

## УДОСКОНАЛЕНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЦІНКИ СТУПЕНЯ ЗАХИСТУ МОВНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Метою дослідження є визначення можливості використання методів спектрального, вейвлет і кореляційного аналізу для оцінки руйнівного впливу активних акустичних (віброакустичних) завод на захищеність мовної інформації, яка озвучується на об'єктах інформаційної діяльності. Оцінка проводиться шляхом вивчення залишкової розбірливості мовного сигналу після його очищення від сигналу завади. Робота показує низький вплив білого шуму на розбірливість очищеного (модифікованого) сигналу.

*Ключові слова:* інформаційна безпека, захист даних, цифрова фонограма, білий шум, віброакустичні завади, вейвлет-перетворення, алофон.

### Вступ

Найбільш ефективним методом запобігання витоку мовної інформації, яка озвучується на об'єктах інформативної діяльності (ОІД), від витоку акустичними та віброакустичними каналами, як вказано в нормативних документах ДССЗІ України, є використання систем постановки активних акустичних та віброакустичних завод, оскільки такі системи мають можливість (в автоматичному та/або ручному режимах) змінити рівень завади і пристосуватись до зміни ситуації [1-5]. Наразі існує цілий ряд сертифікованих ДССЗІ України ("РІАС", "МАРС-ТЗО-4-2", "Топаз" і т.д.) [2,5] та несертифікованих систем постановки активних завод, які в певній мірі відповідають вимогам нормативних параметрів в сфері ТЗІ. Однак, розвиток засобів знімання акустичної та віброакустичної інформації, яка озвучується на ОІД, та методів її фільтрації, очищення та подальшої обробки вимагає створення нових ефективних методик та технологій проведення обстеження виділених приміщень [1-5,7-9].

Одним з напрямків такого вдосконалення є використання методики, заснованої на оцінці ступеню захищеності мовної інформації за критерієм розбірливості мови [1-5], що були запропоновані в роботах професорів М.Б. Покровського [7,8,10-18] та М.А. Сапожкова [10,12,13]. Одним з перших її запропонував А.А. Хорев [10].

Подальший розвиток ідеї Хорева А.А. набули в роботах Железняка В.К., Макарова Ю.К., Продеуса А.М., Дідковського В.С. та інших. Однак, основним принципом в їх роботах залишилось використання сигналу завади (білого, кольорового чи мовоподібного типів) для запобігання розпізнаванню на його фоні небезпечного сигналу.

В [12,13] запропоновані методи, які вже розглядають спектри мовного сигналу та їх структурних одиниць (фонем) по третьоктавним смугам. При цьому метод захисту, знову ж таки, залишається незмінним – постановка завади з метою приховати небезпечні частоти. Також необхідно відмітити, що термін «мовоподібний» в даному випадку позначає модифікацію форми сигналу білого шуму – її адаптовано до характеристик рівної гучності.

Основними недоліками вказаних методів є:

- суб'єктивність методики;
- значний об'єм робіт, які необхідно виконати при обстеженні ОІД;
- вразливість методу захисту мовної інформації, основанийого на використанні систем постановки активних акустичних/віброакустичних завод.

**Мета даного дослідження** полягає в удосконаленні методів та технологій захисту мовної інформації на об'єктах інформаційної діяльності України на основі запропонованих в роботі технології визначення оцінки ступеню захищеності мовної та віброакустичної інформації, яка озвучується на ОІД, за критерієм розбірливості мови, основанийого на визначенні коефіцієнта деструктивних змін фонемної структури тест-сигналу.

### Викладення основного матеріалу

Аналіз методів визначення ступеню захищеності мовної та віброакустичної інформації, яка озвучується на ОІД, за критерієм розбірливості мови, показує, що найбільш якісні

результати дає використання методу, заснованого на роботах Покровського та Сапожкова [1-9]. Однак головним його недоліком є суб'єктивність – метод засновано на залученні дикторів та слухачів, що повинні відповідати вимогам [12], і заснований на проведенні значного об'єму артикуляційних досліджень. Це визначає його надмірну складність та протяжність, і, відповідно, надвисоку вартість.

Роботи по розробці методик, які б дозволили отримати об'єктивну оцінку, спираючись на метод Покровського/Сапожкова проводяться з кінця ХХ століття. Основними з них є [1-4]. В ЄС прийнято стандарт ISO 9921:2003, який встановлює вимоги до систем постановки активної акустичної та віброакустичної завади [13].

