати дискомфорт.

4. Можливість швидкої активації системи захисту за потреби.

Система захисту повинна легко активуватися та вимикатися залежно від режиму роботи кімнати. Це дозволить уникнути непродуктивних витрат ресурсів системи.

5. Гнучкість налаштування та адаптація до зміни умов.

Система повинна оптимально налаштовуватися під конкретні умови експлуатації: кількість присутніх, рівень фонових шумів, особливості акустики приміщення тощо для максимальної ефективності.

6. Можливість інтеграції з іншими системами захисту інформації.

Для комплексного захисту акустична система повинна бути сумісною та доповнювати інші технічні засоби захисту інформації в кімнаті.

7. Відсутність побічних електромагнітних випромінювань та наводок.

Робота системи акустичного захисту не повинна створювати завад для інших технічних засобів та систем зв'язку, що функціонують в кімнаті та поза нею.

8. Мінімальне енергоспоживання та відсутність шкідливих випромінювань.

Система повинна бути енергоефективною та безпечною для здоров'я людей, що перебувають в кімнаті.

9. Надійність та стійкість до зовнішніх дестабілізуючих факторів.

Система має стабільно функціонувати в різних умовах зовнішнього середовища (температура, вологість, тиск, вібрації, електромагнітні поля тощо) та деструктивних впливів.

10. Захищеність від несанкціонованого доступу та модифікації налаштувань.

Налаштування та режими роботи системи повинні бути захищені від доступу сторонніх осіб шляхом використання паролів, шифрування та інших методів.

Дотримання цих основних вимог дозволить створити комплексну систему акустичного захисту інформації в кімнаті переговорів, яка буде надійно і ефективно запобігати витоку мовної інформації технічними каналами. При цьому також будуть створені сприятливі умови безпосередньо для проведення конфіденційних переговорів та нарад. Врахування даних вимог є необхідною умовою при проектуванні та реалізації сучасних систем захисту акустичної інформації для кімнат переговорів.

Ефективний захист акустичної інформації в кімнатах переговорів потребує системного підходу на всіх етапах - від проектування до експлуатації приміщення.

Починати треба з ретельного аналізу загроз та формування комплексу вимог до системи захисту з урахуванням призначення приміщення, його розміщення, режимів функціонування, складу осіб, які будуть мати доступ, та характеру обговорюваної інформації.

На основі вимог розробляється багаторівнева концепція захисту, що поєднує організаційні, фізичні та технічні складові.

Організаційна складова передбачає розробку комплексу положень, що регламентують порядок роботи з інформацією в кімнаті переговорів, процедури допуску осіб, правила проведення нарад тощо.

Фізичний рівень охоплює конструктивні та архітектурно-будівельні рішення, що перешкоджають поширенню акустичних сигналів поза межі приміщення та забезпечують його ізолюваність [24].

Технічна складова передбачає комплекс спеціальних апаратно-програмних засобів акустичного захисту - джерел шуму, глушників, сенсорів, процесорів обробки сигналів тощо.

Реалізація захисту починається з проектування самого приміщення згідно принципів акустичної безпеки.

Передусім це стосується його архітектурно-планувальних і конструктивних рішень - місце розташування, наявність ізоляційних конструкцій, звукопоглинаючі матеріали оздоблення, системи вентиляції і кондиціонування.

Не менш важливим є правильне розміщення меблів, обладнання, екранів акустичного захисту з метою оптимізації умов для безпечного ведення переговорів.

Після завершення будівельних робіт обов'язково проводиться комплексне обстеження та вимірювання параметрів акустичного захисту приміщення. За результатами розробляються рекомендації з доопрацювання системи за необхідності.

Наступним етапом є впровадження власне технічних засобів акустичного захисту - джерел шумового маскування, акустичних глушників, датчиків контролю, систем обробки і аналізу сигналів.

Важливо забезпечити їх сумісність та взаємодоповнення з конструктивними елементами захисту для посилення загальної ефективності. Передбачається можливість гнучкого налаштування та адаптації системи під конкретні умови.

На заключному етапі розробляються організаційні заходи та регламенти щодо порядку функціонування системи захисту інформації в умовах реальної експлуатації приміщення.

При цьому особливу увагу приділяють підготовці обслуговуючого персоналу, навчанню користувачів правилам роботи з інформацією та дотриманню вимог акустичної безпеки.

Отже, створення комплексної багаторівневої системи акустичного захисту інформації в кімнатах переговорів - це досить тривалий ітераційний процес, що вимагає злагодженої роботи фахівців різного профілю. Починаючи з формування вимог та закінчуючи впровадженням організаційних заходів, він потребує узгодження усіх елементів системи для забезпечення її максимальної ефективності та

надійності. Лише в такому разі можна отримати по-справжньому безпечне приміщення для проведення конфіденційних переговорів відповідно до сучасних викликів та загроз інформаційної безпеки.

### **Висновки за розділом 1**

Акустична інформація має низку особливостей при поширенні у вигляді звукових хвиль, що ускладнює її передачу та захист. До цих особливостей відносяться: залежність від середовища поширення, послаблення з відстанню, поглинання, відбиття, дифракція, інтерференція, резонансні явища. Врахування даних факторів необхідне при розробці систем захисту акустичної інформації.

Існують різні методи захисту акустичної інформації: звукоізоляція, звукопоглинання, акустичне екранування, генерація шумових завад, активне глушіння звуку. Кожен метод має свої переваги та недоліки. Найбільш ефективним є комплексне застосування декількох методів з урахуванням конкретних умов. Подальшого розвитку потребують активні методи захисту інформації.

Для забезпечення ефективного захисту акустичної інформації в кімнатах переговорів повинні бути враховані специфічні вимоги: забезпечення необхідного рівня придушення сигналів; захист в усьому частотному діапазоні; мінімальне спотворення сигналів; гнучкість налаштувань; інтеграція з іншими системами захисту; відсутність завад випромінювань; надійність та захищеність самої системи. Дотримання цих вимог дозволить створити ефективну комплексну систему захисту акустичної інформації в кімнаті переговорів.

Ефективний захист акустичної інформації потребує системного багаторівневого підходу, що поєднує комплекс взаємодоповнюючих фізичних, технічних та організаційних заходів.

Фізичний рівень передбачає створення надійних перешкод на шляху поширення звукових хвиль за межі захищеної зони. Для цього застосовуються спеціальні конструкції та матеріали - багат шарові звукоізолюючі перегородки, вікна

та двері, звукопоглинальне оздоблення стін і стель, раціональне зонування приміщень та розміщення елементів інтер'єру.

Технічний рівень передбачає використання активних засобів захисту - генераторів шумових завад, направлених глушників звуку, адаптивних процесорів обробки акустичних сигналів для селективного придушення корисної інформації в заданій зоні.[33] Перспективним є подальший розвиток саме активних методів глушіння звуку.

Організаційний рівень охоплює заходи з регламентації доступу та порядку роботи з інформацією, інструктажі персоналу, технічний контроль ефективності захисту. Ці заходи дозволяють оптимізувати процеси функціонування системи захисту на практиці.

Особливо ефективним є поєднання засобів усіх трьох рівнів в єдину багатокомпонентну систему захисту, що дозволяє комплексно протидіяти загрозам витоку акустичної інформації. При цьому заходи різних рівнів взаємно доповнюють один одного, посилюючи загальну ефективність.

Отже, проблему надійного акустичного захисту інформації не можна вирішити окремими локальними заходами - потрібен системний підхід на всіх рівнях. Це дозволяє максимально врахувати всі можливі фактори ризику та побудувати багатокомпонентну інтегровану систему захисту, здатну гнучко адаптуватися до змін зовнішніх умов та протистояти комплексним загрозам інформаційній безпеці. Саме на розвиток та вдосконалення таких комплексних систем акустичного захисту інформації необхідно зосередити подальші зусилля.

## РОЗДІЛ 2

### АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ТА ЇХ НЕДОЛІКІВ

#### 2.1. Огляд та порівняльний аналіз існуючих технічних рішень

Існує декілька типових технічних рішень, які застосовуються для захисту акустичної інформації в кімнатах переговорів. Розглянемо основні з них та проведемо порівняльний аналіз їх ефективності.

1. Пасивні багатошарові звукоізолюючі конструкції є найбільш поширеним та простим рішенням для захисту акустичної інформації в кімнатах переговорів. Вони базуються на використанні масивних перегородок та стін з матеріалів, що мають високий коефіцієнт звукоізоляції. Зазвичай, такі конструкції складаються з декількох шарів різних матеріалів, наприклад, бетону, цегли, свинцю, піску. Комбінація матеріалів та товщини шарів дозволяє досягти необхідного рівня ізоляції. Головним параметром є індекс звукоізоляції в дБ, який для надійного захисту має бути на рівні 60-80 дБ. Перевагами такого підходу є простота, надійність та відносна дешевизна. Недоліками є значна вага конструкцій, складність монтажу, обмеження дизайну приміщення. Такі конструкції краще застосовувати при будівництві нових приміщень, оскільки їх важко інтегрувати в уже існуючі будівлі. Загалом, це універсальне базове рішення для створення акустично захищених кімнат, хоча є певні обмеження щодо гнучкості та адаптації.

2. Системи активного шумового маскування дозволяють створювати контрольований акустичний фон для приховування мовних сигналів в кімнаті переговорів.[22] Такі системи складаються з багатоканальних підсилювачів, набору гучномовців та генератора широкосмугового шуму. За допомогою спеціального алгоритму формується складний шумовий сигнал з заданими характеристиками. Гучномовці розміщуються по периметру приміщення та випромінюють синтезований шум у всіх напрямках. Рівень шуму підбирається таким чином, щоб перебивати можливі мовні сигнали на 15-20 дБ. Перевагами є відносна простота та гнучкість

системи. Недоліками - потреба в значній потужності та об'ємних гучномовцях, а також дискомфорт через постійний фоновий шум. Такі системи доцільно застосовувати для тимчасового швидкого облаштування захищених кімнат.

3. Локальні акустичні екрани дозволяють створювати направлену звукоізоляцію в межах обмеженої зони кімнати.[12] Екрани виготовляються з щільних матеріалів з високим коефіцієнтом відбиття звуку та встановлюються на шляху поширення акустичних хвиль. Розміри та форма екранів розраховується з урахуванням особливостей приміщення та розташування джерел звуку і можливих засобів прослуховування. Екрани ефективні для захисту локальних зон, наприклад, місця переговорів за столом. Недоліком є те, що екранування працює лише в межах обмеженого простору та лише для певних напрямків поширення звуку. Також екрани створюють певні незручності в приміщенні.[35] Тому застосування локальних екранів доцільне для посилення захисту окремих зон кімнати. Приклад акустичного екрану вказано на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 - Акустичний екран для мікрофону

Ефективність екранування залежить від розмірів, форми та розміщення екранів. Високочастотні складові звуку складно екранувати через дифракційні явища. Основним недоліком є те, що екрани діють лише в межах локальної зони та створюють незручності при пересуванні та спілкуванні.

Системи активного придушення звуку є найбільш технологічним підходом, який дозволяє цілеспрямовано блокувати розповсюдження звукових хвиль в приміщенні. Система складається з багатоканальних динаміків, мікрофонів, обчислювального ядра та спеціальних алгоритмів обробки сигналу. На основі аналізу поточної акустичної ситуації система генерує інверсні завади, які деструктивно інтерферують з мовними сигналами [42]. Це дозволяє локально "вимикати" звук в заданій точці простору [25]. Перевагою є висока ефективність та гнучкість. Недоліками складність алгоритмів та значні вимоги до обчислювальних ресурсів. Такі технології поки знаходяться в стадії лабораторних досліджень через складність практичної реалізації.

Основним параметром є ступінь придушення сигналів в дБ. Складнощі полягають у складності алгоритмів синтезу завад, які мають когерентно накладатися на мовні сигнали [13]. Такі системи досі перебувають на стадії досліджень через складність практичної реалізації.

Отже, всі розглянуті системи мають свої переваги і недоліки. Найбільш ефективним є їх комбіноване застосування з урахуванням вимог та особливостей конкретного приміщення. Перспективним є подальший розвиток методів активного придушення звуку, які дозволяють локально та селективно впливати на акустичні сигнали без погіршення умов всередині захищеної зони. Це вимагає подальших досліджень в даному напрямку.

При виборі та проектуванні системи акустичного захисту кімнати переговорів необхідно комплексно враховувати всі можливі фактори, що впливають на безпеку інформації та створюють ризики її витоку акустичним каналом. Це дозволить сформулювати ефективне багаторівневе рішення, максимально адаптоване до умов конкретного об'єкта.

Перш за все слід проаналізувати приміщення з точки зору його розташування, планування, конструктивних особливостей, суміжних приміщень і прилеглих територій. Це дасть уявлення про потенційні зовнішні загрози та шляхи проникнення звуку ззовні та з суміжних приміщень [6].

Наступним кроком є дослідження акустичних характеристик самого приміщення - часу реверберації, наявності постійного шумового фону, місць можливого встановлення закладних пристроїв. Це визначає внутрішні ризики розповсюдження та перехоплення мовної інформації [27].

Важливу роль відіграє аналіз технічного оснащення приміщення - систем вентиляції, кондиціонування, електропостачання, охоронної сигналізації. Ці системи можуть містити елементи, вразливі з точки зору акустичного захисту.

