

УДК 621.396:004.056.53

**Олейніков А. М., Шкопотко П. М.**

## **АДАПТИВНИЙ МЕТОД ПРОТИДІЇ НЕСАНКЦІОНОВАНОМУ ЗАПИСУ МОВИ**

Сучасний розвиток цифрових технологій суттєво змінив підходи до обробки та передавання інформації. Поширення мобільних пристроїв, портативних диктофонів та смартфонів із високочутливими мікрофонами значно спростило процес фіксування мовної інформації. У багатьох випадках запис розмов може здійснюватися непомітно для учасників комунікації, що створює потенційну загрозу витоку конфіденційних даних. Особливо актуальною ця проблема є для державних установ, підприємств оборонно-промислового комплексу та комерційних організацій, де усна інформація може містити важливі службові або стратегічні відомості. Крім того, значний прогрес спостерігається у сфері автоматичного розпізнавання мови. Сучасні алгоритми штучного інтелекту здатні обробляти аудіосигнали, виділяти мовні фрагменти та перетворювати їх у текст із високою точністю. Це означає, що навіть частково спотворений аудіозапис може бути відновлений і проаналізований за допомогою програмних засобів. У результаті традиційні методи забезпечення конфіденційності усних переговорів стають менш ефективними, що обумовлює необхідність створення нових технологічних підходів до захисту мовної інформації.

Метою даної роботи є аналіз сучасних методів протидії несанкціонованому запису мови та обґрунтування доцільності застосування адаптивних систем протидії запису мовної інформації. Основна увага приділяється методам, які здатні змінювати параметри захисного сигналу відповідно до поточних характеристик акустичного середовища [1, 2].

Серед існуючих способів протидії прихованому аудіозапису можна виділити кілька основних груп: акустичні методи створення маскуючих сигналів, ультразвукові технології впливу на мікрофони пристроїв запису, електромагнітні способи формування перешкод, а також інтелектуальні адаптивні системи. Кожен із зазначених підходів має свої переваги та обмеження, що визначають ефективність їх практичного використання.

Акустичні методи є найбільш поширеними засобами технічного захисту мовної інформації. Їх принцип дії полягає у створенні спеціальних шумових сигналів, які маскують корисний мовний сигнал і знижують його розбірливість для технічних засобів запису. У практиці використовуються різні типи шуму, зокрема білий шум, рожевий шум та мовоподібні завади. Останні мають спектральні характеристики, подібні до людської мови, що дозволяє ефективніше приховувати корисний сигнал у шумовому середовищі.

Сучасні дослідження у цій галузі спрямовані на створення адаптивних акустичних систем. Такі системи здійснюють аналіз мовного сигналу у реальному часі, визначають спектральні особливості мовного фрагмента та формують завади у тих частотних діапазонах, де зосереджена основна інформація. Це дозволяє значно знизити індекс артикуляції мовлення та ускладнити роботу систем автоматичного розпізнавання мови.

Електромагнітні методи протидії ґрунтуються на створенні радіочастотних завад, які впливають на електронні компоненти пристроїв аудіозапису. У деяких випадках елементи схеми диктофона можуть виконувати роль випадкових антен, на яких індукуються зовнішні електромагнітні сигнали. Це призводить до появи додаткових перешкод у тракті обробки аудіосигналу та може ускладнювати або повністю блокувати запис мовної інформації.

Ще одним ефективним підходом є застосування ультразвукових сигналів. Їх частота перевищує верхню межу чутності людського слуху, тому такі сигнали не створюють дискомфорту для людей, але можуть впливати на роботу мікрофонних кіл електронних пристроїв. Потужний ультразвуковий сигнал здатний перевантажувати систему автоматичного регулювання підсилення мікрофонного тракту, що призводить до зменшення рівня корисного сигналу.

Особливий інтерес становлять двочастотні ультразвукові методи. У цьому випадку одночасно випромінюються два сигнали з близькими частотами. Через нелінійні властивості електронних компонентів мікрофонного підсилювача у тракті обробки виникає різницева частота, яка потрапляє до чутного діапазону та накладається на мовний сигнал.

Перспективним напрямом розвитку засобів захисту мовної інформації є створення інтелектуальних адаптивних систем. Такі системи здатні аналізувати акустичну обстановку у приміщенні та визначати моменти наявності мовної активності за допомогою алгоритмів VAD (Voice Activity Detection). Після цього формується спеціально синтезований завадовий сигнал, параметри якого узгоджуються зі спектральними характеристиками фрагмента мови (формантна завада).

Важливою перевагою адаптивних систем є їх енергетична ефективність. Оскільки перешкоди генеруються лише у потрібних частотних діапазонах і лише у моменти мовної активності, загальне енергоспоживання системи є значно нижчим порівняно з традиційними шумогенераторами.

Для кількісної оцінки ефективності різних типів завад було проведено програмне моделювання в середовищі Python 3 з використанням бібліотек для обробки звуку (Librosa, SciPy). Для оцінювання ефективності систем захисту використовуються спеціальні об'єктивні метрики аналізу мовлення, зокрема PESQ (Perceptual Evaluation of Speech Quality) та STOI (Short-Time Objective Intelligibility). Дані показники дозволяють кількісно оцінити ступінь спотворення аудіосигналу та рівень його розбірливості

В якості еталонного сигналу використовувався аудіозапис української мови тривалістю 20 секунд, що містив фрази різної складності та фонемний склад (частота дискретизації 16 кГц, роздільність 16 біт). Було програмно згенеровано чотири типи завад: білий шум, тональна завада, мовоподібна завада (шляхом випадкового перемішування сегментів мови в часовій області) та формантна завада (шляхом аналізу спектру мови та генерації шуму в області формантних частот). Для коректного порівняння ефективності, що виключає вплив різниці в потужності, енергія усіх завад була нормалізована до однакового рівня перед їх накладанням на мовний сигнал.

Окрім оцінки якості звучання, для більш глибокого аналізу захищеності мовної інформації було використано метрику – STOI (Short-Time Objective Intelligibility), який є критично важливим для задач захисту інформації. Це показник короткочасної об'єктивної розбірливості мови. Результати розрахунків продемонстрували велику різницю в ефективності методів: тональна завада – 0.78 (висока залишкова розбірливість); білий шум – 0.62; мовоподібна завада – 0.51; формантна завада – 0.42.

Отже, адаптивні системи протидії несанкціонованому запису мови є перспективним напрямом розвитку технічних засобів інформаційної безпеки. Їх застосування дозволяє ефективно протидіяти сучасним засобам прихованого аудіозапису та забезпечувати високий рівень конфіденційності мовних комунікацій.

### **Список використаних джерел**

1. І.Є. Антіпов, А.М. Олейніков, Ю.В. Ликов, В.Д. Кукуш, І.О. Милютченко. Засоби та системи технічного захисту інформації / 2-е вид., перероб. і доп.-Харків: ХНУРЕ, 2024. – 266 с.
2. А.М. Олейніков, В.А. Пулавський, О.Г. Білоцерківець. Шляхи підвищення ефективності методів та засобів протидії несанкціонованому запису мови та їх

порівняльний аналіз// Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2023. Вип. 212. С. 85 – 89. DOI:10.30837/rt.2023.1.212.07