

УДОСКОНАЛЕНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЗАХИЩЕНОСТІ ІНФОРМАЦІЇ, ЯКА ОЗВУЧУЄТЬСЯ НА ОБ'ЄКТИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ, ВІД ВИТОКУ АКУСТИЧНИМИ ТА ВІБРАЦІЙНИМИ КАНАЛАМИ

К. т. н. С. М. Нужний

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Україна, м. Миколаїв
s.nuzhniy@gmail.com

Запропоновано удосконалену технологію, яка може бути застосована для аналізу безпеки мовної інформації від витоку акустичними та вібраційними каналами та при проведенні судових експертиз цифрових фонограм. Оцінка рівня захищеності визначається на основі критеріїв розбірливості мовного сигналу та враховує використання сучасних методів фільтрації шумових сигналів систем постановки активних завод. В запропонованій методиці як мінімальні мовні одиниці використовуються алофони, аналізуються їх частотні характеристики після проведення вейвлет-перетворення. Дослідження проведені в програмі Matlab, блок Wavelet 1-D.

Ключі слова: захищеність інформації, розбірливість мовного сигналу, завада, вейвлет-перетворення, алофони.

Головним завданням системи управління інформаційною безпекою (УІБ) на об'єкті інформаційної діяльності (ОІД) є прогнозування та виявлення інцидентів (порушень), визначення величини і характеру впливу на безпеку інформаційних ресурсів та розробка заходів для запобігання їх виникненню/повторенню. З урахуванням складності визначення настання початкової (підготовчої) стадії інциденту та безпосередньо прихованого несанкціонованого перехоплення зловмисником інформації з обмеженим доступом (зазначену дію можливо встановити тільки постфактум за величиною отриманих збитків), головними пріоритетами УІБ є проведення профілактичних, запобіжних заходів.

Існуючий набір методів захисту складається з організаційних заходів, пасивних систем звукоізоляції, пристроїв постановки активних завод. Тобто він є обмеженим та має ряд суттєвих недоліків.

З вказаних методів, на даний час, третя група є вирішальною — вона надає можливість забезпечити необхідний рівень захищеності, але при цьому виникає декілька супутніх недоліків:

- а) рівень завади є демаскуючим фактором, тобто можлива дискредитація об'єкту та заходу;
- б) рівень завади в приміщенні негативно впливає на здоров'я та працездатність персоналу.

Одночасно з цим, як показано в [1—3], використання пристроїв постановки активної завади не дає гарантії повного захисту інформації з обмеженим доступом. Можна виділити два найбільш описаних напрямки, які можуть бути використані зловмисниками:

- зняття інформації з декількох точок, що дозволяє забезпечити досить якісну фільтрацію завади;
- використання методів цифрової фільтрації та очищення фонограм від шумової завади.

На даний момент в Україні використовується технологія визначення рівня захищеності інформації, яка озвучується на ОІД, від витоку акустичним та вібраційними каналами за рахунок визначення інтегрального співвідношення сигнал/завада довготривалого спектру мовного сигналу для октавних та третьооктавних смуг. Дослідження проводяться з використанням генератору білого шуму. Однак, як було вже вказано, такий підхід має значні недоліки [2, 3, 5, 6].

Метою даного дослідження є визначення впливу рівня шумової завади на можливість фільтрації тест-сигналу, на який накладено в певному співвідношенні шумову заваду, та визначення коефіцієнта деструктивних змін фонемної структури тест-сигналу після проведення процедури фільтрації.

Для досліджень використовувалось середовище MatLab R2015b блок Wavelet 1-D. Підготовку тест-сигналів зроблено у середовищі Sony Sound Forge Pro 11.

Дослідження проводилось у чотири етапи:

- 1) підготовка тест-сигналів;
- 2) аналіз тест-сигналів контрольної фрази (функція Analyze, блок Wavelet 1-D);
- 3) аналіз результатів фільтрації шумової завади (функція De-noise, блок Wavelet 1-D);
- 4) визначення коефіцієнта деструктивних змін алофонів.

Паралельно проводились три дослідження — за запропонованою методикою в середовищі MatLab; за стандартною методикою, з заміною тестового сигналу білого шуму на адекватний по середньоквадратичному значенню мовний тест-сигнал; за методикою Покровського [10]. Таким чином була забезпечена верифікація результатів, отримуваних за запропонованою методикою. Схема дослідної установки для процедури верифікації наведена в [5].