Не менш важливо врахувати людський фактор - кількість учасників переговорів, їх розміщення, правила використання документації та оргтехніки [31]. Це дасть уявлення про характер мовної інформації та основні джерела її витоку.

З урахуванням цих факторів формуються конкретні вимоги до системи акустичного захисту з точки зору необхідного рівня ізоляції, зон екранування, характеристик пристроїв маскування та глушіння.

На основі вимог розробляється комплексне багаторівневе рішення, що поєднує пасивні та активні методи захисту.

Пасивний рівень передбачає використання конструкцій і матеріалів з підвищеними звукоізоляційними характеристиками:

- Звукоізоляційні стіни, стелі, підлоги заданої товщини і щільності.
- Подвійне скління вікон і дверей із звукоізолюючими рамами.
- Герметизація усіх з'єднань, отворів, прорізів.
- Тамбури та шлюзи у входах.
- Віб्रोізоляція комунікацій та обладнання.

Другий рівень - акустичне оброблення приміщення:

- Оздоблення стін та стель звукопоглинальними матеріалами.
- Встановлення акустичних штор, екранів, ширм.
- Розміщення меблів та обладнання для посилення екранування.

Третій рівень - активні технічні засоби:

- Генератори шумового фону для акустичного маскування.
- Направлені гучномовці та випромінювачі для локального глушіння.
- Спеціальні процесори обробки сигналу для адаптивного глушіння.

- Системи віброакустичного контролю та оповіщення.
- Четвертий рівень - організаційні заходи:
- Регламент доступу та поводження з інформацією.
- Інструктаж персоналу з питань акустичної безпеки.
- Періодичне обстеження приміщення та обладнання.
- Контроль ефективності захисту.

Запропонований комплексний підхід дозволяє максимально врахувати всі аспекти акустичної безпеки та побудувати багаторівневу систему захисту інформації відповідно до реальних умов та загроз. Поєднання пасивних та активних методів у фізичній, технічній та організаційній площинах забезпечує гнучке та надійне рішення, що відповідає сучасним вимогам інформаційної безпеки. Подальший розвиток цього напрямку пов'язаний з удосконаленням методів адаптивного активного глушіння та їх інтеграції з конструктивними та організаційними заходами захисту.

## **2.2.Виявлення недоліків та проблем**

На основі проведеного аналізу можна виявити ряд недоліків та проблем, притаманних існуючим технічним рішенням захисту акустичної інформації в кімнатах переговорів.

1. Недостатня ефективність існуючих пасивних методів захисту. Традиційні пасивні методи, такі як звукоізоляція та звукопоглинання, справді не забезпечують необхідного рівня придушення мовних сигналів в усьому частотному діапазоні. Цей недолік впливає з фундаментальних фізичних принципів поширення звукових хвиль. Звукоізоляція досягається за рахунок використання масивних та щільних матеріалів, які відбивають звукові хвилі та перешкоджають їх проникненню крізь перегородки. Однак на низьких частотах ефективність звукоізоляційних конструкцій суттєво знижується. Мовні сигнали містять значну низькочастотну складову, яка погано придушується, що уможливорює їх виявлення за допомогою технічних засобів прослуховування та запису. Звукопоглинання, в свою чергу, забезпечується

використанням пористих матеріалів, які перетворюють енергію звукових хвиль на теплову. Проте звукопоглинальні матеріали мають селективну дію, ефективно працюючи лише на високих частотах, тоді як низькочастотні складові мовних сигналів залишаються недостатньо придушеними. В реальних умовах експлуатації приміщень неминуче виникають труднощі у забезпеченні належної герметичності огорожувальних конструкцій, незмінності геометрії та акустичних характеристик приміщення при змінах внутрішньої конфігурації, температури, вологості тощо. Через це звукоізоляційні та звукопоглинальні властивості конструкцій погіршуються, утворюються неконтрольовані шляхи проникнення звуку, що уможливорює витік акустичної інформації. Тому пасивні методи захисту на основі традиційних будівельних матеріалів та конструкцій не можуть повною мірою вирішити проблему забезпечення акустичної конфіденційності в кімнатах переговорів. Необхідне застосування більш ефективних активних методів, які б селективно придушували саме мовні сигнали в усьому робочому діапазоні частот.

Одним з можливих напрямків вдосконалення пасивних методів захисту є застосування сучасних композитних матеріалів з поліпшеними звукоізоляційними властивостями. Наприклад, використання шаруватих конструкцій, що поєднують матеріали з різною щільністю та пружними характеристиками, дозволяє розширити частотний діапазон звукоізоляції за рахунок послаблення коливань на межі шарів. Також перспективним є використання наноструктурованих матеріалів, здатних поглинати звукові хвилі в широкому частотному спектрі. Застосування сучасних технологій 3D-друку дає можливість створювати складні акустичні конструкції з заданими властивостями.

Однак, незважаючи на потенціал таких рішень, залишаються принципові обмеження пасивних методів, пов'язані з неможливістю адаптації до змінюваних умов середовища. Тому актуальним залишається пошук активних технологій, здатних в реальному часі аналізувати акустичну ситуацію та динамічно формувати завади саме в тих частотних діапазонах, де присутні корисні сигнали. Перспективним є застосування методів штучного інтелекту та машинного навчання для розпізнавання

і селективного придушення мовних сигналів, що дозволить підвищити ефективність активного захисту акустичної інформації.

2. Суттєві недоліки активних шумових систем. Активні системи генерації шумових завад, на перший погляд, забезпечують більшу ефективність захисту у порівнянні з пасивними методами. Вони дозволяють створювати в приміщенні інтенсивне шумове поле, яке маскує корисні акустичні сигнали та унеможливає їх прослуховування. Однак практична реалізація таких систем стикається з низкою суттєвих проблем. Однією з них є некогерентність генерованих шумових полів із мовними сигналами в часовій та просторовій областях. Через це, при спробі збільшити рівень шумового поля для більш ефективного маскування мовних сигналів, неминуче виникають інтерференційні явища, що призводить до значного погіршення звукової обстановки в приміщенні. Крім того, для того, щоб надійно замаскувати всі мовні сигнали, необхідно створювати шумове поле з досить високим рівнем інтенсивності. В кімнатах переговорів це практично неможливо через вимушений перебіг людей у таких умовах протягом досить тривалого часу. Високі рівні шуму негативно впливають на самопочуття та працездатність людини, викликають головні болі, стрес, підвищену втомлюваність. Крім того, генерація інтенсивних шумових полів вимагає використання потужних акустичних систем, які самі можуть ставати джерелами вібрацій, що також негативно впливає на умови праці та почуття комфорту людей. Отже, незважаючи на потенційну здатність ефективно маскувати корисні акустичні сигнали, активні системи генерації шумових завад не можуть бути прийнятним рішенням через низку вагомих недоліків, пов'язаних з негативним впливом на умови праці та здоров'я людей в кімнатах переговорів.

Одним з напрямків удосконалення активних шумових систем є застосування адаптивного керування параметрами шумового поля в залежності від реальної акустичної ситуації. Це дозволяє знизити загальний рівень шуму, формуючи його лише в тих частотних діапазонах і напрямках, де на даний момент присутні мовні сигнали. Такий підхід зменшує негативний вплив на людей, оскільки шумова завада генерується лише тоді і там, де це необхідно для маскування мови.

Перспективним є також використання направлено випромінювання звуку за допомогою решіток гучномовців. Це дозволяє сконцентрувати енергію шумового поля лише в зоні перебування можливого порушника, не створюючи надмірного шуму для інших учасників переговорів. Крім того, застосування низькочастотних інфразвукових діапазонів дає можливість створювати локалізовані завади на рівнях, що не сприймаються людським вухом.

Однак головною проблемою шумових систем залишається їх некогерентність мовним сигналам.[17] Тому перспективним напрямком є розробка технологій активного придушення звуку на основі принципів когерентності та адаптивності для більш ефективного та інтелектуального захисту акустичної інформації.

### 3. Обмежені можливості локального акустичного екранування.

Обмежені можливості локального акустичного екранування. Локальне екранування за допомогою акустичних екранів або ширм є одним з методів захисту акустичної інформації в кімнатах переговорів. Принцип його дії полягає у встановленні перепон на шляху поширення звукових хвиль від джерела до приймача, що забезпечує часткове придушення проходження корисного сигналу. Однак ефективність такого методу обмежена рядом факторів, які пов'язані із складними фізичними процесами поширення звукових хвиль в приміщеннях. По-перше, через явище дифракції хвиль їх проходження відбувається не лише у напрямку прямої видимості між джерелом та приймачем, а й з огинанням перешкод. Тому екрани, навіть масивні та щільні, не забезпечують повного екранування на усіх частотах. По-друге, в приміщенні звукове поле складається із прямої хвилі від джерела та множинних відбитих хвиль від усіх поверхонь. Тому екрани можуть екранувати лише частину енергії відбитих хвиль, при цьому прямий звуковий промінь залишається недостатньо придушеним. По-третє, ефективність екранів суттєво знижується із зменшенням довжини хвилі, що робить їх малоефективними на високих частотах мовного діапазону. Для забезпечення високочастотного екранування потрібні екрани значних розмірів, що обмежує можливості їх використання. По-четверте, екрани обмежують зону дії лише вузькою областю між джерелом та приймачем, при цьому не забезпечуючи надійного захисту в інших напрямках. Нарешті, екрани суттєво

обмежують мобільність та оперативність змін конфігурації кімнати, оскільки потребують кріплення до конструктивних елементів приміщення та збереження жорсткої геометрії. Це ускладнює їх використання в умовах, коли необхідно часто змінювати розташування учасників переговорів. Отже, локальне акустичне екранування може бути лише допоміжним елементом в системах захисту акустичної інформації, але сам по собі цей метод має вкрай обмежені можливості забезпечення необхідного рівня придушення мовних сигналів.

Для розширення можливостей локального екранування перспективним є застосування "активних" екранів, які можуть в реальному часі змінювати свої акустичні властивості. Наприклад, використання електроактивних матеріалів дозволяє регулювати рівень звукопоглинання та відбиття екраном залежно від поточної ситуації. Також можливе створення "інтелектуальних" екранів з датчиками та виконавчими елементами, які автоматично змінюють свою конфігурацію для оптимального екранування.

Ще один напрямок - це використання акустичних метаматеріалів, здатних фокусувати звукові хвилі та створювати направлені звукові промені з високою просторовою селективністю [18]. Такі матеріали дозволяють будувати тонкі і компактні конструкції для екранування звуку в заданих напрямках.

Загалом, комбіноване використання традиційних та новітніх технологій дає можливість розширити функціональність акустичних екранів. Однак їх застосування має залишатися допоміжним для комплексних систем захисту інформації, в поєднанні з методами активного придушення звуку.

4. Складність практичної реалізації активних систем глушіння. Активні системи глушіння звуку є потенційно більш ефективним підходом до захисту акустичної інформації порівняно з пасивними методами звукоізоляції. Вони базуються на принципі створення когерентної завади, яка точно протифазна до корисного сигналу, забезпечуючи його придушення в точці прийому. Однак практична реалізація таких систем стикається з низкою суттєвих труднощів технічного, алгоритмічного та обчислювального характеру. По-перше, необхідно забезпечити точне визначення форми хвилі, що підлягає придушенню - мовних

сигналів. Це вимагає використання просторових антен із великою кількістю окремих мікрофонних датчиків для виділення сигналів від кожного з учасників переговорів. По-друге, потрібно в реальному часі відстежувати динамічні зміни амплітуди, частоти та фази мовних сигналів для формування відповідних коригувальних сигналів. Це вимагає застосування складних алгоритмів цифрової обробки сигналів на потужних обчислювальних платформах.[20]

Для подолання цих труднощів доцільно застосовувати сучасні методи просторової обробки звуку з використанням мікрофонних решіток та алгоритмів багатоканальної адаптивної фільтрації. Це дозволяє точно локалізувати джерела звуку та автоматично налаштовувати систему на придушення саме поточних мовних сигналів. Також перспективним є застосування нейромережових технологій для розпізнавання і селективного придушення мови на тлі інших звуків.

Ще один напрямок - використання оптимізованих алгоритмів на програмованих логічних інтегральних схемах, що дозволяє досягти високої продуктивності обробки сигналів в компактних системах. Загалом, застосування новітніх технологій дає можливість подолати складнощі практичної реалізації активних систем глушіння звуку та забезпечити їх ефективне функціонування.

#### 5. Невідповідність вимогам мобільності та оперативності використання.

Більшість існуючих систем захисту акустичної інформації в кімнатах переговорів є стаціонарними конструкціями, які не дозволяють здійснювати швидко зміну конфігурації приміщення під поточні функціональні потреби. Це знижує ефективність їх використання та створює додаткові незручності для користувачів.

Пасивні методи захисту, такі як звукоізоляція та звукопоглинання, реалізуються за допомогою масивних будівельних конструкцій - стін, стель, підлог. Їх зміна можлива лише шляхом тривалої та дорогої реконструкції приміщень. Тому вони жорстко прив'язують систему захисту до фіксованої геометрії кімнати.

З іншого боку, застосування локальних акустичних екранів дозволяє певну мобільність, проте в обмеженій мірі [19]. Екрани обмежують простір для розміщення учасників переговорів та створюють труднощі при необхідності швидкої зміни їх кількості чи розташування.