Однак, всі вказані роботи розглядають білий шум як модель мовної інформації. Це призводить до неможливості коректного застосування принципу розбірливості мови.

Суттєвий крок в об'єктивізації методу Покровського/Сапожкова здійснено в роботах [8,9]. Запропоновані в них методи оцінювання основані на безпосередньому оцінюванні отриманої в ході експерименту фонескопічної інформації (в тому числі і переданої по телекомунікаційним каналам), без урахування можливості використання процедур фільтрації та очищення від завади. Однак, як показано в [3-5,7], використання зловмисниками сучасних математичних методів і технічних засобів несанкціонованого перехоплення мовної та віброакустичної інформації, яка озвучується на ОІД, дозволяє, не зважаючи на використання сертифікованих засобів постановки активної акустичної та віброакустичної завади [6], отримати доступ до семантичної складової перехопленої інформації – тобто ідентифікувати інформацію.

Основою для запропонованого в даній роботі методу є нормативні документи ДССЗЗІ, які встановлюють порядок проведення робіт та розрахунків рівня захищеності мовної та віброакустичної інформації, яка озвучується на ОІД, а також використання тест-сигналів, які сформовано на основі артикуляційних таблиць окремих слів і фраз (речень) з [10,12].

Технологія, яка використовується в відповідності до вимог нормативних документів ДССЗЗІ, для визначення оцінки ступеня захисту мовної інформації на ОІД заснована на формуванні тестового сигналу типу «білий шум» та дослідження впливу співвідношення сигнал/завада на захищеність мовної інформації, яка озвучується на ОІД [1-4, ]. При цьому необхідно враховувати, що сигнал завади також має тип «білий шум».

Вказана технологія дозволила на перших етапах (30-70 рр. ХХ століття) визначити співвідношення сигнал/завада для інформативного звукового діапазону (350...3600 Гц) як загальну оцінку (без поділу на октавні смуги. Розвиток інструментальних технічних засобів для проведення вимірювань дозволив перейти на дослідження рівня захищеності інформації для збільшеного звукового діапазону та по окремих октавних смугах (наприклад, використання приладу ВШВ-003-М2). В наш час технологія проведення дослідження основана на визначенні співвідношення сигнал/завада для третьоктавних смуг розширеного базового діапазону [1,2].

Позитивними рисами вказаного методу є його простота та те, що використання третьоктавних смуг дозволило фактично враховувати енергетичну складову фонемних одиниць мови – формант звуків. Як відомо, форманти маючи складний спектральний склад, який залежить від апарату відтворення мови (мовного тракту) конкретної людини, її емоційного стану, віку та інше, досить якісно вкладається в третьоктавний смуговий поділ [1,2,8,11]. Це дозволило, з певним приближенням, замінити складну за формою обвідної лінії спектрального складу фонем на ступінчасту середньоквадратичного рівня по третьоктавним смугам. Враховуючи випадковість зміни фонем, їх спектрального складу та інше, найбільш коректним варіантом тестового сигналу в такому випадку є «білий шум» [1]. Що й використовується на даний час.

Однак, враховуючи недоліки (див. вище), використання вказаного методу має значне обмеження – він не може бути застосований для визначення рівня захищеності мовного сигналу за критерієм розбірливості мови при використанні в якості активної акустичної та віброакустичної завади генераторів реального мовоподібного сигналу [5,7,9].

Для вирішення вказаної наукової проблеми автором пропонується вдосконалена методологія та технологія оцінки ступеня захисту мовної інформації.

Запропонована технологія визначення рівня захищеності мовної інформації основана на порівнянні фонограми тест-сигналу, які створені на основі вимог [10,12], без включеної та з включеною системою постановки активної віброакустичної завади – вказана ідеологія проведення дослідження в повній мірі відповідає вимогам та технології контролю захищеності інформації, яка озвучується на ОІД, визначених нормативними документами ДССЗЗІ.

