

*А.М. ОЛЕЙНИКОВ, канд. техн. наук, В.А. ПУЛАВСЬКИЙ, канд. техн. наук,
О.Г. БІЛОЦЕРКІВЕЦЬ*

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ПРОТИДІЇ НЕСАНКЦІОНОВАНОМУ ЗАПИСУ МОВИ ТА ЇХ ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ

Вступ

Небезпечною загрозою в акустичному каналі витоку інформації являються диктофони, або в сучасних реаліях це будь-які звукозаписні пристрої. Зловмиснику достатньо ввімкнути запис на своєму смартфоні для того, щоб несанкціоновано отримати інформацію.

Існує достатньо технічних засобів для того, щоб забезпечити конфіденційність акустичної інформації на об'єкті. Зазвичай технічний засіб являє собою відносно компактний пристрій, який допоможе зберегти приватність вашої розмови. На жаль, деякі виробники таких пристроїв захисту користуються технологіями маркетингу, які недоцільно застосовувати в сфері захисту. Дані дії призводять до того, що покупець, а далі користувач стане жертвою несанкціонованого запису мови. Тому, щоб унеможливити дану ситуацію, користувач повинен розуміти який метод використовується в його засобі захисту.

На сьогодні маємо три основних методи протидії несанкціонованому запису мови: акустичний метод подавлення, електромагнітний метод подавлення та ультразвуковий.

Акустичний метод протидії несанкціонованому запису мови

Найбільш простим і очевидним способом постановки перешкоди запису варто вважати акустичні перешкоди в тій же смузі частот, що й мова, і бажано з близькими кореляційними властивостями. На практиці це означає, що переговори, з погляду безпеки та ефективності захисту від запису, потрібно вести там, де грає голосна музика, транслюється передача чи працює двигун. При цьому через особливості слуху людина здатна селектувати голос співрозмовника, а мікрофон буде насамперед сприймати найбільш голосні звуки, викликаючи спрацьовування системи автоматичного регулювання підсилення (АРП) і зниження коефіцієнта підсилення до значення, при якому шуми і перешкоди задавлять сигнал при наступному відтворенні. Цей спосіб особливо ефективний за умови, що співрозмовник не в змозі вплинути на вибір місця переговорів і підготуватися до них заздалегідь. Для забезпечення високої ефективності акустичного методу протидії несанкціонованому запису мови потрібно провести вибір оптимальних параметрів акустичного завадового сигналу. Для підвищення ефективності акустичного методу потрібно використовувати «мовоподібні» завади. Також слід звернути увагу, що акустичне джерело завади повинно генерувати сигнал в тій самій смузі, що і сам корисний сигнал; це допоможе уникнути ефекту від використання різних додаткових фільтрів. Шляхи підвищення ефективності акустичного методу наведено на рис. 1.

Даний метод вважають малоефективним через те, що співрозмовники під час роботи даної акустичної завади починають говорити гучніше, тим самим збільшуючи амплітуду сигналу, який потребує захисту. Також даний метод негативно впливає на психологічний стан співрозмовників.

Електромагнітний метод протидії несанкціонованому запису мови

Електромагнітний метод оснований на тому, щоб направити на звукозаписний пристрій високочастотний амплітудо-імпульсний модульований сигнал. Механізм впливу даного методу полягає в тому, що обвідна амплітудно-імпульсного модульованого сигналу протидії знаходиться в смузі частот мовного сигналу, наводять високочастотні струми на елементах плат апарату запису звуку як на «випадкових антенах» і детектуються на будь-якій нелінійності – у підсилювачах, детекторі системи АРП та др.



Рис. 1. Підвищення ефективності акустичного методу

У результаті ці явища призводять до того, що система АРП знижує посилення сигналу мікрофона, для підвищення ефективності методу можна збільшити рівень детектованої перешкоди. Таким чином створюється велика ймовірність, що пристрій звукозапису зовсім припинить запис сигналу з мікрофона. Для підвищення ефективності електромагнітного методу слід застосовувати шляхи, які наведено на рис. 2.