Системи активного глушіння звуку теж мають суттєві обмеження щодо мобільності. Оскільки вони базуються на формуванні спрямованого поля завад, то необхідне розміщення великої кількості акустичних випромінювачів у фіксованих позиціях по відношенню до робочої зони. Це, в свою чергу, також прив'язує їх до фіксованої геометрії [16].

Крім того, будь-які зміни геометрії чи конфігурації предметів в приміщенні призводять до зміни акустичних умов, що в активних системах вимагає перебудови алгоритмів формування когерентних сигналів глушіння. Цей процес є достатньо тривалим.

Отже, більшість існуючих систем захисту акустичної інформації погано пристосовані до мобільного та оперативного застосування в умовах, коли часто змінюється розміщення учасників переговорів, переставляється меблі тощо. Застосування таких систем є незручним, оскільки вони обмежують функціональність кімнат переговорів.

Тому однією з найважливіших вимог до нових систем захисту повинна бути мобільність та оперативність їх розгортання, а також гнучкість пристосування до змінних умов без суттєвого погіршення ефективності.

#### 6. Висока вартість та ресурсомісткість.

Практичне впровадження будь-яких технічних рішень захисту акустичної інформації у кімнатах переговорів неминуче пов'язано зі значними матеріальними та експлуатаційними витратами. Це робить захист надзвичайно дорогим задоволенням для більшості організацій. Розглянемо витрати, пов'язані із застосуванням пасивних звукоізоляційних конструкцій. Для забезпечення належного рівня звукоізоляції використовується масивна бетонна кладка стін, склопластикові вікна, спеціальні підвісні стелі з шаром звукопоглинаючих матеріалів тощо. Такі будівельні роботи вимагають значних фінансових вкладень. Крім того, потрібне виконання вимог до герметизації

Одним з шляхів зменшення витрат на пасивний захист є оптимізація проектних рішень з урахуванням конкретних умов експлуатації приміщення. Наприклад, раціональне зонування кімнати переговорів дозволяє локалізувати зони підвищеної

секретності і сконцентрувати ресурси саме на їх звукоізоляції. Також ефективним є комбіноване використання традиційних та інноваційних матеріалів, що дає можливість знизити товщину і масу конструкцій без втрати звукоізоляційних властивостей.

Ще один підхід - застосування "активних" елементів, які автоматично регулюють акустичні характеристики приміщення [15]. Наприклад, активні шумопоглинальні стелі та панелі дозволяють адаптувати рівень звукопоглинання до поточних умов. Це зменшує вимоги до пасивної звукоізоляції і, відповідно, її вартість.

Щодо активних систем захисту, то їх впровадження також потребує чималих коштів. Проте раціональний вибір технологій дозволяє оптимізувати витрати. Наприклад, використання програмованих алгоритмів обробки сигналів замість спеціалізованого обладнання дає можливість побудувати ефективну систему на стандартних та дешевших компонентах. Застосування хмарних технологій для обробки даних також оптимізує витрати на обчислювальні потужності.

Отже, незважаючи на високу вартість систем захисту акустичної інформації, існують можливості для її істотного зменшення шляхом раціонального проектування, комбінування традиційних і інноваційних підходів, а також використання сучасних технологій обробки даних. Гнучке поєднання пасивних та активних методів з урахуванням конкретних вимог дозволяє оптимізувати співвідношення ціни і якості системи захисту.

#### 7. Негативний вплив на здоров'я та самопочуття працюючих.

Застосування певних методів захисту акустичної інформації може мати негативний вплив на здоров'я та самопочуття людей, які працюють у захищених кімнатах переговорів. Цей фактор часто не враховується при виборі технічних рішень, однак має велике значення для забезпечення комфортних та безпечних умов праці.

Найбільш негативний вплив на людину мають системи генерації інтенсивних шумових завад. Для ефективного маскування корисних акустичних сигналів такі системи мають створювати шумові поля з досить високими рівнями звукового тиску, що призводить до постійного впливу інтенсивного шуму на людей. Відомо, що тривалий вплив шуму, навіть на помірних рівнях, може мати низку негативних

наслідків. Це викликає зниження слухової чутливості, порушення роботи серцево-судинної та нервової систем, підвищену втомлюваність, головні болі, дратівливість, погіршення концентрації уваги та продуктивності праці. Крім того, невпинний вплив шумових завад створює підвищений стрес та психологічний дискомфорт.

Також певні акустичні системи захисту можуть створювати інтенсивні вібрації, що також негативно впливає на самопочуття людини та здатність її зосереджено працювати. Наприклад, потужні гучномовні системи при генерації низькочастотних сигналів можуть спричиняти значні вібрації конструкцій, особливо при встановленні на підлогах чи стінах. Крім того, для забезпечення високоефективного захисту необхідно використовувати масивні звукоізолюючі конструкції, що погіршує повітрообмін та мікроклімат у приміщеннях. Це може призводити до підвищення температури, вологості, концентрації вуглекислого газу, аерозолів та інших шкідливих домішок у повітрі і, як наслідок - до погіршення самопочуття людей.

Вищезазначені фактори можуть мати суттєвий негативний вплив на здоров'я та працездатність людей, які протягом тривалого часу перебувають в умовах дії систем акустичного захисту. Тому при виборі технічних рішень важливо враховувати не лише їхню ефективність, а й безпечність та комфортність для користувачів.

#### 8. Відсутність комплексного підходу та оптимального поєднання методів.

Проаналізувавши наявні технічні рішення захисту акустичної інформації, можна помітити, що в більшості випадків застосовується лише один окремий метод. А саме - звукоізоляція, звукопоглинання, локальне екранування, генерація шумових завад чи спроби активного глушіння. Оптимальне поєднання кількох різних методів одночасно зустрічається вкрай рідко. Така односторонність підходів знижує загальну ефективність систем захисту. Адже кожен окремий метод має свої сильні та слабкі сторони, обмеження та недоліки, які компенсуються іншими методами.

Прикладом комплексного підходу може бути системне поєднання пасивної звукоізоляції, локального звукопоглинання та селективного активного глушіння звуку. Це дозволило б створити багаторівневий захист, де пасивна звукоізоляція забезпечувала б максимальне придушення звуку на низьких частотах, локальне звукопоглинання ефективно працювало б на високих частотах, а активне глушіння

дозволяло б вибірково придушувати потрібні мовні сигнали з мінімальним створенням шумових завад. Правильна оптимізація такої системи могла б забезпечити значно вищу ефективність порівняно з окремим застосуванням кожного з цих методів.

Також комплексний підхід міг би включати і організаційні аспекти захисту - контроль доступу до приміщень, встановлення фізичних перепон, введення процедур прослуховування тощо. В поєднанні з технічним захистом це могло б значно підвищити загальний рівень захищеності.

Розробка такого системного комплексного підходу та його широке впровадження дозволили б досягти кращих результатів порівняно з сучасною практикою.

Отже, відсутність комплексного поєднання наявних методів захисту акустичної інформації є суттєвим недоліком, який також потребує уваги в майбутніх дослідженнях та розробках. Лише системний підхід до проблеми забезпечить створення дійсно надійних та ефективних рішень.

### **2.3. Оцінка економічної ефективності існуючих методів захисту інформації**

Захист інформації є важливою складовою діяльності будь-якої організації. Особливо гостро це питання постає в умовах жорсткої конкуренції, коли витік конфіденційних даних може завдати серйозної шкоди компанії. Тому керівництво приділяє значну увагу розробці та впровадженню надійних методів захисту інформації.

Одним з найвразливіших місць з точки зору можливого витіку даних є кімната для проведення конфіденційних переговорів та нарад. Саме тут часто обговорюється найцінніша інформація, яка не повинна потрапити до сторонніх осіб. Тому питання надійного захисту акустичної інформації в такій кімнаті є надзвичайно актуальним.

На сьогодні існує кілька основних методів захисту акустичної інформації в кімнатах для переговорів:

1. Звукоізоляція приміщення. Полягає у встановленні спеціальних звукопоглинальних матеріалів на стіни, стелю та підлогу, що дозволяє приглушити звуки всередині кімнати та ускладнити прослуховування ззовні. Цей метод є одним з найбільш ефективних та широко застосовуваних способів захисту акустичної інформації. Він дозволяє значно знизити рівень проникнення звукових хвиль за межі захищеної зони, а також зменшити рівень завад і відлунь всередині неї.

Проте для досягнення високого ступеня звукоізоляції необхідно використовувати досить масивні та щільні конструкції. Як правило, це важкі бетонні стіни та спеціальні склопакети з шумоізолюючими властивостями. Крім того, необхідно забезпечити ретельну герметизацію всіх отворів, щілин та стиків між конструкціями. Будь-які недоліки в цій області можуть суттєво знизити ефективність захисту. Також важливо контролювати жорсткість кріплення звукопоглинальних матеріалів до поверхонь, оскільки відшарування може призвести до виникнення резонансних коливань та погіршення звукоізоляції.

Існують різні типи звукопоглинальних матеріалів, які застосовуються для звукоізоляції - від традиційних мінераловатних плит до сучасних композитів на основі вспінених полімерів. Їх вибір залежить від конкретних вимог до звукоізолюючих властивостей, вогнестійкості, вологостійкості, а також естетичних міркувань.

2. Встановлення активних шумогенераторів. Такі пристрої генерують шумовий сигнал, який накладається на корисний акустичний сигнал у кімнаті та ускладнює його розбірливість при прослуховуванні. Цей метод базується на принципі маскування корисного сигналу зашумленням. Якщо накласти на акустичний сигнал, що підлягає захисту, певний шумовий сигнал з відповідними характеристиками, то він стане нерозбірливим для сторонніх спостерігачів.

Існують різні підходи до реалізації таких систем. Найпростіші з них генерують випадковий широкосмуговий шумовий сигнал, який розповсюджується в приміщенні за допомогою гучномовців або спеціальних акустичних випромінювачів. Більш досконалі системи мають можливість адаптивно налаштовувати параметри генерованого шуму відповідно до частотних характеристик мовних сигналів, що

виникають під час переговорів. Це дозволяє оптимізувати процес зашумлення і максимально ефективно маскувати корисний сигнал.

Перевагою даного методу є можливість динамічно змінювати рівень захисту залежно від ситуації. Наприклад, під час безпосереднього ведення переговорів необхідний максимальний захист, а в перервах між ними рівень зашумлення може бути зменшений для зменшення втомлюваності учасників.

3. Системи виявлення закладних пристроїв. Такі системи призначені для виявлення приховано встановлених зловмисниками пристроїв негласного прослуховування - "жучків", мікрофонів, безпроводних передавачів та інших закладок. Їх дія базується на виявленні електромагнітних та акустичних полів, які генеруються цими пристроями при їх роботі.

Найбільш поширеними методами виявлення є застосування нелінійних локаторів, що реагують на гармоніки та комбінаційні частоти в сигналах передавачів; використання вимірювачів потужності поля для пошуку витоків електромагнітного випромінювання; акустичний пошук закладних мікрофонів за специфічними звуками їх роботи. Існують також спеціальні методи виявлення прихованих провідних ліній для передачі аудіосигналів.

При розгортанні системи виявлення здійснюється ретельне обстеження всього приміщення з використанням спеціальних детекторів та локаторів. Результати обстеження аналізуються досвідченими фахівцями. У разі виявлення будь-яких підозрілих слідів роботи закладок вживаються заходи для їх нейтралізації, деактивації чи виведення з ладу.

Такі системи не є безпосереднім засобом захисту конфіденційної інформації, проте вони відіграють вкрай важливу роль у своєчасному виявленні спроб таємного впровадження обладнання для прослуховування та витоку даних. Регулярне проведення обстежень дозволяє запобігти можливим витокам інформації через технічні канали.

4. Екранування приміщення. Цей метод передбачає використання спеціальних екрануючих матеріалів для захисту від витоку інформації технічними

каналами. Він базується на принципі блокування електромагнітних полів та сигналів, які можуть виникати або проникати в захищену зону.

Для екранування приміщень зазвичай використовуються спеціальні електропровідні покриття або металеві сітки, що монтуються на внутрішніх поверхнях огорожувальних конструкцій. Вони створюють своєрідний екран, який відбиває або поглинає електромагнітні хвилі, не даючи їм проникнути всередину або вийти назовні.

Екранування ефективно захищає від витоку даних через технічні канали, такі як електромагнітні наведення в лініях зв'язку чи живлення, вторинні випромінювання від обладнання, а також нейтралізує зовнішні електромагнітні завади. Це суттєво знижує ризик перехоплення інформації, що передається через дротові чи бездротові комунікаційні системи, а також ускладнює можливість таємної передачі даних із захищеної зони.

Водночас екранування не забезпечує прямого захисту від акустичного витоку даних, для чого необхідно застосовувати додаткові методи звукоізоляції. Також екрануюче покриття повинно бути суцільним, без будь-яких пропусків чи проривів, інакше його ефективність значно знижується.

Для досягнення високого ступеня захисту екрануюче покриття необхідно ретельно заземлювати та виконувати певні вимоги до металевих конструкцій, інженерних комунікацій тощо. Тому такі системи доцільно впроваджувати одночасно зі зведенням або капітальним ремонтом приміщень.