Узагальнена структурна схема дослідної установки для визначення оцінки ступеню захищеності наведена на рис.1. До її складу входять наступні блоки:

- ЕОМ – електронно-обчислювальна машина, забезпечує виконання функцій управління дослідною установкою, контроль параметрів та проведення процедур фільтрації та очищення акустичної інформації від завади;
- ВРАС – вимірювач рівня акустичного сигналу
- АКЕ – архітектурно-конструкційний елемент (межа контрольованої зони);
- М1 та М2 – мікрофони для вимірювання рівня гучності мовної інформації на рівні АКЕ та на заданій відстані за межами ОІД, відповідно;
- ДІ – джерело інформації (пристрій для зберігання та відтворення фонограм тест-сигналів);
- ПКГТС – пристрій калібрування гучності тест-сигналу;
- Д – електроакустичний перетворювач (динамік);
- ДСЗ – джерело сигналу завади;
- ВВАЗ – випромінювач віброакустичної завади.

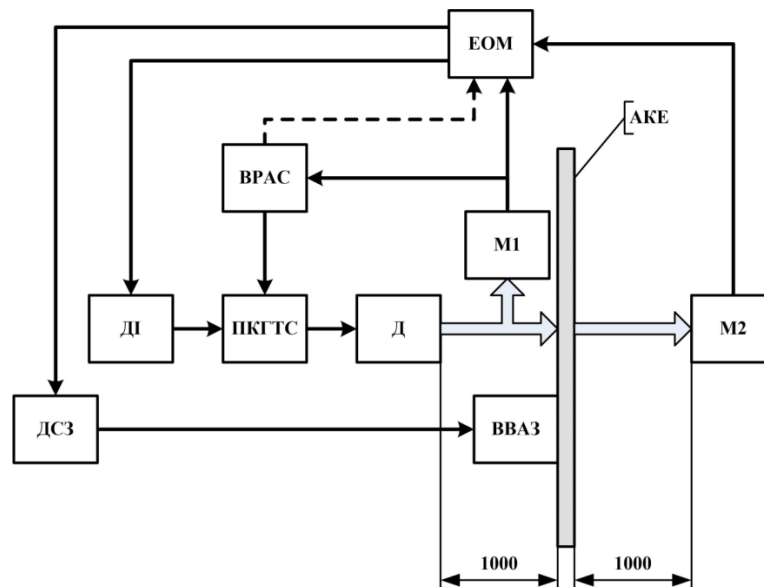


Рис. 1. Узагальнена структурна схема дослідної установки

Удосконалення існуючої технології полягає в використанні фонограм тест-сигналів, сформованих з реальної мови дикторів та визначення ступеню деструктивного впливу віброакустичної завади на спектральний склад фонемної структури (алофонів) тест-сигналів.

Структурна схема складається з трьох базових контурів:

- контуру калібрування та інструментального вимірювання рівня гучності озвучених тест-сигналів (ПКГТС – Д – М1 – ВРАС). Вимоги та технічне забезпечення даного контуру визначаються вимогами нормативних документів ДССЗЗІ;

- контур дослідження спектральний склад фонемної структури (алофонів) фонограм тест-сигналів (ДІ – ПКГТС – Д – АКЕ – М2 – ЕОМ) в визначених за вимогами нормативних документів ДССЗЗІ контрольних точках за межами ОІД;

– контур калібрування рівня активної віброакустичної завади (ДСЗ – ВВАЗ – АКЕ – М2 – ЕОМ).

Вказане структурно-функціональне призначення компонентів дослідної установки забезпечує вирішення основних вимог, на базі яких сформована об'єктивізованої методології визначення оцінки ступеню захищеності мовної та віброакустичної інформації, яка озвучується на ОІД, за критерієм розбірливості мови.

Методологія, яка пропонується в даній роботі, базується на використанні наступних методів:

– вихідні дані (тест-сигнали) формуються в відповідності до методики, яка наведена в [7] та проходять процедура калібрування в відповідності до вимог нормативних документів ДССЗЗІ, чим забезпечується їх абстрагування та формалізація;

– метод наукового експерименту дозволяє забезпечити визначення допустимих значень співвідношення сигнал/завада, при яких забезпечується заданий рівень ступеню захищеності мовної та віброакустичної інформації, яка озвучується на ОІД, за критерієм розбірливості мови, у всіх контрольних точках вимірів, визначених за вимогами нормативних документів ДССЗЗІ;

– методи формантного та спектрального аналізу, які застосовуються для визначення оцінки ступеню захищеності мовної та віброакустичної інформації, яка озвучується на ОІД, за критерієм розбірливості мови, оснований на визначенні коефіцієнта деструктивних змін фонемної структури тест-сигналів, виміряних контрольних точках в відповідності до вимог нормативних документів ДССЗЗІ.