Підготовка тест-сигналів проводилась з використанням артикуляційних таблиць української [7] та російської [8] мов. При цьому перевага була віддана таблицям слів та виразів з тематикою, яка максимально могла бути пов'язана з інформаційною безпекою. Такий підхід поєднувався з чотирьохразовим прослуховуванням слухачами тестових сигналів, що збільшує вірогідність коректного розпізнавання слухачами тест-сигналів [4]. На рис. 1 наведено приклад тест-сигналу для співвідношення сигнал/завада -6 дБ, а в таблиці приведено статистичні дані базових нормалізованих тест-сигналів. Також, крім вказаних в таблиці, були проведені дослідження співвідношень -18 , -21 та -24 дБ.

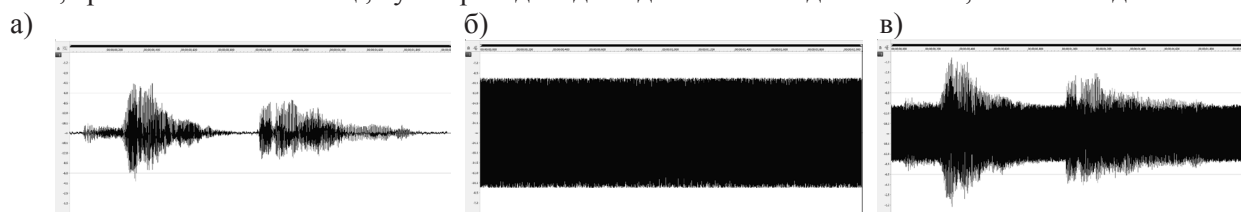


Рис. 1. Приклад синтезу тест-сигналу з середньоквадратичним рівнем шумової завади -6 дБ: а — тестовий сигнал оригінальної фонограми; б — нормалізований сигнал білого шуму з середньоквадратичним рівнем -14 dBfs; в — тест-сигнал з рівнем завади -6 дБ

Статистичні дані нормалізованих сигналів

Параметр	Тест-сигнал	Сигнал завади				
Мінімальне значення семплу (dBfs)	-4,36	-5,23	-9,24	-11,2	-13,2	-15,2
Максимальне значення семплу (dBfs)	-4,16	-5,23	-9,24	-11,2	-13,2	-15,2
Середньоквадратичний рівень (dBfs)	-20,0	-10,0	-14,0	-16,0	-18,0	-20,0
Δ середньоквадратичний рівень (дБ)		-10,0	-6,0	-4,0	-2,0	0,0

Верифікація синтезованих тест-сигналів за стандартною методикою та методикою Покровського повністю підтвердила висновки [1], відхилення не перевищували $3-5\%$, що відповідає [10].

Під час другого та третього етапів синтезовані тест-сигнали пройшли вейвлет-перетворення та фільтрацію, що дозволило значно знизити рівень шумової завади (рис. 2). Аналіз результатів, отриманих після проведення прослуховування за методикою Покровського відфільтрованих тест-сигналів, показує, що для співвідношення -10 дБ розбірливість мови до фільтрації складала приблизно $20-22\%$, а після фільтрації перевищила 75% . Для -6 дБ, відповідно, $39-41\%$ та $98-100\%$. Таким чином, використання вказаної технології надає можливість злоумисникам гарантовано розпізнати перехоплену конфіденційну мовну інформацію. Аналогічні результати описані В. А. Лобовим в [2] та інш. при перехопленні мовної інформації двуканальними методами в віброакустичному каналі.

Четвертий етап забезпечує перехід від суб'єктивного оцінювання рівня захищеності мовної інформації до об'єктивного, для чого запропоновано використання визначення коефіцієнта деструктивних змін фонемної структури тест-сигналу. В роботах професора А. М. Продеуса [6] наведено аналіз особливостей застосування та приклади розрахунку коефіцієнтів зміни частотного складу тест-сигналу в наслідок фільтрації. Однак при значних рівнях зашумленості (-10 дБА та більше) ці методи в класичному використанні не є ефективними, що пов'язано з неможливістю коректно визначати проміжки між словами та значною зміною спектрального складу сигналу.

В запропонованій методиці вказане обмеження усунене за рахунок використання алофонів як мінімальних мовних одиниць та аналізу їх частотних характеристик після проведення вейвлет-перетворення [4, 5]. На рис. 3 наведено приклад дослідження тест-сигналу «Зона поразення».