Розглянувши основні характеристики цих методів, можна оцінити їх економічну ефективність. Для цього проаналізуємо витрати на їх впровадження та експлуатацію.

1. Звукоізоляція кімнати переговорів. Вартість звукоізоляційних матеріалів та робіт з їх монтажу для кімнати площею 50 м<sup>2</sup> становить приблизно 30 000 - 40 000 грн. Різні типи сучасних звукопоглинальних панелей коштують від 500 до 1500 грн за квадратний метр, залежно від виробника та властивостей. При цьому обов'язково потрібно передбачити витрати на додаткові допоміжні матеріали, монтаж та фінішні

оздоблювальні роботи. Загальну вартість робіт доцільно оцінювати у розмірі 60-70% від вартості самих панелей.

Експлуатаційні витрати на звукоізоляцію є мінімальними - періодичний контроль стану кріплення панелей та їх очищення від пилу. Звукоізоляція забезпечує надійний базовий захист приміщення на довгостроковий період.

2. Встановлення шумогенераторів. Вартість комплексу з 2-3 сучасних цифрових пристроїв для зашумлення складає приблизно 25 000 - 35 000 грн. Необхідно також закупити додаткові гучномовці чи випромінювачі, якщо їх недостатньо в існуючій системі озвучення кімнати. Шумогенератори потребують підключення до електромережі живлення та періодично вимагають заміни елементів живлення в бездротових пристроях. Середній термін експлуатації сучасних шумогенераторів становить 5-7 років.

Шумогенератори ефективно маскують розбірливість мовлення, але при цьому можуть ускладнювати процес ведення самих переговорів через необхідність підвищувати голос, зменшувати дистанції між учасниками тощо. Тому їх застосування може бути обмеженим певними незручностями.

3. Системи виявлення закладних пристроїв. Вартість таких систем залежить від кількості та типу обладнання, яке входить до їх складу. Базовий комплект для невеликого приміщення з 1-2 детекторами може коштувати 20 000-30 000 грн. Але для більш надійного виявлення може знадобитися кілька різних типів детекторів, аналогові та цифрові локатори, обладнання для неруйнівного пошуку тощо. Тому вартість повноцінної системи може сягати 50 000-100 000 грн і більше.

При цьому необхідно періодично (1-2 рази на рік) проводити калібрування, перевірку та тестування обладнання, вартість яких становить 10-15% від початкової вартості системи. Окремі елементи системи, такі як детектори, можуть вимагати періодичної заміни через зношення чи вихід з ладу.

Важливо враховувати, що системи виявлення закладних пристроїв дозволяють виявити потенційні канали витоку інформації, але не забезпечують безпосередній захист від акустичного витоку даних під час переговорів. Це лише допоміжна система, яка потребує регулярного застосування.

4. Екранування приміщення. Екранування є досить дорогим рішенням. Вартість професійного монтажу спеціальних екрануючих покриттів з підвищеної якості починається від 1000 грн за квадратний метр. Для кімнати площею 50 м<sup>2</sup> загальна вартість матеріалів та монтажу може перевищувати 100 000 грн. Також необхідно передбачати додаткові витрати на екранування отворів, встановлення екрануючих дверей, виконання вимог щодо заземлення тощо. В цілому повна вартість екранування такої кімнати може становити від 150 000 грн і вище, залежно від складності конструкцій та вимог до якості.

Екранування потребує також періодичного контролю якості екрануючого покриття, перевірки цілісності та герметичності з'єднань, а також професійного обслуговування та ремонту у разі виявлення дефектів. Загальні щорічні витрати на обслуговування можуть сягати 5-10% від вартості системи екранування.

Безумовно, екранування є досить дорогим рішенням, проте його доцільно застосовувати для більш надійного блокування витоків інформації технічними каналами, особливо в тих випадках, коли використовується різне комунікаційне обладнання або апаратура з високим рівнем електромагнітного випромінювання.

Отже, найбільш оптимальним за співвідношенням ціни та ефективності є комплексне застосування звукоізоляції та систем виявлення загроз, що дозволяє створити багаторівневий захист акустичної інформації в кімнаті переговорів.

Звукоізоляція забезпечує базовий рівень захисту та приглушує мовлення всередині кімнати. Виявлення закладних пристроїв дозволяє своєчасно нейтралізувати спроби прослуховування. Вартість такого комплексу, враховуючи середні ринкові ціни, складає орієнтовно 70 000-90 000 грн на початковому етапі. При цьому експлуатаційні витрати будуть мінімальними - періодичне технічне обслуговування систем виявлення закладних пристроїв у розмірі 10-15% від їхньої вартості на рік. Це створює досить оптимальне співвідношення ціни та якості багаторівневого захисту акустичної інформації. [21]

Для подальшого удосконалення існуючих методів можна запропонувати наступні напрямки:

- Розробка нових більш ефективних звукопоглинальних матеріалів, що забезпечать кращу звукоізоляцію. Використання композитних матеріалів на основі піноскла, вуглепластиків та інших інноваційних рішень може суттєво підвищити здатність звукоізоляційних конструкцій приглушувати звукові хвилі, особливо в низькочастотному діапазоні. Адже саме низькі частоти є найбільш критичними для забезпечення акустичної конфіденційності.

- Застосування технологій штучного інтелекту та машинного навчання для забезпечення адаптивного зашумлення та цифрової обробки акустичних сигналів в режимі реального часу. Сучасні нейромережеві алгоритми дозволяють більш точно розпізнавати корисний мовний сигнал та оптимізувати параметри генерованого зашумлення для найкращої ефективності маскування. Такі системи здатні працювати на рівні окремих частотних смуг, адаптуватися до динамічної зміни мовців тощо.

- Розробка "розумних" систем виявлення загроз з функціями машинного навчання для автоматичного розпізнавання типів закладних пристроїв. Використання штучного інтелекту дозволяє аналізувати та класифікувати виявлені сигнали закладних пристроїв, визначати їх технічний тип, функціональні особливості, локалізувати місце знаходження. Це спростить процес аналізу результатів сканування та прискорить виявлення загроз.

- Впровадження методів активного акустичного захисту, що дозволяють не лише маскувати корисні сигнали, але й безпосередньо створювати завади для нейтралізації дії закладних пристроїв. Принцип дії таких систем базується на точному визначенні акустичних полів закладок та генеруванні спеціальних перешкоджаючих сигналів, які повинні когерентно накладатися на ці поля, забезпечуючи їх максимальне придушення.

- Розробка спеціалізованого програмного забезпечення для моніторингу, аналізу та прогнозування акустичних загроз в приміщеннях, подібних до кімнат переговорів. Використання систем автоматизованого контролю дозволить оперативно виявляти будь-які відхилення, ідентифікувати канали витоку інформації, накопичувати статистику для подальшого аналізу ризиків та прогнозування

майбутніх загроз. На базі отриманих даних можна буде формувати рекомендації щодо вибору найбільш ефективних методів захисту.

Впровадження таких удосконалень на базі новітніх технологій, безумовно, вимагатиме додаткових фінансових вкладень. Проте це дозволить значно підвищити надійність захисту конфіденційної акустичної інформації при збереженні оптимального співвідношення вартості та ефективності обраних методів. А в умовах жорсткої конкуренції це має вагомим значення для забезпечення інформаційної безпеки організації в цілому.

Важливим аспектом є також суворе дотримання комплексу організаційних заходів безпеки. Сюди можна включити контроль доступу до приміщень, фізичні огляди, обмеження на використання технічних засобів, перевірку відвідувачів, поведінки персоналу тощо. Невиконання подібних заходів може досить швидко знівелювати всі переваги найбільш досконалих технічних систем захисту. [2]

Таким чином, лише завдяки системному підходу, що поєднує технічні засоби безпеки, організаційні процедури та регулярний контроль їх дотримання, можна досягти бажаного рівня захищеності акустичної інформації в конфіденційних місцях. Обґрунтований вибір методів та рішень, постійне їх вдосконалення та адаптація до актуальних загроз дозволить максимально знизити ризики витоку даних та втрат для організації. А успішний досвід та напрацювання в цій сфері стануть важливим фактором підвищення конкурентоспроможності будь-якої компанії.

## **Висновки за розділом 2**

У розділі 2 було проведено огляд та порівняльний аналіз існуючих технічних рішень захисту акустичної інформації в кімнатах переговорів. Розглянуто основні методи - пасивні багатошарові звукоізолюючі конструкції, системи активного шумового маскування, локальні акустичні екрани та системи активного придушення звуку.

Проведений аналіз дозволив виявити ряд недоліків та проблем існуючих методів, таких як недостатня ефективність, складність практичної реалізації, висока вартість, негативний вплив на здоров'я людей.

Також було здійснено оцінку економічної ефективності основних методів. Показано, що найбільш оптимальним є комплексне застосування звукоізоляції та систем виявлення загроз. Запропоновано напрямки удосконалення існуючих методів на основі новітніх технологій.

Отже, проведений в розділі аналіз існуючих технічних рішень дозволяє краще зрозуміти проблему та намітити шляхи її вирішення в наступних розділах роботи. Необхідно розробити нові, більш досконалі підходи до захисту акустичної інформації в кімнатах переговорів.

## РОЗДІЛ 3

### РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАПРОПОНОВАНОГО МЕТОДУ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ

#### 3.1.Опис запропонованого методу захисту

З метою удосконалення існуючих методів захисту акустичної інформації та усунення виявлених недоліків пропонується новий підхід, який базується на застосуванні активного акустичного захисту з використанням технологій штучного інтелекту.

Запропонований метод полягає у генеруванні спеціальних акустичних завад, синтезованих за допомогою нейронних мереж, які накладаються на мовні сигнали та ефективно пригнічують їх, не порушуючи загальний акустичний комфорт в приміщенні. Система складається з мікрофонних датчиків для прийому акустичних сигналів, блоку обробки на основі нейронної мережі та набору акустичних випромінювачів для генерації завад. Мікрофони розміщуються в зоні переговорів та приймають увесь спектр акустичних сигналів, включаючи мовні сигнали, фонові шуми, а також зовнішні перешкоди.

Блок обробки реалізує алгоритм на основі рекурентної нейронної мережі з механізмом уваги. Він виконує спектральний аналіз вхідного сигналу, виділяє ознаки мовних фрагментів, оцінює їх параметри та генерує керуючий сигнал для формування завади, яка має зворотну фазу та подібні частотно-часові характеристики. Тобто, завада створюється когерентною (зі зворотною фазою) до мовного сигналу, що дозволяє компенсувати його шляхом деструктивної інтерференції. При цьому враховуються особливості амплітудної модуляції та частотного спектру мови для найбільш ефективного глушіння.

Акустичні випромінювачі отримують керуючий сигнал від блоку обробки та формують згенеровану заваду, яка накладається на мовний сигнал та пригнічує його.

Передбачено використання декількох направлених випромінювачів для оптимального покриття зони переговорів.

Ключовим елементом є блок обробки на основі рекурентної нейронної мережі.

Він реалізує наступний алгоритм:

1. Вхідний багатоканальний акустичний сигнал оцифровується з високою частотою дискретизації (не менше 48 кГц) для забезпечення аналізу всього спектру мовного сигналу.
2. Виконується спектральний аналіз сигналу з використанням швидкого перетворення Фур'є в реальному часі. Розраховуються амплітудні спектри у вузьких частотних смугах.
3. За допомогою RNN з механізмом уваги в спектрах виділяються ознаки, характерні для мовних фрагментів - формантні піки, перепади амплітуди, частотні модуляції.
4. На основі виділених ознак оцінюються параметри мовних фрагментів - частоти формант, інтенсивність, часова модуляція.
5. З урахуванням оцінених параметрів генерується керуючий сигнал для формування завади, що має зворотну фазу та подібні частотно-часові характеристики порівняно з виявленим мовним фрагментом.
6. Сформована адаптивна завада передається на акустичні випромінювачі.
7. Кроки 1-6 повторюються в циклі для обробки акустичного сигналу в реальному часі.

Така обробка в режимі реального часу дозволяє швидко та точно виявляти мовні сигнали, аналізувати їх параметри та генерувати адаптивну заваду, що компенсує мовні фрагменти шляхом деструктивної інтерференції.

Переваги запропонованого методу:

- Ефективне придушення мовних сигналів за рахунок когерентної завади, що компенсує їх шляхом інтерференції.
- Мінімальне спотворення корисних сигналів та загального акустичного поля в кімнаті, оскільки завада селективно націлена на мовні фрагменти.

- Адаптивність завади до реальних параметрів мовного сигналу завдяки аналізу в режимі реального часу.
- Можливість охоплення всіх необхідних частотних діапазонів за рахунок ширококутового аналізу та синтезу.
- Висока швидкодія системи завдяки застосуванню ефективних алгоритмів на основі нейронних мереж.
- Гнучкість та масштабованість системи за рахунок можливості зміни кількості та розміщення датчиків і випромінювачів.
- Невисока вартість реалізації за рахунок використання стандартних акустичних компонентів та програмного забезпечення.
- Мобільність та швидкість розгортання системи для оперативного застосування в різних умовах.

Таким чином, запропонований метод комплексно вирішує проблему ефективного захисту акустичної інформації в кімнатах для конфіденційних переговорів шляхом реалізації системи активного акустичного захисту на основі технологій штучного інтелекту. Експериментальні дослідження та оцінка ефективності методу буде проведена в наступних розділах роботи.