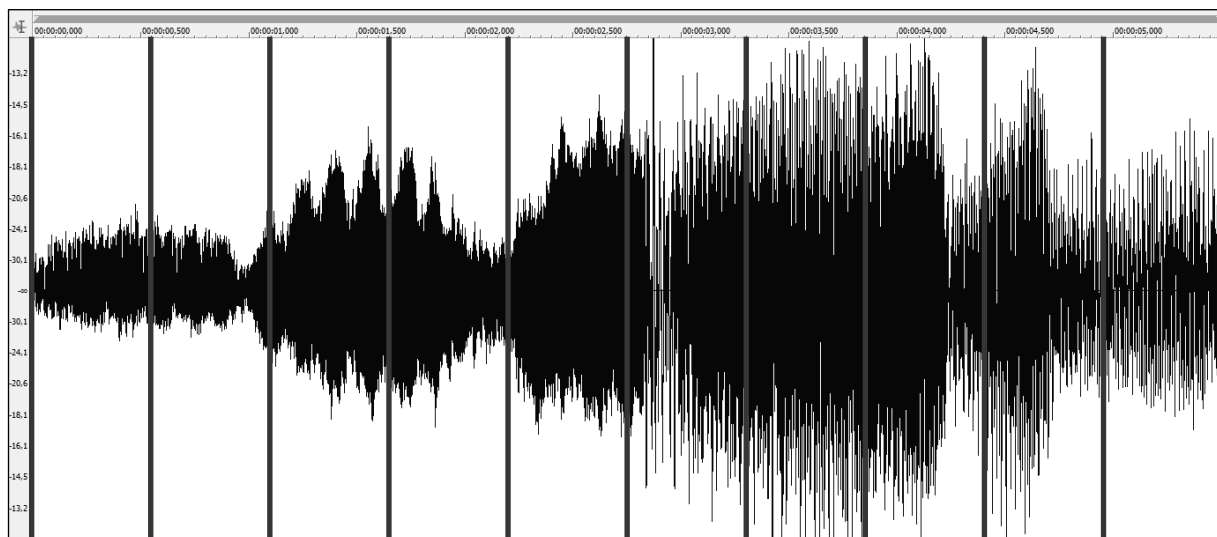
Головною складністю використання запропонованої методології є визначення величини впливу як шумової завади на мовний сигнал, так і залишкових шумів та викривлень, які є в сигналі після його фільтрації та очистки.

На рис. 2 наведено фонограма (Л. Паваротті, П. Домінго, Х. Каррерас «Пам'яті Карузо») протяжністю 5,5 с та виділенням 10 блоків по 0,55 с (а), спектрограма довготривалого спектру по блокам (б) та спектрограма довготривалого спектру відрізка (в). Основні статистичні характеристики фонограми наведені в табл. 1.

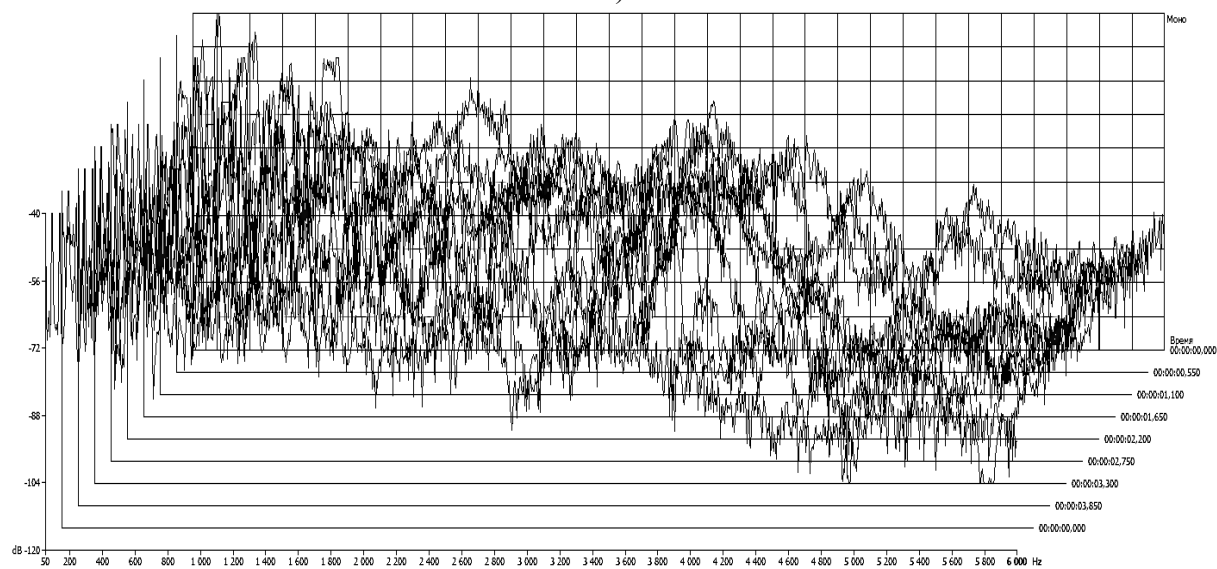
Табл. 1. Статистичні характеристики фонограми