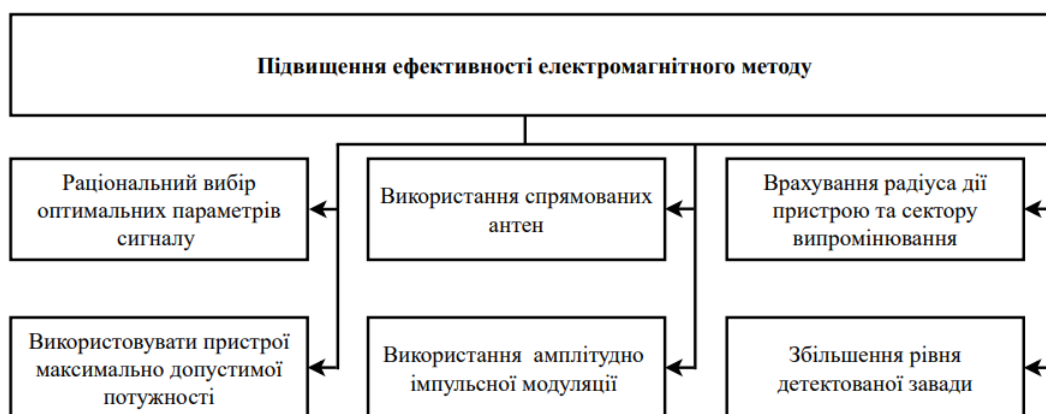


Рис. 2. Підвищення ефективності електромагнітного методу

Електромагнітний метод ефективний майже проти всіх побутових звукозаписних пристроїв, але розвиток схемотехнічної бази елементів та використання екранування сильно знижує ефективність даного методу. На сьогодні більшість сучасних смартфонів мають високий рівень екранування, що суттєво зменшує вплив електромагнітного методу.

Ультразвуковий метод протидії несанкціонованому запису мови

Ультразвуковий метод передбачає опромінення звукозаписного пристрою потужними ультразвуковими коливаннями. Досить велика кількість звукозаписних пристроїв використовує електретні мікрофони, їхня верхня межа смуги пропускання становить 25 – 27кГц [1]. Через це смуга пропускання мікрофону потрапляє в ультразвуковий діапазон і пристрій запису вразливий до потужних ультразвукових коливань, які унеможливають запис корисного мовного сигналу. Застосовують одночастотний та двочастотний методи захисту на придушення сучасних диктофонів або радіоакустичних закладних пристроїв (РАЗП) з електретними мікрофонами зі смугою пропускання, що дозволяє сприймати ультразвукові сигнали.

Система одночастотного ультразвукового придушення випромінює ультразвукові коливання (УЗК) великої інтенсивності, що впливають безпосередньо на мікрофони диктофону або РАЗП (зазвичай частота випромінювання – трохи більше 20 кГц). Існує два механізми впливу на об'єкт придушення:

- перевантаження підсилювального тракту диктофона або РАЗП;
- спровокована реакція системи автоматичного регулювання рівня запису.

Підвищити ефективність методу можливо за рахунок ультразвукового впливу великої інтенсивності, що призводить до перевантаження мікрофонного підсилювача, який стоїть відразу після акустичного приймача. Відбувається зміщення робочої точки нелінійного елемента підсилювача, що призводить до виникнення значних спотворень мовних сигналів, що записуються, часто до такого рівня, що не піддається розбірливому сприйняттю. Наявність автоматичного регулювання рівня запису (АРРЗ) в диктофоні або РАЗП підвищує ефективність протидії несанкціонованому запису мови внаслідок реакції АРРЗ на УЗ сигнал великої інтенсивності, що призводить до значного зменшення коефіцієнта посилення мікрофонного підсилювача до значення, недостатнього для розбірливого сприйняття мовного сигналу.

Найбільш ефективним є двочастотний метод, який використовує властивість мікрофонного підсилювача як нелінійного елемента. Система двочастотного ультразвукового подавлення випромінює два потужні ультразвукові коливання з частотами, що відрізняються один від одного на 0,3 – 4 кГц. Ці два сигнали збиваються на нелінійному елементі мікрофонного підсилювача, у результаті виходить сигнал з комбінаційною частотою. Цей сигнал різницевої частоти і виступає як перешкода. Для покращення результативності ультразвукового методу слід дотримуватися рекомендацій, вказаних на рис. 3.



Рис. 3. Підвищення ефективності ультразвукового методу

Ультразвуковий метод подавлення є зовсім неефективним, якщо пристрій запису працює лише в мовному діапазоні, має фільтр, що обмежує смугу вхідного сигналу, або пристрій захищено спеціальним матеріалом, який не пропускає ультразвукові коливання.