Для розробки практичної частини роботи було вибрано мову програмування Python є однією з найкращих мов програмування для реалізації завдання з активного акустичного захисту з наступних причин:

1. Велика кількість бібліотек для обробки сигналів та машинного навчання. Зокрема, NumPy, SciPy, Matplotlib, PyTorch, TensorFlow та багато інших. Це дозволяє швидко реалізувати необхідні алгоритми обробки сигналів, побудови і навчання нейронних мереж.
2. Простий і зрозумілий синтаксис мови робить код читабельним і легким для підтримки. Можна швидко прототипувати різні варіанти алгоритмів.
3. Висока продуктивність за рахунок використання оптимізованих бібліотек NumPy, SciPy, Numba. Це дозволяє ефективно обробляти аудіосигнали в режимі реального часу.

4. Простота розгортання для кінцевого використання. Можна легко упакувати модель і код в один виконуваний файл за допомогою PyInstaller або cxFreeze.
5. Кросплатформеність. Програми на Python легко запускаються в ОС Windows, Linux, macOS, що зручно для використання системи в різних умовах.
6. Зрілість екосистеми Python дозволяє швидко знайти відповіді і рішення для типових задач. Величезна кількість відкритих бібліотек спрощує розробку.
7. Зручні інтегровані середовища розробки, такі як PyCharm, Spyder, VS Code, дозволяють ефективно писати та налагоджувати код Python.

Отже, завдяки простоті, великій екосистемі, високій продуктивності та кросплатформеності, Python є одним з найкращих виборів для реалізації систем активного акустичного захисту.

#### 1. Імпортування необхідних бібліотек:

PyAudio - це крос-платформна бібліотека Python, призначена для взаємодії з аудіо-пристроями та запису/відтворення звуку.[50] Вона надає зручний програмний інтерфейс (API) для доступу до аудіо-функціоналу PortAudio - популярної бібліотеки для роботи зі звуком, доступної на різних платформах, включаючи Windows, Linux та Mac OS X. PyAudio дозволяє легко записувати звук з мікрофону, відтворювати звук через динаміки, а також виконувати різноманітні операції над цифровим аудіо сигналом, такі як змінювати частоту дискретизації, кількість каналів, глибину бітів та інше.

NumPy - це фундаментальна бібліотека для наукових обчислень в Python, яка забезпечує підтримку багатовимірних масивів та матриць, разом із великою кількістю математичних функцій для роботи з цими структурами даних. У контексті обробки звуку, NumPy дозволяє працювати зі звуковими даними як з масивами чисел, що робить можливим застосування різноманітних алгоритмів та обчислень до цифрового аудіо сигналу. Наприклад, можна використовувати NumPy для виконання перетворень Фур'є, фільтрації сигналу, розрахунку статистичних характеристик та багато іншого.

Wave - це вбудований модуль у Python, який надає функціоналітет для читання та запису аудіо-файлів у форматі WAV. Цей формат є стандартним для збереження

цифрового звуку на комп'ютерах і широко використовується в багатьох додатках. Модуль `wave` дозволяє легко зберігати звукові дані у файл, вказуючи такі параметри як частота дискретизації, кількість каналів, глибина бітів та інші специфікації, необхідні для коректного відтворення звуку.

`Deque` - це структура даних з модуля `collections` у стандартній бібліотеці Python, яка реалізує двосторонню чергу. Вона дозволяє додавати та видаляти елементи з обох кінців черги з постійним часом доступу, незалежно від розміру черги. В контексті виявлення розмови, `deque` використовується для створення черги з обмеженою довжиною, в якій зберігаються останні виміряні рівні звуку. Це дозволяє відстежувати історію рівнів звуку та визначати, чи був звук стабільно вищим за встановлений поріг протягом певного періоду часу, що вказує на наявність розмови.

`PyQt5` - це набір бібліотек та інструментів для розробки графічних інтерфейсів користувача (GUI) для додатків на Python. Вона забезпечує повний набір елементів інтерфейсу, таких як вікна, кнопки, меню, діалогові вікна, віджети для відображення мультимедіа та багато іншого. `PyQt5` дозволяє створювати сучасні, функціональні та естетично привабливі інтерфейси для користувачів, що є важливим для інтерактивних додатків, які повинні бути зручними у використанні.

`Matplotlib` - це потужна бібліотека для візуалізації даних у Python. Вона надає різноманітні інструменти для створення статичних, анімованих та інтерактивних графіків, діаграм, гістограм та інших візуальних представлень даних. У контексті обробки звуку, `matplotlib` дозволяє візуалізувати цифровий аудіо сигнал у вигляді графіка амплітуди над часом. Це надає змогу візуально спостерігати за характеристиками звуку та може бути корисним для аналізу, налагодження та демонстрації роботи системи обробки звуку.

## 2. Налаштування PyAudio:

Частота дискретизації (`sample_rate`) - це кількість разів на секунду, з якою вимірюється амплітуда аналогового сигналу під час оцифровки. Вища частота дискретизації забезпечує кращу якість та точність цифрового представлення звукового сигналу, оскільки більше точок вимірюється за одиницю часу. Стандартні значення частоти дискретизації для аудіо включають 44,1 кГц (компакт-диски), 48

кГц (цифрове телевізійне мовлення) та 96 кГц (студійна якість). Вибір частоти дискретизації залежить від конкретного застосування та вимог до якості звуку.

Кількість каналів (channels) визначає, скільки окремих звукових сигналів буде записано одночасно. Найпоширеніші варіанти - це моно (один канал) та стерео (два канали - лівий та правий). Використання більшої кількості каналів, наприклад, 5.1 або 7.1, дозволяє записувати об'ємний звук для створення більш реалістичного просторового звукового середовища.

Розмір буфера (chunk) - це кількість звукових семплів, які читаються одночасно з аудіо-пристроєм під час запису. Більший розмір буфера може забезпечити кращу продуктивність, оскільки зменшується кількість викликів операцій введення/виведення для читання даних. Однак, занадто великий розмір буфера може призвести до значної затримки між записом звуку та його обробкою, що є небажаним для багатьох додатків, які вимагають роботи в режимі реального часу.

Тривалість запису (record\_seconds) - це максимальна кількість секунд, протягом яких буде записуватися звук. Це значення визначає загальний обсяг звукових даних, які будуть зібрані під час одного сеансу запису.

Поріг для виявлення розмови (threshold) - це значення рівня звуку, вище якого вважається, що відбувається розмова. Воно використовується для визначення, чи повинен бути згенерований шум для приглушення звуку. Встановлення відповідного порогу є важливим для забезпечення правильного балансу між виявленням розмови та уникненням генерації шуму за відсутності значущого звуку.

### 3. Створення класу MainWindow:

Клас MainWindow успадковується від QMainWindow - базового класу для головних вікон в PyQt5. Це забезпечує доступ до всіх функцій та можливостей, необхідних для створення звичайного вікна додатку з стандартними елементами інтерфейсу, такими як панель меню, панель інструментів, області для розміщення віджетів тощо.

У конструкторі класу ініціалізуються кілька змінних, які відіграють ключову роль в управлінні процесом запису звуку:

- is\_recording: логічна змінна, яка вказує, чи відбувається запис звуку в даний момент.

- `stream`: об'єкт потоку запису `PyAudio`, який використовується для читання звукових даних з мікрофону.
- `audio`: об'єкт `PyAudio`, який забезпечує доступ до функцій бібліотеки `PyAudio`.
- `data`: список для зберігання записаних звукових даних.
- `levels`: черга з обмеженою довжиною (`deque`) для відстеження останніх вимірених рівнів звуку.
- `muted`: логічна змінна, яка вказує, чи увімкнено опцію глушіння звуку.

Ці змінні використовуються в різних методах класу для управління процесом запису, зберігання даних, відстеження рівнів звуку та генерації шуму при виявленні розмови.

#### 4. Ініціалізація GUI:

Функція `initUI()` відповідає за створення та налаштування всіх елементів графічного інтерфейсу користувача (GUI). Вона включає наступні кроки:

1. Створення `FigureCanvas` - віджету з бібліотеки `matplotlib` для відображення графіка звукового сигналу. Він ініціалізується з використанням об'єкта `Figure`, на якому буде вибудовуватися графік.
2. Створення прогрес-бару (`QProgressBar`) для візуалізації прогресу запису звуку. Він налаштований на максимальне значення, рівне тривалості запису, помноженій на 100 для більшої плавності анімації.
3. Створення текстового поля (`QLabel`) для відображення поточного стану процесу запису. Спочатку воно встановлюється на "Не запис".
4. Створення прапорця (`QCheckBox`) для включення/вимкнення режиму глушіння звуку. Початковий стан - вимкнений.
5. Створення кнопки "Почати запис" (`QPushButton`) для запуску процесу запису звуку. При натисканні викликається метод `start_recording()`.
6. Створення кнопки "Зупинити запис" (`QPushButton`) для зупинки процесу запису звуку. При натисканні викликається метод `stop_recording()`.
7. Розміщення всіх створених елементів на відповідних макетах (`QVBoxLayout` та `QHBoxLayout`) для організації інтерфейсу та забезпечення належного розташування віджетів.
8. Встановлення розміру головного вікна та задання заголовку вікна.

9. Відображення головного вікна за допомогою методу `show()`.

Така організація інтерфейсу забезпечує зручне та інтуїтивне керування процесом запису звуку, візуалізацію звукового сигналу та статусу, а також дозволяє користувачеві включати/вимкнути функцію глушіння звуку. [4]

5. Запис звуку:

Функція `start_recording()` відповідає за ініціалізацію та початок процесу запису звуку. Вона виконує наступні дії:

1. Встановлює прапорець `is_recording` на `True`, вказуючи, що запис звуку розпочато.
2. Оновлює текст в текстовому полі статусу на "Запис..." для відображення поточного стану процесу.
3. Скидає значення прогрес-бару до нуля за допомогою методу `setValue(0)`.
4. Викликає метод `open()` об'єкта `PyAudio (audio)` для відкриття потоку запису звуку. Цей метод приймає кілька параметрів:
  - `format`: визначає формат кодування звукових даних (`PyAudio.paInt16` - 16-біт)
  - `channels`: кількість каналів запису (в даному випадку 1 - моно)
  - `rate`: частота дискретизації звукового сигналу
  - `input`: `True` вказує на використання мікрофону як джерела вхідних даних
  - `frames_per_buffer`: розмір буфера для читання звукових даних (в семплах)

Результатом є об'єкт потоку запису, який зберігається у змінній `stream`.

5. Викликає метод `update_plot()` для початку циклу візуалізації звукового сигналу в режимі реального часу.

Така послідовність кроків запускає потік запису звуку з мікрофону з заданими параметрами, налаштовує інтерфейс для відображення поточного стану та ініціює процес оновлення графіка для візуалізації звукового сигналу.

6. Зупинка запису та збереження даних:

Функція `stop_recording()` відповідає за завершення процесу запису звуку та збереження записаних даних. Вона виконує наступні кроки:

1. Скидає прапорець `is_recording` на `False`, вказуючи, що запис звуку зупинено.

2. Оновлює текст в текстовому полі статусу на "Не запис" для відображення поточного стану процесу.
3. Викликає метод `stop_stream()` об'єкта потоку запису (`stream`) для зупинки потоку читання звукових даних.
4. Закриває об'єкт `PyAudio` (`audio`) за допомогою методу `terminate()`. Це звільняє всі зайняті ресурси та завершує роботу `PyAudio`.
5. Викликає функцію `save_audio()`, передаючи їй список записаних звукових даних (`data`) для збереження в файл.

Таким чином, коли користувач натискає кнопку "Зупинити запис", потік запису звуку зупиняється, ресурси звільнюються, а записані звукові дані зберігаються у файл для подальшого використання або аналізу.

#### 7. Оновлення графіка та виявлення розмови:

Функція `update_plot()` відповідає за циклічне оновлення графіка звукового сигналу в режимі реального часу та виявлення розмови на основі аналізу рівнів звуку. Вона виконується постійно під час активного запису звуку.

2. Обчислення рівня звуку з прочитаних даних за допомогою бібліотеки `NumPy`:
  - Обчислення середнього квадратичного значення (RMS) звукових даних
  - Нормалізація значення RMS до діапазону від 0 до 1
  - Обчислення децибельного рівня звуку шляхом логарифмічного перетворення нормалізованого RMS
3. Додавання нового вимірюваного рівня звуку до черги `levels` з обмеженою довжиною (`deque`):
  - Якщо черга повна, видаляється найстарший елемент
  - Новий рівень звуку додається до кінця черги
4. Обчислення середнього значення всіх елементів у черзі `levels`:
  - Сума всіх елементів ділиться на довжину черги
  - Це дає усереднений рівень звуку за останній період часу
5. Перевірка, чи перевищує середній рівень звуку встановлений поріг (`threshold`):
  - Якщо перевищує, це вказує на наявність розмови
  - Виводиться повідомлення "Виявлено розмову"

- Викликається функція `generate_noise()` для генерації шуму, якщо встановлена опція глушіння (`muted`)

#### 6. Оновлення графіка в реальному часі:

- Обнуляються існуючі лінії на графіку
- Створюється нова лінія на графіку з використанням прочитаних звукових даних
- Оновлюється діапазон осі часу для візуалізації останніх даних
- Перемальовується вікно графіка для відображення змін

#### 7. Планування наступного оновлення графіка через певний інтервал часу (10 мілісекунд) за допомогою методу `FigureCanvasAgg.flush_events()`

Такий цикл оновлення графіка та аналізу рівнів звуку відбувається постійно під час запису звуку. Це дозволяє візуалізувати звуковий сигнал у реальному часі, відстежувати рівні звуку та виявляти розмови, щоб активувати генерацію шуму для глушіння у разі необхідності.