Позиція курсора (Час)	00:00:05,500
Позиція семпла з мінімальним значенням (час)	00:00:03,685
Мінімальне значення семпла (дБ)	-11,014
Максимальне значення семпла (дБ)	-9,980
Середньоквадратичний рівень (дБ)	-24,998

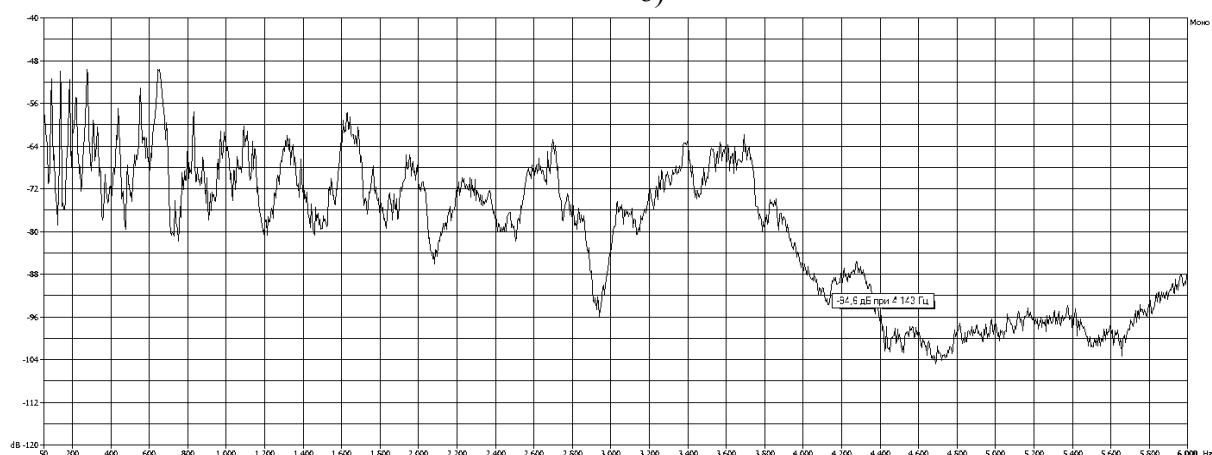
На рис. 3 лініями показано виділення на спектрограмі довготривалого спектру (див. рис.2,в) третьоктавних смуг (вертикальні лінії з нумерацією «номер октави / номер третьоктавної смуги»), значення середньоквадратичного рівня (потовщена горизонтальна лінія) та середньоквадратичного рівня то третьоктавним смугам (ступінчата функція). Як видно з рисунку значення середньоквадратичного рівня в окремих третьоктавних смугах і фактичного рівня піку мовного сигналу може відрізнятися на величину понад 16...18 дБ (наприклад, для смуг з № 1/2, 2/2 та 3/3). Існуюча методика фактично ігнорує такі випадки. Одночасно з цим, як видно з [1, табл. 9], Хорев А.А. вказує на можливість обмеження рівня співвідношення сигнал/завада для вказаних смуг при забезпеченні рівня розбірливості мови  $W = 20 \%$  та використанні «білого шуму» в якості завади величиною – 10,4 дБ. Це обумовлено використанням «білого шуму» в якості тестового сигналу, для якого різниця між середньоквадратичним рівнем і максимальним значенням складає менше 4,5 дБ (див. рис.4), що відповідає значенням з [1].