Аналіз шляхів підвищення ефективності методів протидії несанкціонованому запису мови

Аналізуючи наведені методи подавлення, отримуємо висновок, що, не знаючи типу звукозаписного пристрою, неможливо забезпечити конфіденційність мовного сигналу. Для підвищення захисту від несанкціонованого запису мовного сигналу пропонується використовувати адаптований акустичний метод [2]. Метод відрізняється від звичайного акустичного тим, що перешкода створюється на основі мови самого співрозмовника, і таку заваду складно відфільтрувати, оскільки вона займає ту саму смугу частот, що і мовний сигнал. Адаптація акустичного методу протидії несанкціонованому запису мови полягає в наступному:

- відстань між джерелом акустичних перешкод і місцем можливого розташування звукозаписного пристрою має бути мінімізовано в кілька разів менше відстані між джерелом мови та звукозаписним пристроєм;
- формувати акустичну перешкоду на основі мовлення співрозмовників. Дані перешкоди корелюють із сигналом, що забезпечує ефективне придушення навіть при малому відношенні сигнал/шум і не піддаються фільтруванню, оскільки займають ту ж смугу частот, що і мовний сигнал. Отримати копію перешкод для очищення стає важче. Шум присутній лише тоді, коли існує мовний сигнал і він відсутній під час пауз в мовленні. Перевагою такого акустичного придушення є те, що в разі наближення джерела перешкоди до звукозаписного пристрою значно підвищується відношення рівня перешкоди до рівня мовного сигналу. Крім того, завдяки утворенню перешкод лише під час існування мовного сигналу, можна позбутися негативного психологічного впливу акустичних перешкод на співрозмовників під час мовчання в паузах між мовленням. Під час ведення розмови таке втручання не привертає уваги співрозмовників і не перешкоджає спілкуванню. Використання особливостей такого акустичного подавлення дозволяє значно підвищити ефективність протидії від несанкціонованого запису на звукозаписувальні пристрої;
- потрібно покращити технічні параметри акустичної системи для випромінювання мовної перешкоди, застосувавши електростатичну акустичну систему випромінювання перешкоди, слід відмовитися від використання традиційних електродинамічних випромінювачів. Дані дії призведуть до підвищення лінійності частотної характеристики акустичної системи, зменшаться її нелінійні спотворення та звузиться діаграма спрямованості акустичної системи. Ці зміни технічних параметрів акустичної системи дозволять максимально наблизити спектральні характеристики перешкод до голосів співрозмовників.

Експериментальне дослідження засобів протидії несанкціонованому запису мови та їх порівняльний аналіз

Результативність адаптованого акустичного методу можемо перевірити в експериментальному дослідженні. Для оцінки ефективності адаптованого акустичного методу подавлення несанкціонованого запису мови з використанням перешкоди, сформованої електростатичним випромінювачем, було проведено експеримент – порівняння технічних параметрів засобів захисту від несанкціонованого запису мови, побудованих з використанням адаптованого акустичного (EST-ST, EST-P), електромагнітного (Шумотрон –3, PD – 2) та ультразвукового (USPD-C, UltraSonic-50) методів подавлення для п'яти сучасних типів звукозаписних пристроїв – цифрових диктофонів та смартфонів (Olimpus VP-20, Edic-mini B76, Galaxy S8+, Iphone Xs Max, Iphone 12 Pro Max.).

На рис. 4 наведено дальність в метрах повного подавлення диктофонів при використанні електромагнітних подавлювачів «ШУМОТРОН-3» та «PD-2».

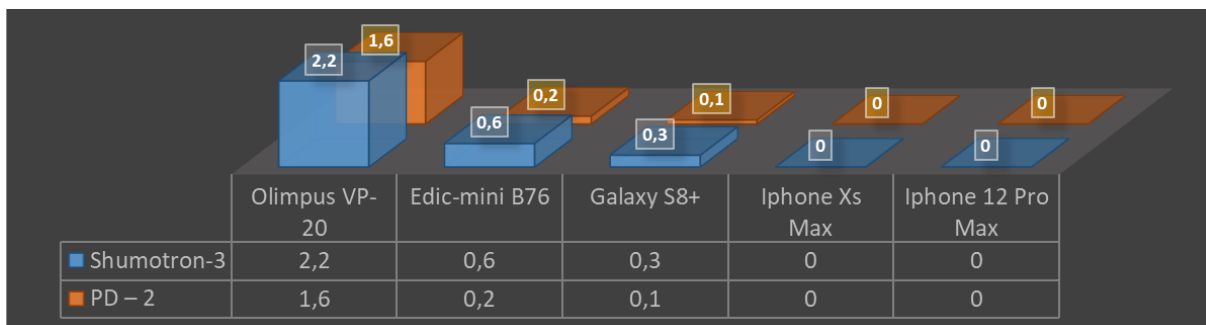


Рис. 4. Електромагнітне подавлення

На рис. 5 наведено дальність в метрах повного подавлення диктофонів при використанні ультразвукових подавлювачів.