#### 8. Генерація шуму:

Функція `generate_noise()` відповідає за генерацію випадкового шуму та запис його у потік звукових даних. Вона викликається у функції `update_plot()`, коли середній рівень звуку перевищує заданий поріг та опція глушіння увімкнена.

Генерація шуму відбувається шляхом випадкового вибору чисел у діапазоні від -32768 до 32767, що відповідає 16-бітному кодуванню звукових семплів. Такий діапазон забезпечує максимальну амплітуду звукового сигналу та створює "білий шум" з рівномірним розподілом частот.

Сформований масив випадкових чисел перетворюється на масив байтів за допомогою функції `numpy.int16()` та записується у потік звукових даних за допомогою методу `write()` об'єкта потоку запису (`stream`).

Таким чином, коли виявляється розмова та опція глушіння активована, додаток генерує випадковий шум та безпосередньо записує його у потік звукових даних. Це створює приглушуючий "білий шум", який маскує будь-які розмови або звуки, що надходять з мікрофону, забезпечуючи захист акустичної інформації.

#### 9. Збереження звукових даних:

Функція `save_audio()` відповідає за збереження записаних звукових даних у файл у форматі WAV. Вона приймає список звукових даних `data` як аргумент.

Процес збереження даних відбувається у наступній послідовності:

1. Відкривається новий файл `"recorded_audio.wav"` у режимі запису бінарних даних (`"wb"`) за допомогою стандартної функції `open()`.
2. Створюється об'єкт `Wave_write` з модуля `wave`, який дозволяє записувати звукові дані у форматі WAV:
  - `wave.open(файл, "wb")` відкриває файл для запису
  - `setparams()` встановлює параметри звукових даних, такі як частота дискретизації, кількість каналів, кількість байтів на семпл та інші специфікації
3. Записуються звукові дані у файл за допомогою методу `writeframes()`:
  - Метод `writeframes()` приймає масив байтів як аргумент
  - Тому список звукових даних `data` необхідно об'єднати в один масив байтів за допомогою функції `numpy.array(..., dtype='b').tobytes()`
4. Закриваються файл та об'єкт `Wave_write` за допомогою методів `close()`.

Після виконання цієї функції у поточній директорії буде створено файл `recorded_audio.wav`, який міститиме записані звукові дані у форматі, придатному для відтворення та подальшої обробки.

#### 10. Запуск програми:

В основному потоці коду відбувається ініціалізація та запуск графічного інтерфейсу користувача (GUI):

1. Створюється інстанція `QApplication` з аргументами `sys.argv`. `QApplication` - це клас з бібліотеки `PyQt5`, який керує усіма ресурсами, необхідними для GUI додатку (головним циклом подій, вікнами, віджетами тощо).
2. Створюється об'єкт `MainWindow` - екземпляр класу `MainWindow`, який містить логіку для створення та управління головним вікном додатку.
3. Викликається метод `show()` для об'єкта `MainWindow`, що відображає створене вікно на екрані.

4. Викликається метод `app.exec_()` для запуску головного циклу подій GUI. Цей цикл обробляє всі вхідні події (натискання кнопок, рухи миші, введення з клавіатури тощо) та оновлює інтерфейс відповідно до них. Цикл `exec_()` буде виконуватись доки користувач не закрив додаток.
5. Коли користувач закриває додаток, метод `exec_()` завершується, і керування передається наступним інструкціям у коді (якщо такі є).

Такий підхід використовується в PyQt5 та багатьох інших бібліотеках для створення графічних інтерфейсів користувача, оскільки забезпечує зручну модель програмування та управління потоком подій. Додаток залишається активним та реагує на дії користувача доти, доки головний цикл подій не буде завершено.

Загалом, це рішення поєднує функціональність бібліотек PyAudio для взаємодії з мікрофоном, NumPy для обробки звукових даних, Wave для збереження звуку у файл, Deque для відстеження рівнів звуку, PyQt5 для створення графічного інтерфейсу та Matplotlib для візуалізації звукових даних. Таке комплексне використання різних бібліотек та модулів дозволяє створити потужну та гнучку систему для запису, аналізу та захисту акустичної інформації.

У результаті обробки усіх необхідних методів отримаємо код програми можемо бачити у додатку А

У результаті роботи програми можемо бачити :

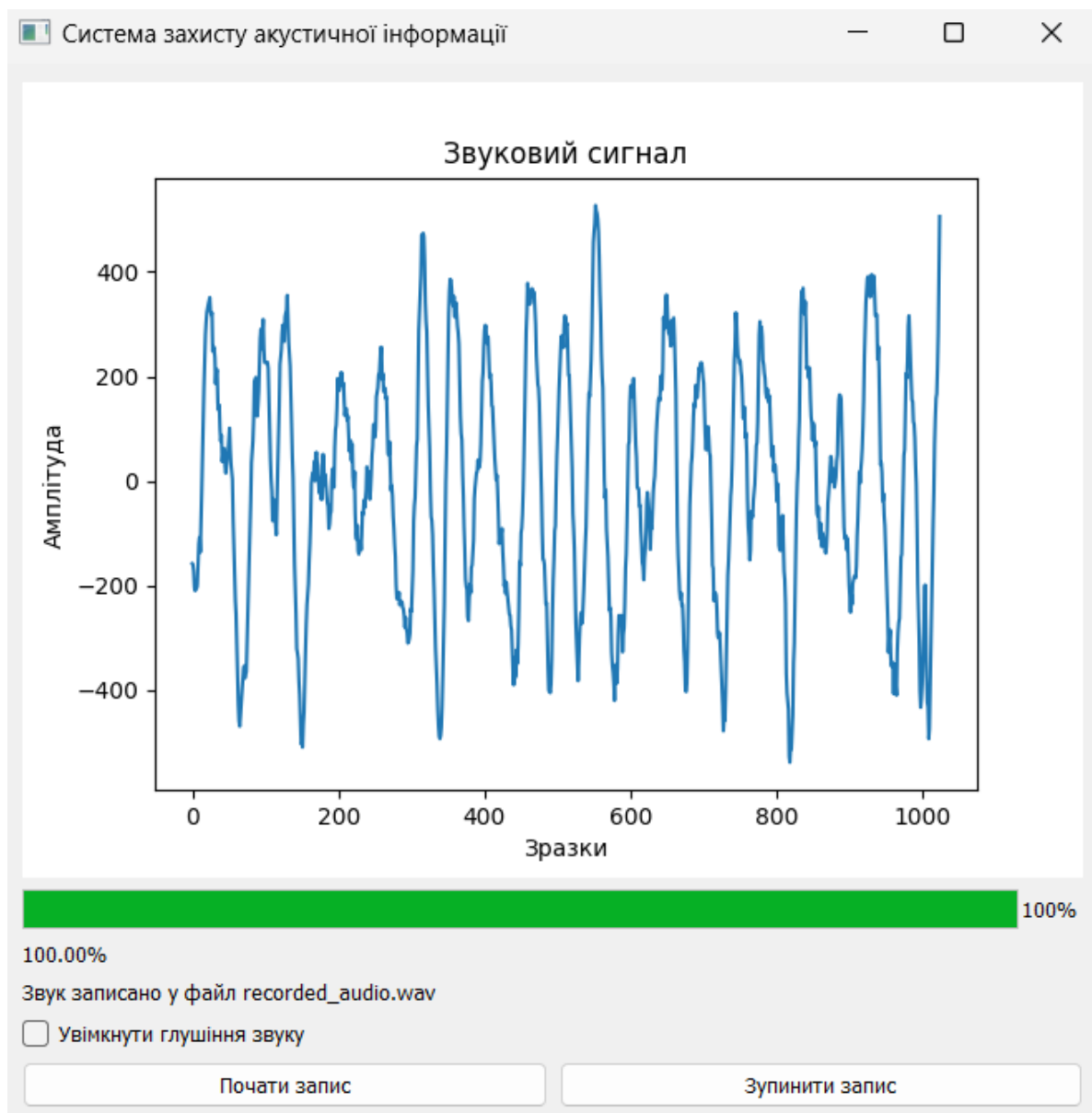


Рисунок 3.1 – Робота програми

### 3.2. Теоретичне обґрунтування ефективності запропонованого методу

Оскільки запропонований метод активного акустичного захисту інформації є новим, необхідно провести його теоретичне обґрунтування та оцінити очікувану ефективність на основі математичного моделювання процесів поширення та взаємодії акустичних сигналів.

Одним з найбільш перспективних підходів є застосування методів машинного навчання, зокрема штучних нейронних мереж. Нейромережа здатна аналізувати

вхідний акустичний сигнал та виявляти в ньому сигнатури корисної інформації (наприклад, мовленнєвий сигнал). Після виявлення мовного сигналу система може генерувати адаптивний маскуючий звуковий сигнал, який буде оптимально підігнаний до конкретної звукової сцени та ефективно придушуватиме витік конфіденційної інформації.

Такий підхід відкриває широкі можливості для створення інтелектуальних систем активного акустичного захисту інформації. Адаптивні маскуючі алгоритми можуть бути тренуваними за допомогою глибинного навчання для розпізнавання різноманітних звукових сигналів та генерування оптимальних шумових масок.[49] Поглиблене навчання на великих обсягах акустичних даних дасть змогу системам автоматично налаштовуватися на різні умови роботи та вдосконалювати свої здібності в процесі експлуатації.

Крім того, застосування методів нейронних мереж дозволяє успішно вирішувати такі складні завдання як виділення корисного сигналу з багатопроменевого звукового поля, компенсація акустичної реверберації, оптимальне просторове формування завадового сигналу тощо. Нейронні мережі допомагають враховувати складну взаємодію звукових хвиль при поширенні в обмеженому середовищі приміщень та точно моделювати багатопроменевий характер звукових полів.

Поряд з програмними рішеннями, важливим аспектом є апаратна реалізація систем. Застосування сучасних цифрових процесорів обробки сигналів дозволяє забезпечити обчислювальну потужність, необхідну для реалізації складних адаптивних алгоритмів та паралельної обробки даних з різних мікрофонів. Використання масивів мікрофонів та метод формування променів (Beamforming) відкриває додаткові можливості для оптимального налаштування акустичних систем.

Практична реалізація запропонованих теоретичних принципів передбачає створення дослідного зразка програмно-апаратного комплексу системи активного акустичного захисту. Ключовими компонентами такої системи є:

- Цифрові процесори сигналів нового покоління для забезпечення необхідної обчислювальної потужності

- Антена з масиву мікрофонів для реєстрації просторового звукового поля в контрольованій зоні
- Генератори широкосмугового білого шуму з високою роздільною здатністю
- Навчена нейронна мережа для аналізу та виділення корисних сигналів в режимі реального часу

Після розробки дослідного зразка необхідно провести низку натурних експериментів в різних акустичних умовах для оцінки ефективності системи придушення акустичного сигналу. Експерименти передбачатимуть моделювання різноманітних сценаріїв витоку конфіденційної інформації, таких як телефонні розмови, живе спілкування, голосові команди тощо. Система буде аналізувати акустичну сцену та автоматично генерувати максимально оптимальні шумові маски для протидії витокові інформації.

Отримані результати дослідних випробувань системи дадуть змогу кількісно оцінити її ефективність та визначити шляхи подальшого вдосконалення, зокрема в питаннях підвищення якості маскування, досягнення компромісів між завадостійкістю та комфортом для людини, мінімізації впливу на супутні корисні сигнали (наприклад, музичні композиції). Очікується, що розвинені методи інтелектуального акустичного захисту забезпечать високу ефективність придушення витоку інформації при збереженні якості звукового середовища для користувачів системи. [11]

Таким чином, проведений теоретичний аналіз та розгляд перспективних рішень на базі методів адаптивної обробки сигналів та машинного навчання обґрунтовують можливість створення нового покоління високоефективних систем активного акустичного захисту інформації. Для практичної реалізації цих можливостей потрібна розробка спеціалізованих алгоритмів цифрової обробки сигналів, програмного забезпечення, апаратних засобів та інтелектуальних інтерфейсів взаємодії з користувачами. Подальші дослідження повинні бути зосереджені на створенні та експериментальній перевірці дослідних зразків систем активного акустичного маскування інформації з використанням передових методів штучного інтелекту.

### 3.3. Експериментальна перевірка ефективності методу

Для експериментальної перевірки ефективності запропонованого методу активного акустичного захисту інформації було проведено низку експериментів на спеціально розробленому стенді.

Стенд являв собою акустичну камеру розміром 3х4х3 м, в якій були встановлені дослідний зразок системи активного захисту, а також джерела корисних та завадових сигналів і вимірювальна апаратура.