а)



б)



в)

Рис.2. Аналіз фонограми тест-сигналу при виключеній системі постановки активної завади

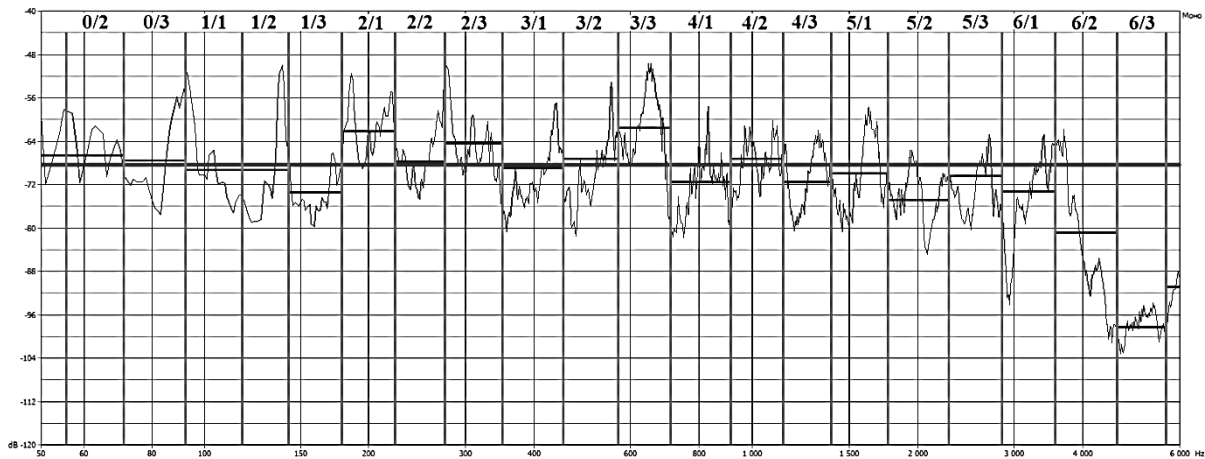


Рис. 3. Виділення середньоквадратичних рівнів на спектрограмі тест-сигналу

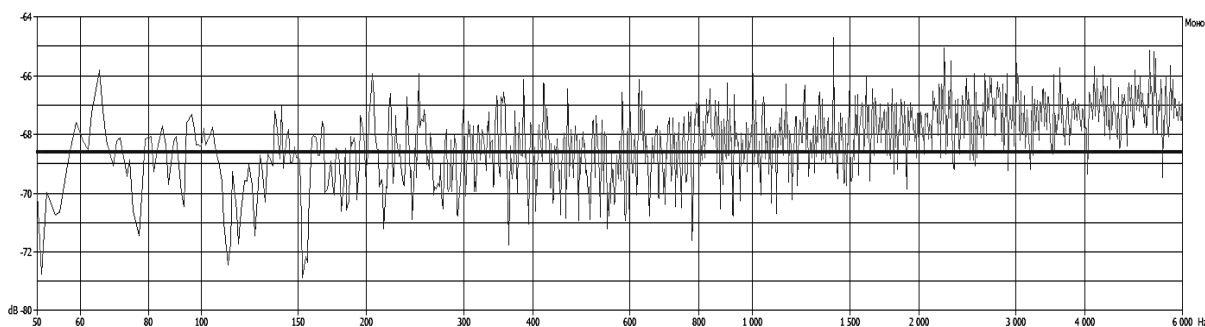


Рис. 4. Виділення середньоквадратичного рівня на спектрограмі сигналу завади типу «білий шум»

На рис. 5 наведено спектрограми тест-сигналу і сигналу завади типу «білий шум» зі співвідношенням – 21...– 24 дБ, що відповідають, згідно з [1, табл. 9], рівню розбірливості мови  $W = 10\%$ .