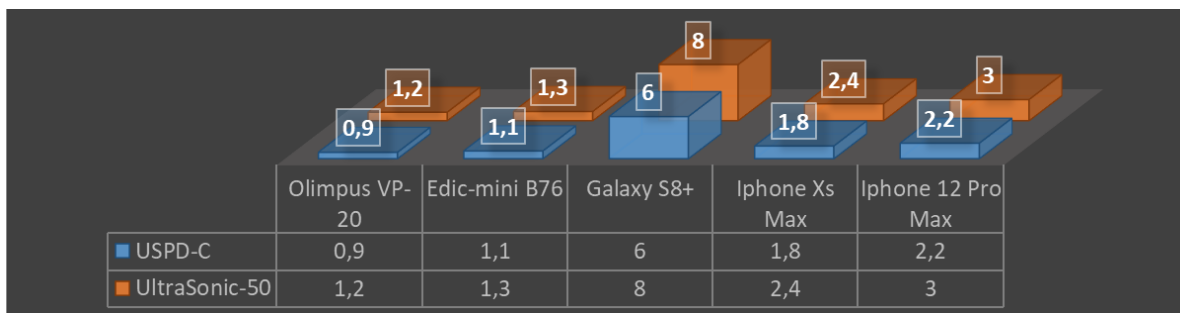


Рис. 5. Ультразвукове подавлення

На рис. 6 наведено дальність в метрах повного подавлення диктофонів при використанні подавлювачів "EST-ST" та "EST-P".

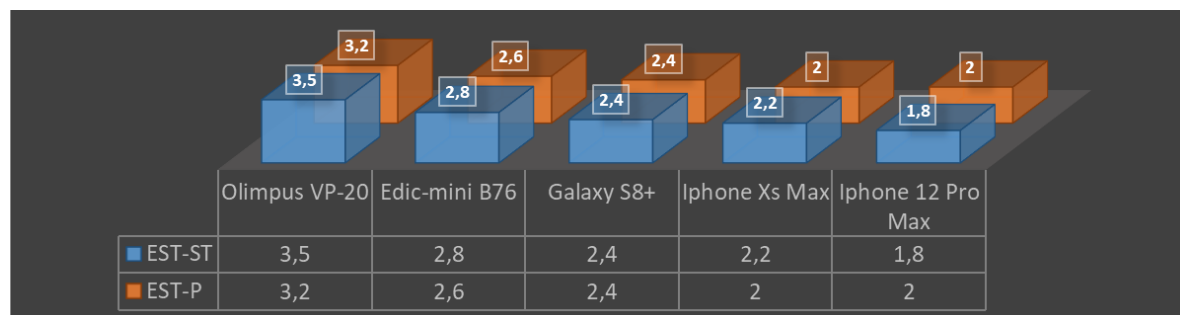


Рис. 6. Подавлення адаптивним методом

Висновок

В ході аналізу виявлено, що жоден метод та засоби на їх основі без апріорного знання типу звукозаписного пристрою не забезпечує гарантованого подавлення несанкціонованого запису мови. На основі цього оптимальним рішенням є адаптація акустичного методу. Аналізуючи результати експерименту (рис. 4 – 6), отримуємо висновок, що адаптований акустичний метод є найбільш ефективним. Ефективність методу забезпечується дальністю подавлення, вона склала від 1,8 до 3,5 м в залежності від пристрою. Для порівняння в ультразвуковому експерименті один із показників склав 0,9 м, а в електромагнітному навіть 0 м. Формування перешкоди по акустичному каналу описаним способом забезпечує універсальність запропонованого методу до будь-якого типу пристрою придушення несанкціонованого запису мови незалежно від методу, що лежить в його основі – електромагнітного, ультразвукового чи акустичного.

Список літератури:

1. Олейников А.Н., Пулавский В.А., Кривенко М.А. Ультразвуковые методы защиты речевой информации // Радиотехника. 2012. Вып. 169. С. 176 – 181.
2. Олейников А.Н., Пулавский В.А., Цыбулевский П.В. Оценка эффективности акустического противодействия несанкционированной записи на диктофон // Современная защита информации. 2010. №1. С. 8 – 16.

Надійшла до редколегії 08.02.2023

Відомості про авторів:

Анатолій Миколайович Олейніков – канд. техн. наук, Харківський національний університет радіоелектроніки, професор кафедри комп'ютерної радіоінженерії та систем технічного захисту інформації; Україна; email: anatoly.oleynikov@nure.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4458-8833>

Володимир Антонович Пулавський – канд. техн. наук, директор фірми «Пулавський»; Україна; email: pulavskiy.v@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9976-9439>

Олексій Геннадійович Білоцерківцев – Харківський національний університет радіоелектроніки, асистент кафедри мікропроцесорних технологій і систем; Україна; email: oleksii.bilotserkivets@nure.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8514-9650>