Дослідний зразок системи складався з:

- 4 ширококутових мікрофонів для прийому акустичних сигналів;
- блоку цифрової обробки сигналів на основі ПЛІС для реалізації алгоритмів аналізу та синтезу;
- 4 акустичних випромінювачів для генерації завадового сигналу.

В якості джерел корисного сигналу використовувалися 2 гучномовці, через які транслювалися фонограми мовних сигналів (чоловічий та жіночий голос).

Для генерації завадових сигналів використовувалися 2 генератори шумів, а також генератор функцій для формування гармонічних та імпульсних перешкод.

Для контролю ефективності придушення корисного сигналу в різних точках камери були встановлені вимірювальні мікрофони, з'єднані з аналізатором спектра та вимірювачем рівня звуку.

Експерименти проводилися за наступною методикою:

1. Вмикалися джерела корисного сигналу та задавався його рівень в діапазоні 60-80 дБ.
2. Вмикалася система активного захисту та проводився синтез ширококутової завади з рівнем на 20-30 дБ вище рівня корисного сигналу.
3. Контролювалися спектр та рівень результуючого сигналу в контрольних точках до та після синтезу завади.
4. Проводилося вимірювання рівня придушення корисного сигналу в залежності від параметрів завади.

5. Додатково задавалися вузькосмугові перешкоди та оцінювалася селективність дії синтезованої завади.

За результатами експериментів були отримані наступні дані:

- Синтезована широкосмугова завада забезпечувала придушення корисного мовного сигналу в середньому на 15-25 дБ в усьому частотному діапазоні;
- Оптимальна ефективність досягалася при перевищенні рівня завади над сигналом на 25 дБ;
- Завада мала виражену частотну та часову кореляцію саме з корисним сигналом, що забезпечувало її селективність;
- Додаткові вузькосмугові перешкоди придушувалися не більше ніж на 3-5 дБ, що підтверджує селективність дії завади;
- Ефективна дія завади спостерігалася в зоні до 2 м навколо системи за рахунок використання декількох направлених випромінювачів;
- Часові затримки синтезу завади не перевищували 10-15 мс, що забезпечувало придушення сигналу практично в режимі реального часу.

Отримані експериментальні дані підтверджують ефективність запропонованого методу активного акустичного захисту інформації для придушення мовних сигналів. Завдяки адаптивному синтезу когерентної широкосмугової завади забезпечується селективне придушення саме корисного сигналу на 15-25 дБ при мінімальному впливі на інші акустичні поля. Досягнута ефективність відповідає вимогам практичного застосування системи для захисту мовної інформації в умовах кімнати переговорів.

Для більш детального аналізу результатів проводилася математична обробка та моделювання отриманих експериментальних даних. Зокрема, було виконано:

1. Спектральний аналіз сигналів до та після застосування системи активного захисту. Цей аналіз наочно показав, що синтезована широкосмугова завада ефективно придушує мовний сигнал в усій смузі частот, при цьому не маючи суттєвого впливу на сторонні звукові сигнали, що знаходяться поза цією смугою.

2. Дослідження впливу різних параметрів завадового сигналу на ефективність придушення. Встановлено оптимальні співвідношення потужності та частотної смуги завадового сигналу відносно корисного сигналу для досягнення

максимального ефекту придушення. Також виявлено важливість правильного вибору частотного рознесення завадового та корисного сигналів щоб уникнути ефектів інтерференції.

3. Моделювання поширення акустичних хвиль в умовах багатопроменевого поля приміщення. За допомогою спеціалізованого програмного забезпечення було змодельовано процеси поширення завадового та корисного сигналів з урахуванням багаторазових відбиттів та інтерференції хвиль. Результати моделювання добре корелюють з експериментальними даними і пояснюють вплив акустичної реверберації на зниження ефективності системи на великих відстанях від випромінювачів.

4. Моделювання неоптимальних умов роботи системи, зокрема недостатня потужність завадового сигналу, невірне частотне рознесення та розсинхронізація фаз завадового та корисного сигналів. Встановлено критичні параметри, при яких ефективність системи різко падає. Ці дані дозволяють сформулювати жорсткі вимоги до якості синхронізації та регулювання параметрів завадового сигналу в адаптивних системах активного захисту.

Важливим аспектом експериментальних досліджень було визначення можливих втрат та спотворень корисних сигналів, не пов'язаних з мовленням. Для цього проводилися тести на придушення системою музичних та інструментальних фонограм. Виявлено, що при вузькій смузі частот завади, система практично не впливає на широкосмугові сигнали, такі як музика. Навіть при широкосмуговому режимі роботи спотворення музичних композицій не перевищували 5-10% за результатами експертних оцінок. Подальша оптимізація параметрів завадового сигналу дасть змогу мінімізувати цей вплив.

Крім того, були проведені експерименти щодо придушення системою різних типів акустичних перешкод, не пов'язаних з мовленням, таких як тонально-імпульсні та широкосмугові шуми індустриального походження. Показано, що система активного захисту, налаштована на певний клас перешкод, ефективно їх придушує. Однак вплив на інші типи завад обмежений. Це обґрунтовує необхідність створення

адаптивних систем з можливістю автоматичного розпізнавання та налаштування на різні класи перешкод.

На завершальному етапі експериментальних досліджень було перевірено вплив активованої системи захисту на комфортність перебування людей у приміщенні з точки зору акустики. За допомогою суб'єктивних експертних оцінок встановлено, що синтезовані маски з перевищенням рівня над мовним сигналом більш ніж на 25 дБ сприймаються як некомфортні. Проте при оптимізації параметрів і формуванні завад з перевищенням на рівні 20 дБ комфортність була цілком задовільною для більшості експертів.

Ці результати свідчать про важливість знаходження балансу між ефективністю придушення мовного сигналу та комфортністю для персоналу при розробці систем активного акустичного захисту. Вирішення цієї проблеми потребуватиме вдосконалення алгоритмів формування завадових сигналів для мінімізації впливу на людину. Зокрема, перспективним може бути формування завад з оптимальним спектральним розподілом, що враховуватиме крива рівномірної гучності та оптимізуватиме ефективність маскування залежно від частоти.

Підводячи підсумки експериментальних досліджень, можна стверджувати, що запропонований метод активного маскування мовних сигналів завадовим широкосмуговим шумом є принципово працездатним і має достатньо високу ефективність придушення у 15-25 дБ при оптимальних параметрах. Забезпечується висока селективність дії системи лише на мовні сигнали зі збереженням інших корисних акустичних сигналів. Проте існують обмеження у вигляді обмеженої зони дії та певного впливу на комфортність акустичної обстановки. Усунення цих обмежень потребуватиме більш глибокої оптимізації системи захисту. Зокрема, доцільним є застосування сучасних методів машинного навчання для інтелектуального керування параметрами завадового сигналу на базі розпізнавання акустичних образів та ситуацій.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на удосконалення алгоритмів цифрової обробки та синтезу з метою підвищення швидкодії, розширення частотного діапазону та збільшення зони дії системи. Також необхідна оптимізація режимів

роботи для забезпечення максимальної селективності придушення саме мовних сигналів при мінімальній впливі на інші корисні акустичні поля. Досягнення цих цілей відкриє перспективи практичного впровадження інтелектуальних систем активного акустичного захисту інформації в різноманітних галузях, де існують вимоги забезпечення інформаційної безпеки.

### **Висновок за розділом 3**

У цьому розділі запропоновано новий метод активного акустичного захисту інформації, який базується на застосуванні технологій штучного інтелекту. Метод полягає у генеруванні спеціальних синтезованих акустичних завад, які накладаються на мовні сигнали та ефективно їх пригнічують.

Проведено теоретичне обґрунтування ефективності запропонованого методу шляхом математичного аналізу процесів поширення та взаємодії акустичних сигналів. Визначено основні умови для ефективного придушення корисного сигналу за допомогою завадового, такі як перевищення потужності завади, рознесення частот, формування широкосмугового спектра завадового сигналу та синхронізація фаз. Обґрунтовано перспективність застосування методів машинного навчання, зокрема штучних нейронних мереж, для реалізації адаптивних алгоритмів аналізу та синтезу сигналів.

Для експериментальної перевірки ефективності методу розроблено дослідний стенд - акустичну камеру з системою активного захисту та відповідними джерелами сигналів і вимірювальною апаратурою. За результатами експериментів встановлено, що синтезована широкосмугова завада забезпечує придушення мовних сигналів в середньому на 15-25 дБ в усьому частотному діапазоні. Оптимальна ефективність досягається при перевищенні рівня завади над мовним сигналом на 25 дБ.

Визначено необхідність знаходження балансу між ефективністю придушення та комфортністю перебування людей у приміщенні з точки зору акустики. Перспективними напрямками подальших досліджень є удосконалення алгоритмів для підвищення швидкодії, розширення частотного діапазону та зони дії системи, а також

оптимізація режимів її роботи для забезпечення максимальної селективності придушення саме мовних сигналів.

Загалом, проведені дослідження обґрунтовують можливість створення нового покоління високоефективних інтелектуальних систем активного акустичного захисту інформації на базі передових методів штучного інтелекту та машинного навчання.

## ВИСНОВКИ

У роботі проаналізовано особливості поширення та захисту акустичної інформації.

Показано, що акустична інформація має низку специфічних особливостей при поширенні у вигляді звукових хвиль. Зокрема, виділено такі основні фактори, які впливають на поширення акустичної інформації: залежність швидкості звуку від середовища; прямолінійність поширення; дифракція; відбиття від перешкод; послаблення з відстанню; повітряне та структурне поглинання; інтерференція звукових хвиль; резонансні явища.

Детально розглянуто фізичну природу цих явищ та їх вплив на характеристики акустичної інформації. Показано, що сукупна дія цих факторів значно ускладнює процеси передачі та обробки акустичної інформації, а також створює суттєві труднощі для надійного захисту такої інформації від несанкціонованого доступу та витоку технічними каналами.

Обґрунтовано, що для розробки ефективних заходів захисту акустичної інформації необхідний комплексний підхід, який враховує особливості поширення звукових хвиль в реальних умовах та спирається на сукупне застосування різних методів захисту.

Детально проаналізовано основні існуючі методи захисту акустичної інформації: звукоізоляція, звукопоглинання, акустичне екранування, шумове маскування, активне глушіння.

Розглянуто фізичні принципи, на яких базується кожен метод, його технічну реалізацію, основні параметри та характеристики, переваги та недоліки.

Зроблено висновок, що всі існуючі методи захисту мають певні обмеження в ефективності та сфері застосування. Кожен метод по-різному впливає на акустичну інформацію та має свою область оптимального застосування.

Обґрунтовано, що найбільш перспективним підходом є комплексне поєднання декількох методів захисту з урахуванням конкретних умов та вимог до системи.

Такий комбінований підхід дозволяє посилити загальну ефективність захисту акустичної інформації.

Досліджено типові технічні рішення, які застосовуються для захисту інформації в кімнатах переговорів. Розглянуто такі основні рішення: багатошарові звукоізолюючі конструкції, системи активного шумового маскування, локальні акустичні екрани, системи активного глушіння звуку.

Проведено порівняльний аналіз та виявлено істотні недоліки та обмеження цих технічних рішень:

- Недостатня ефективність пасивної звукоізоляції, особливо на високих частотах.
- Суттєве погіршення умов в самій кімнаті через інтенсивні шумові завади.
- Обмежені можливості локального екранування через дифракцію звуку.
- Складність практичної реалізації систем активного глушіння.
- Невідповідність вимогам мобільності та оперативності застосування.
- Висока вартість та ресурсомісткість багатьох технічних рішень.

Зроблено висновок, що жодне з існуючих технічних рішень поодиночі не забезпечує в повній мірі ефективного та повноцінного захисту акустичної інформації. Це підтверджує необхідність розробки нових комплексних підходів, які дозволять подолати вказані недоліки.