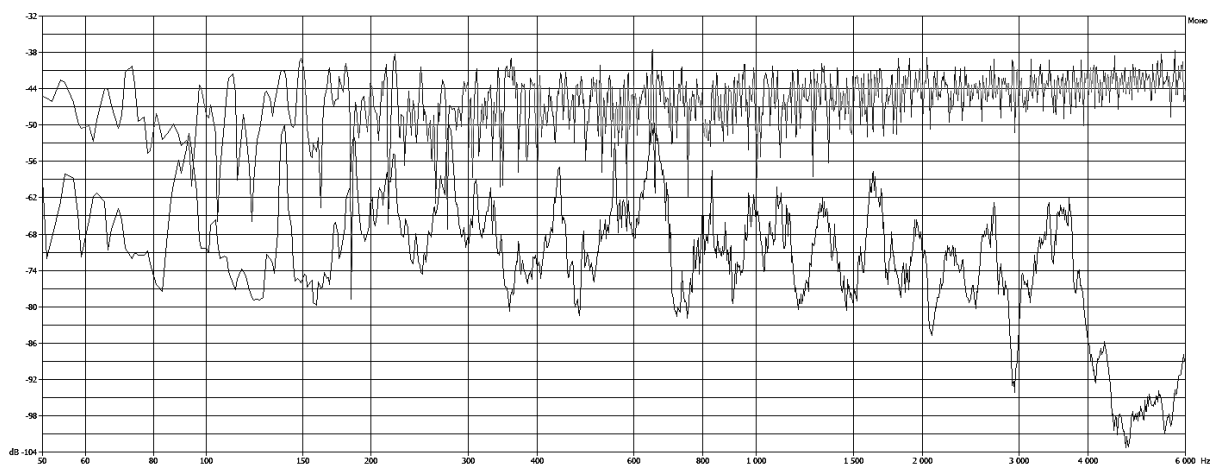


Рис. 5. Спектрограми тест-сигналу і сигналу завади типу «білий шум» зі співвідношенням – 21...– 24 дБ

Однак, як було показано в [5,7], проведення процедури фільтрації та шумоочистення з використанням вейвлет-аналізу (програма MatLab, блок «Wavelet 1-D», функції Analyze та DE-NOISE) призводить до зменшення співвідношення сигнал/завада до рівня – 5...8 дБ (див. рис. 6) з рівнем розпізнавання мови  $W > 60\%$ .

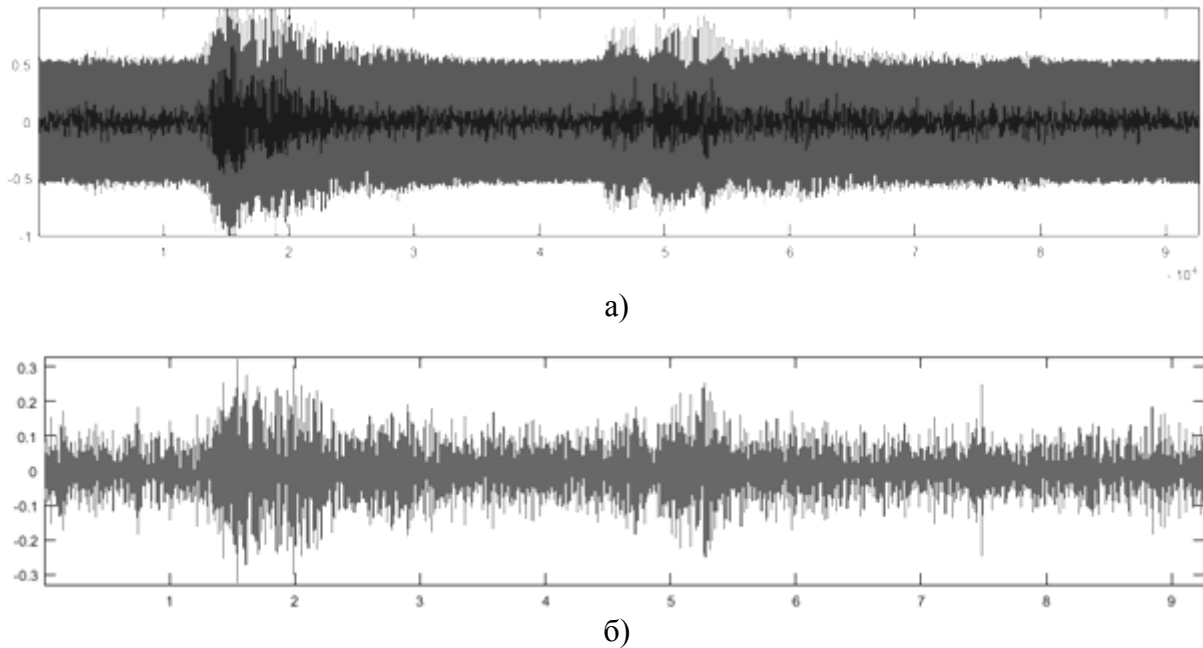


Рис.6. Результати шумочищення тест-сигналу зі співвідношенням сигнал/завада – 21 дБ на основі метода вейвлет-аналізу (програма MatLab, блок «Wavelet 1-D»):  
а) досліджуваний сигнал; б) очищений сигнал

На рис. 6,а) показано більш темним кольором результат внутрішнього попереднього аналізу, який проводиться в блоці «Wavelet 1-D» функцією Analyze. Цей сигнал в подальшому використовується блоком «Wavelet 1-D» для аналізу при проведенні процедури фільтрації сигналу білого шуму (функція DE-NOISE).