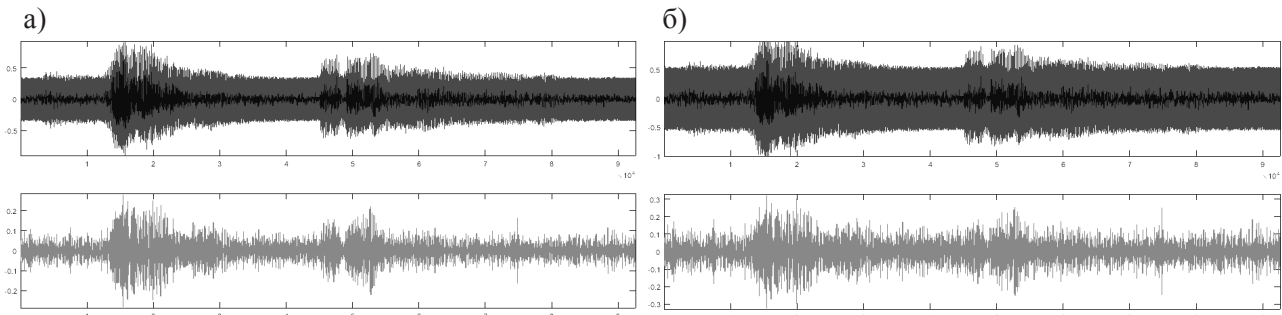


Рис. 2. Результати роботи функції за вейвлет-перетворенням та фільтрацією тест-сигналу зі співвідношеннями сигнал/завада -6 дБ (а) та -10 дБ (б)

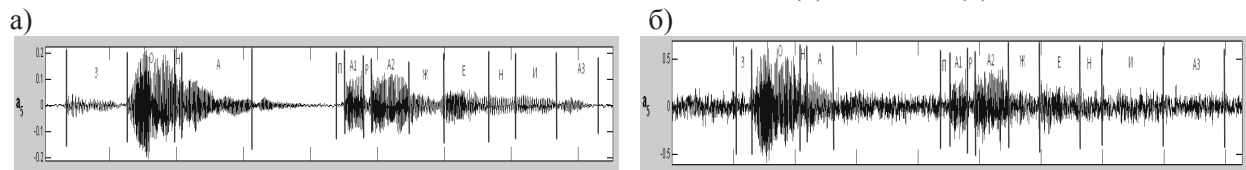


Рис. 3. Розбиття на алофони тест-сигналу (а) та тест-сигналу, очищеного від шумової завади при співвідношенні сигнал/завада -10 дБ (б)

Аналіз рис. 2, б та рис. 3, б показує вплив використання вейвлет-перетворення на збільшення якості розпізнавання тест-сигналу. Використання показника LLR (логарифмічне відношення правдоподібності) [6] в прив'язці до розподілу конкретних алофонів по третьоктавним смугам та визначенню величини викривлення обвідної лінії дозволяє розрахувати коефіцієнт деструктивних змін фонемної структури тест-сигналу та визначити реальний стан її захищеності.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Хорев А. А., Макаров Ю. К. Методы защиты речевой информации и оценки их эффективности // Специальная техника.– 2001.– № 4.– С. 22–33.
2. Лобов В. А., Сиромашенко А. В., Чернышов П. В. Оценка возможностей перехвата речевой информации при реализации метода многоканального съёма // Вопросы защиты информации.– 2007.– № 4.– С. 27–35.
3. Нужний С. М., Касьянов Ю. І. Оцінка захищеності мовної інформації при зашумленні і синхронному вимірюванні з двох точок // Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції «Захист інформації і безпека інформаційних систем».– Львів: НУ «Львівська політехніка».– 2015.– С. 175–176.
4. Касьянов Ю. І., Нужний С. М. Щодо критеріїв оцінювання захищеності мовної інформації // Матеріали III Міжнар. науково-технічної конференції «Актуальні проблеми забезпечення інформаційної та кібернетичної безпеки».– Київ: ДУТ, 2017.– С. 19–25.
5. Нужний С. М. Удосконалена технологія оцінки ступеня захисту мовної інформації // Сучасний захист інформації.– 2018.– № 1(33).– С. 66–73.
6. Продеус А.М., Дідковський В.С. Оцінка априорного відношення сигнал-шум в алгоритмах шумозаглушення // Системи обробки інформації.– 2015.– Вип. 10 (135).– С. 29–34.
7. Архипова О.О., Журавльов В.М., Кумейко В.М. Артикуляційні таблиці слів української мови // Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні.– 2009.– № 2/19.– С. 13–17.
8. Передача речи по трактам радиотелефонной связи. Требования к разборчивости речи и методы артикуляционных измерений: ГОСТ 16600-72. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 1973.

S. M. Nuzhniy

Advanced technology for determining the security level of information, which is voiced on the information activity object, from leakage by acoustic and vibrational channels

The authors propose an advanced technology, which can be used to analyze whether the speech information is secure from leakage by acoustic and vibrational channels, as well as in forensic examination of digital phonograms. The assessment of the security level is based on the criteria of legibility of the language. In the proposed method, allophones are used as minimal language units, their frequency characteristics are analyzed after wavelet transformation. Researches were carried out using Matlab software with Wavelet 1-D module.

Keywords: information security, residual intelligibility of the speech signal, wavelet transformation, allophone.