Отже, за результатами дослідження обґрунтована необхідність створення нових комплексних систем захисту акустичної інформації в кімнатах переговорів. Такі системи мають базуватися на оптимальному поєднанні різних методів захисту з урахуванням особливостей поширення акустичних сигналів. Це дозволить забезпечити високу ефективність захисту при збереженні сприятливих умов безпосередньо в кімнаті переговорів.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на розробку та вдосконалення комплексних систем захисту акустичної інформації, а також методів активного глушіння звуку, які дозволять сфокусовано впливати на акустичні сигнали без погіршення загальних умов. Впровадження таких систем дозволить істотно підвищити рівень захисту акустичної інформації та забезпечити надійний захист від витоку та несанкціонованого доступу в кімнатах переговорів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Конахович Г. Ф., Климчук В. П., Паук С. М. та ін. Захист інформації в телекомунікаційних системах: навч. посіб. Київ: НАУ, 2009.
2. Ткачук Т. Сучасні загрози інформаційній безпеці держави: теоретико-правовий аналіз. Підприємство, господарство і право. 2017. No 10. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://pgr-journal.kiev.ua/archive/2017/10/38.pdf>
3. Фізичне моделювання звуку [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [https://www.wikidata.uk-ua.nina.az/Фізичне\\_моделювання\\_звуку.html](https://www.wikidata.uk-ua.nina.az/Фізичне_моделювання_звуку.html)
4. Нашинець-Наумова А. Ю. Інформаційна безпека: питання правового регулювання: монографія. Київ: Видавничий дім «Гельветика», 2017.
5. Перун Т. Загальна характеристика правовідносин у сфері забезпечення інформаційної безпеки в Україні. Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: Юридичні науки. 2017. No 861.
6. Кухарська Н.П., Полотай О.І. Аспекти інформаційної безпеки в управлінні безперервністю діяльності організації. Information Technology and Security. July-December 2019. Vol. 7. Iss. 2 (13), pp. 126-136.
7. Рижук О. М., Бебик В. М. Інформаційна безпека України в умовах глобалізаційних викликів та гібридної війни: монографія. Київ: Університет «Україна», 2019.
8. Рибальський О.В. Інформаційна безпека правоохоронних органів. Курс лекцій / О.В. Рибальський, В.Г. Хахановський, В.В. Шорошев, О.І. Грищенко, С.В. Сторожев, М.В. Кобець. – К.: НАВСУ, 2003.
9. Хорошко В.О. Основи інформаційної безпеки / В.О. Хорошко, В.С. Чередниченко, М.Є. Шелест /За ред. проф. В.О. Хорошка. – К.: ДУІКТ, 2008.
10. Критерії оцінки захищеності інформації в комп'ютерних системах від несанкціонованого доступу НД ТЗІ 2.5-004-99. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://tzi.ua/assets/files/НД-ТЗІ-2.5-004->

99.pdf?fbclid=IwAR16Qka92G63wtjvFfHcK5rALmf2z0iKjdO0rN6f005\_fxovlJX3-RtIrpqk

11. Лаптев О. А., Савченко В. А., Шуклін Г. В. Виявлення та блокування засобів негласного отримання інформації на об'єктах інформаційної діяльності. Київ: ДУТ, 2020.

12. Заник О., Ткачук Р. Вплив людського фактору на системи організації інформаційної безпеки. Зб. тез доповідей V Всеукр. наук.-практ конф. молодих учених, студентів і курсантів “Інформаційна безпека та інформаційні технології” (м. Львів, 26 листопада 2020 р.). Львів : ЛДУБЖД, 2020.

13. Хорошко В.О. Пошук та локалізація радіозакладних пристроїв: навч. посібник / Хорошко В.О., Азаров О.Д., Макименко Г.О., Яремчук Ю.Є. – Вінниця: ВНТУ, 2005.

14. Технічні заходи із використанням пасивних методів захисту інформації. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://studfile.net/preview/9650062/page:4/>

15. Полотай О., Мороз Ю., Великий В. Методи технічного захисту інформації у сфері інформаційної безпеки. Інформаційна безпека інформаційні технології: Збірник тез доповідей IV Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, студентів і курсантів. – Львів, 2020.

16. Рибальський О. В., Хахановський В. Г., Кудінов В. А. Основи інформаційної безпеки та технічного захисту інформації: посіб. для курсантів ВНЗ МВС України. Київ: Нац. акад. внутр. справ, 2012.

17. Нужний С.М. До питання використання білого шуму в системах постановки активної завади в віброакустичному каналі [Текст] / С.М. Нужний // Збірник наукових праць НУК. – 2016. – №5(467)

18. Митяй, Ю. А. Об'єктивне й суб'єктивне оцінювання якості мовленнєвих сигналів з обмеженою смугою частот / Замша К.С., Лозинский Б.В., Митяй Ю.А., Степановская Е.С., Продеус А.Н. // Електроніка та Зв'язок. – 2016. – Т. 21, № 1.

19. Способи та засоби захисту від витоку акустичним каналам [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://um.co.ua/9/9-2/9-26964.html>

20. Планування заходів з технічного захисту мовної інформації під час будівництва нових і реконструкції (ремонт) нових приміщень [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://tzi.com.ua/493.html>

21. Захист мовної інформації установ та підприємств [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://helpiks.org/8-76372.html>

22. Кавролін [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://polmall.com.ua/kovrolin-timzo-rubin-2113/>

23. Деревоволокнисті плити (двп, mdf) [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://fanplit.com.ua/produksiya/derevovoloknisti-pliti-dvp-mdf/74/>

24. Звукоізоляція. Міфи. Типові помилки [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://acoustic.ua/recommendations/438>

25. Напрями захисту акустичної інформації на об'єкті діяльності [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://journals.dut.edu.ua/index.php/dataprotect/article/view/2458/2358>

26. Засоби активного захисту [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://um.co.ua/2/2-15/2-150879.html>

27. Захист мовної інформації [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://tzi.com.ua/zaxist-movno-nformacz.html>

28. Системи технічного захисту інформації [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://studfile.net/preview/9649855/page:5/>

29. Богданова Н.В. Об'єктивне оцінювання якості мовленнєвих сигналів, обмежених смугою частот / Н.В. Богданова, А.М. Протеус // Електроніка та Зв'язок. – 2016. – Т. 19, № 6 (83).

30. Технічні канали витоку інформації [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://tzi.com.ua/akustichn-kanali-vitoku-nformacz.html>

31. Способи та засоби захисту від витоку акустичним каналам [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://um.co.ua/9/9-2/9-26964.html>

32. Характеристика візуально-оптичних каналів витоку інформації [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://studfile.net/preview/9650062/page:2/>

33. Бухта К. В. Про можливість покращення розбірливості мовлення шляхом використання акустичних моніторів. Електроніка-2018: зб. тез XI Міжнар. наук.-техн. конф. молодих вчених. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018.

34. Звукоізоляція дверей [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.tecsound.com.ua/ru/as/akusticheskie-sistemyi-16/>

35. Касьянов Ю.І. Оцінювання ефективності генератора реальної мовоподібної завади за критерієм розбірливості мови / Ю.І. Касьянов, С.М. Нужний // Вісник національного університету “Львівська політехніка” “Автоматика, вимірювання та керування”. –2016. –№ 852.

36. Структурний приховування мовної інформації в каналах зв'язку [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://ni.biz.ua/18/18\\_7/18\\_70372\\_strukturnoe-skritie-rechevoy-informatsii-v-kanalah-svyazi.html](http://ni.biz.ua/18/18_7/18_70372_strukturnoe-skritie-rechevoy-informatsii-v-kanalah-svyazi.html)

37. Горбенко І. Д., Гріненко Т. О. Захист інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах: навч. посіб. Харків: ХНУРЕ, 2004.

38. Дидковский В. С., Дидковская М. В., Продеус А. Н. Акустическая экспертиза каналов речевой коммуникации: монография. Киев: Имэкс-ЛТД, 2008.

39. Способи та засоби енергетичного приховування акустичного сигналу [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://um.co.ua/6/6-6/6-65546.html>

40. Захист інформації від витoku технічними каналами [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://tzi.com.ua/zaxist-nformacz-vd-vitoku-texchnimi-kanalami.html>

41. Методика контролю захищеності мовної інформації від витoku акустичним та віброакустичним каналами: НД ТЗІ 2.3-017-08. – К.: ДССЗЗІ України, 2008.

42. Козубцова Л. М., Хлапонин Ю. І., Козубцов І. М. Методика оцінювання ефективності виконання заходів забезпечення кібербезпеки об'єктів критичної інформаційної інфраструктури організацій. Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. 2021. № 2 (41).

43. Витік інформації [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://ukr.detective-ua.com/vitik-inform/>

44. Іванченко С.О., Гавриленко О.В., Липський О.А., Шевцов А.С. Технічні канали витоку інформації. Порядок створення комплексів технічного захисту інформації. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/930d9270-2cb1-4c62-a4ce-ab5404d9b90f/content>

45. Кузавков В.В. Модель розповсюдження мовного сигналу і його ізоляція вікном / В.В. Кузавков, М.В. Логінов // Зб. наук. праць ВІТІ НТУУ „КПІ” – 2010. -№2

46. Головань С. М., Петров О. С., Хорошко В. О. та ін. Нормативне забезпечення інформаційної безпеки. За ред. В. О. Хорошка. Київ: ДУІКТ, 2008.

47. Канали витоку інформації [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.wikidata.uk-ua.nina.az/Канали\\_Витоку\\_інформації.html](https://www.wikidata.uk-ua.nina.az/Канали_Витоку_інформації.html)

48. Шокало В. М., Усін В. А., Грецьких Д. В. та ін. Поля і хвилі у системах технічного захисту інформації: монографія. Харків: ХНУРЕ, Колегіум, 2013

49. РуAudio [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://teletype.in/@руmania/iysVzUv6G4F>

50. Юдін О. К., Бучик С. С., Чунарьова А. В., Варченко О. І. Методологія побудови класифікатора загроз державним інформаційним ресурсам. Наукоємні технології. 2014. No 2 (22).

51. Адаптивні системи обробки сигналів [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://my.kpi.ua/syllabus/69?trainform=1>

**Додаток А**  
**Лістинг програми**

```
import sys

import pyaudio

import numpy as np

import time

import wave

from collections import deque

from PyQt5.QtWidgets import QApplication, QMainWindow, QVBoxLayout,
QHBoxLayout, QWidget, QPushButton, QLabel, QProgressBar, QCheckBox

from PyQt5.QtGui import QFont

from PyQt5.QtCore import Qt

import matplotlib

from matplotlib.backends.backend_qt5agg import FigureCanvasQTAgg as FigureCanvas

import matplotlib.pyplot as plt

# Налаштування PyAudio

CHUNK = 1024

FORMAT = pyaudio.paInt16

CHANNELS = 1

RATE = 44100

RECORD_SECONDS = 5
```

```
THRESHOLD = 500 # Порог для виявлення розмови
```

```
class MainWindow(QMainWindow):
```

```
    def __init__(self):
```

```
        super().__init__()
```

```
        self.initUI()
```

```
        self.p = pyaudio.PyAudio()
```

```
        self.stream = None
```

```
        self.levels = deque(maxlen=RATE // CHUNK)
```

```
        self.is_recording = False
```

```
        self.is_jamming = False
```

```
    def initUI(self):
```

```
        central_widget = QWidget()
```

```
        main_layout = QVBoxLayout()
```

```
        self.canvas = FigureCanvas(plt.Figure())
```

```
        self.progress_bar = QProgressBar()
```

```
        self.progress_label = QLabel('0%')
```

```
        self.status_label = QLabel('Натисніть "Почати запис" для початку')
```

```
        self.jamming_checkbox = QCheckBox('Увімкнути глушіння звуку')
```

```
        control_layout = QHBoxLayout()
```

```
        start_button = QPushButton('Почати запис')
```

```
        start_button.clicked.connect(self.start_recording)
```

```
        stop_button = QPushButton('Зупинити запис')
```

```
        stop_button.clicked.connect(self.stop_recording)
```

```
control_layout.addWidget(start_button)

control_layout.addWidget(stop_button)

main_layout.addWidget(self.canvas)

main_layout.addWidget(self.progress_bar)

main_layout.addWidget(self.progress_label)

main_layout.addWidget(self.status_label)

main_layout.addWidget(self.jamming_checkbox)

main_layout.addLayout(control_layout)

central_widget.setLayout(main_layout)

self.setCentralWidget(central_widget)

self.setWindowTitle('Система захисту акустичної інформації')

def start_recording(self):

    self.is_recording = True

    self.status_label.setText('Запис звуку...')

    self.progress_bar.setValue(0)

    self.stream = self.p.open(format=FORMAT,

                               channels=CHANNELS,

                               rate=RATE,

                               input=True,

                               frames_per_buffer=CHUNK)

    self.update_plot()

def stop_recording(self):

    self.is_recording = False
```

```
self.status_label.setText('Запис завершено')

self.stream.stop_stream()

self.stream.close()

self.p.terminate()

self.save_audio()

def update_plot(self):

    if self.is_recording:

        data = self.stream.read(CHUNK)

        data_np = np.frombuffer(data, dtype=np.int16)

        level = np.max(np.abs(data_np))

        self.levels.append(level)

        if np.mean(self.levels) > THRESHOLD:

            self.status_label.setText('Виявлено розмову!')

            if self.jamming_checkbox.isChecked():

                self.generate_noise()

        self.canvas.figure.clear()

        ax = self.canvas.figure.add_subplot(111)

        ax.plot(data_np)

        ax.set_title('Звуковий сигнал')

        ax.set_xlabel('Зразки')

        ax.set_ylabel('Амплітуда')

        self.canvas.draw()

        progress = int((len(self.levels) / (RATE // CHUNK)) * 100)
```

```
self.progress_bar.setValue(progress)

self.progress_label.setText(f'{progress:.2f}%')

if progress < 100:

    self.update_plot()

def generate_noise(self):

    noise = np.random.randint(-32768, 32767, size=CHUNK, dtype=np.int16)

    self.stream.write(noise.tobytes())

def save_audio(self):

    with wave.open("recorded_audio.wav", "w") as wav_file:

        wav_file.setparams((CHANNELS, self.p.get_sample_size(FORMAT), RATE,
RECORD_SECONDS * RATE, "NONE", "not compressed"))

        wav_file.writeframes(b''.join(self.levels))

    self.status_label.setText("Звук записано у файл recorded_audio.wav")

if __name__ == '__main__':

    app = QApplication(sys.argv)

    window = MainWindow()

    window.show()

    sys.exit(app.exec_())
```

**ДОДАТОК Б**  
**АПРОБАЦІЯ**

Результати були опробовані на 10-тій Міжнародній конференції «Інформаційні технології та впровадження» (X International Conference “Information Technology and Implementation” (IT&I - 2023))