Результат фільтрації з використанням вейвлет-перетворення наведено на рис. 6,б). Аналіз показує наявність суттєвих залишкових шумів (викривлень), однак рівень фактично не впливає на розбірливість мови.

### Висновки

В роботі запропоновано об'єктивізована методологія та технологія оцінки ступеня захищеності мовної інформації на об'єктах інформаційної діяльності України на основі розробки об'єктивізованої методології визначення оцінки ступеню захищеності мовної та віброакустичної інформації, яка озвучується на ОІД, за критерієм розбірливості мови, оснований на визначенні коефіцієнта деструктивних змін фонемної структури тест-сигналу.

Запропонована методологія є подальшим розвитком інструментальної методики контролю захищеності мовної інформації, яка діє в Україні в рамках нормативних документів по технічному захисту мовної інформації на ОІД, та суб'єктивного методу визначення оцінки ступеня захищеності мовної інформації за критерієм розбірливості мови, заснованої на методиках професорів М.Б. Покровського та М.А. Сапожкова.

### Список використаної літератури

1. Хорев А.А. Методы защиты речевой информации и оценки их эффективности / А.А.Хорев, Ю.К. Макаров // Специальная техника. – 2001. - № 4. – С. 22 – 33.
2. Дидковский, В.С. Акустическая экспертиза каналов речевой коммуникации. Монография / В.С. Дидковский, М.В. Дидковская, А.Н. Продеус // – Киев: Имэкс-ЛТД, 2008. – 420 с.
3. Бортников А.Н. Результаты экспериментальных исследований оценки возможностей перехвата речевой информации при реализации методов двухканального съёма / А.Н. Бортников, С.В. Губин; В.А. Лобов, А.В. Сиромашенко; П.В. Чернышов // Вопросы защиты информации. – 2007. – № 1. – С.11-17
4. Лобов В.А. Оценка возможностей перехвата речевой информации при реализации метода многоканального съёма / В.А. Лобов, А.В. Сиромашенко, П.В. Чернышов // Вопросы защиты информации. – 2007. – № 4. – С. 27-35.

5. Касьянов Ю.І. Оцінювання ефективності генератора реальної мовоподібної завади за критерієм розбірливості мови [Текст] / Ю.І. Касьянов, С.М. Нужний // Вісник національного університету "Львівська політехніка" "Автоматика, вимірювання та керування". – 2016. – № 852. – С.105–110

6. Про внесення змін до Переліку технічних засобів, які можуть застосовуватися в телекомунікаційних мережах загального користування України: Наказ Адміністрації державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України від 31.01.2018 р. № 50 [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://195.78.68.84/dsszzi/control/uk/publish/article?showHidden=1&art\\_id=286599&cat\\_id=38835&ctime=1518166794149](http://195.78.68.84/dsszzi/control/uk/publish/article?showHidden=1&art_id=286599&cat_id=38835&ctime=1518166794149) (09.02.2018)

7. 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)

8. 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. - С. 18-26. – Режим доступу: DOI : 10.20535/2312-1807.2016.21.1.82250.

9. 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). - С. 58-65. – Режим доступу: 10.20535/2312-1807.2014.19.6.113479.

10. Архипова О.О., Журавльов В.М., Кумейко В.М. Артикуляційні таблиці слів української мови / О.О. Архипова, В.М. Журавльов, В.М. Кумейко // Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні. – К., 2009. – № 2/19. – С. 13-17.

11. Покровский Н.Б. Расчет и измерение разборчивости речи / Н.Б. Покровский // - М.: Гос. изд-во литературы по вопросам связи и радио, 1962. – 392 с.

12. Передача речи по трактам радиотелефонной связи. Требования к разборчивости речи и методы артикуляционных измерений: ГОСТ 16600-72. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1973. – 90 с.

13 ISO 9921:2003 Ergonomics – Assessment of speech communication – Rezhym dostupu: <https://www.iso.org/standard/33589.html> (09.02.2018)

Надійшла: 30.01.2018

Рецензент: к.т.н. Курченко О.А.