

УДК 004.056.5: 534.[784: 835]: 621.391.883

**Залежність розбірливості мови від відношення сигнал/шум
при «білому» та «рожевому» шумі**

*Автор: Ю.І. Касьянов, Національний університет кораблебудування імені адмірала
Макарова, м. Миколаїв*

Розбірливість мови є одним з основних критеріїв при оцінці захищеності мовної інформації, оскільки вона визначає передачу або витік смислового змісту розмови.

Існуючі методи та методики визначення розбірливості мови розділяють на суб'єктивні та об'єктивні. Суб'єктивні методи базуються безпосередньо на експертних оцінках і виконуються з участю експертів: дикторів і аудиторів [1, 2]. Вони є найбільш універсальними але вимагають великих затрат часу та спеціально підготовлених артикуляційних бригад, що обмежує їх використання в контрольних та спеціальних дослідженнях з оцінки захищеності інформації. В цих випадках доцільно використовувати об'єктивні методи, в яких весь вимірювальний процес виконується приладами без участі органів чуття людини [1 – 5]. При цьому необхідно враховувати, що в багатьох об'єктивних методах використовуються експериментальні результати, отримані в процесі суб'єктивних артикуляційних випробувань.

Методи визначення розбірливості мови та методики на їх основі в основному розроблялись і орієнтовані на оцінку якості каналів передачі мовної інформації. Тому розробка, удосконалення та адаптація методів і методик оцінки розбірливості мови для задач оцінювання захищеності мовної інформації від витоку по технічних каналах наразі є актуальною задачею.

Метою даної роботи є визначення характеристик впливу завад типу "білий" та "рожевий" шум на розбірливість мови для спрощення процесу оцінки захищеності мовної інформації формантним методом.

В якості базового для проведення досліджень було вибрано інструментально-розрахунковий метод [3, 4], розроблений сучасними російськими вченими А.А. Хоревим, Ю.К. Макаровим, В.К. Железняком та ін. на базі формантного підходу з використанням досліджень М.Б. Покровського та апроксимацій окремих залежностей аналогічно методу AI, що дає можливість автоматизації розрахунків. Методика інструментально-розрахункової оцінки акустичної захищеності шляхом визначення мовної розбірливості, яка ґрунтується на цьому методі, рекомендована Держтехкомісією Росії до використання [5]. Вона містить 4 етапи (рис.1). Спочатку необхідно визначити контрольні точки для вимірювання, потім провести інструментальні

вимірювання співвідношення сигнал/шум, далі розрахувати формантну, складову та словесну розбірливість, після чого по нормованих критеріях визначити ступінь захищеності.

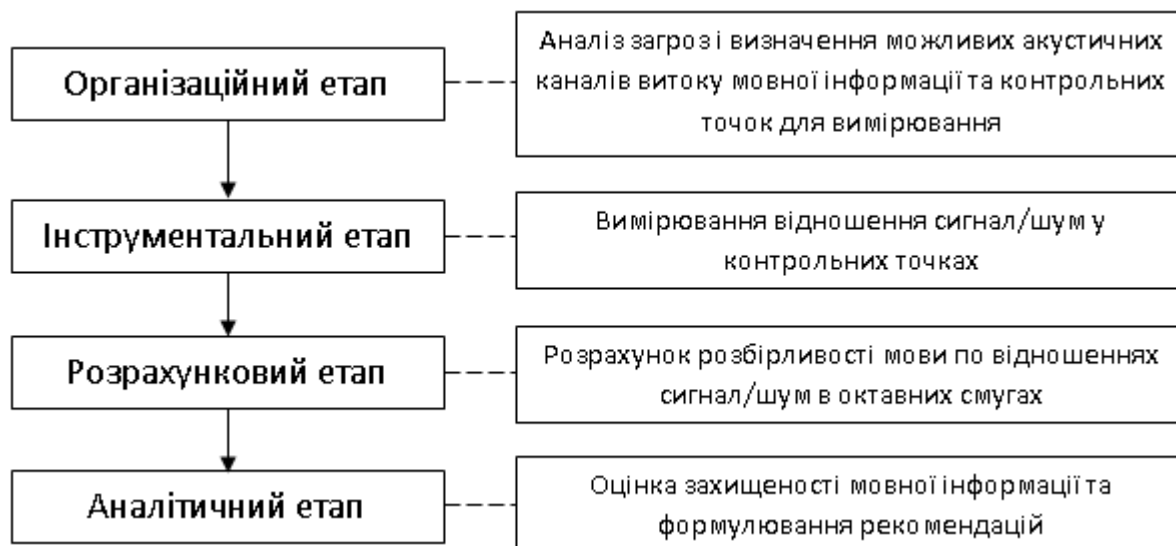


Рис. 1 Етапи методики інструментально-розрахункової оцінки акустичної захищеності шляхом визначення мовної розбірливості

До даної методики було внесено деякі зміни, зокрема пропонується аналіз поводити не в 5-ти, а в 7-ми октавних смугах мовного діапазону, що підвищує точність визначення формантної розбірливості на 7 – 9% [6], та використовувати в якості тестового сигналу, крім шумового і тонального також мовний довготривалий сигнал (не менше 60 с) з заданим інтегральним рівнем. Для проведення інструментальних вимірювань пропонується використовувати обладнання розробленого на кафедрі ЕОС та інформаційної безпеки лабораторного комплексу для електроакустичних досліджень [7].

Для спрощення і прискорення проведення оцінок з використанням даної методики було отримано графіки залежностей формантної, складової та словесної розбірливості мови від відношення сигнал/шум в діапазоні, характерному для таких досліджень, при шумових завадах типу «білий» та «рожевий» шум. Використовуючи отримані криві, можна по виміряних в контрольних точках значеннях відношення сигнал/шум відразу визначати значення розбірливості мови.

Методика розрахунку і побудови графіків отриманих залежностей наступна:

– задаються початкові дані:

- 1) інтегральний та октавні (у вигляді масиву) рівні мовного сигналу;
- 2) тип та інтегральні рівні шумової завади;
- 3) середньогометричні та граничні частоти октавних смуг;

- 4) співвідношення інтегральних рівнів сигнал/шум;
- для семи октавних смуг (в циклі) розраховуються по формулах з [3, 4], або визначаються по таблицях і графіках, наведених в [1]:
- 1) формантний параметр ΔB_i ;
 - 2) ваговий коефіцієнт кожної смуги $k_i = \Delta A_{mi}$;
 - 3) рівні шумової завади;
 - 4) відношення сигнал/шум у децибелах та ефективні рівні відчуття формант E'_i ;
 - 5) коефіцієнт сприйняття формант P_i ;
 - 6) розбірливості формант в октавних смугах ΔA_i (спектральний індекс артикуляції мови R_i);
- розраховуються або визначаються по графіках:
- 1) формантна розбірливість мови A (інтегральний індекс артикуляції мови R);
 - 2) складова розбірливості S ;
 - 3) словесна розбірливість мови W ;
- будуються графіки залежностей формантної, складової та словесної розбірливості від співвідношення сигнал/шум.

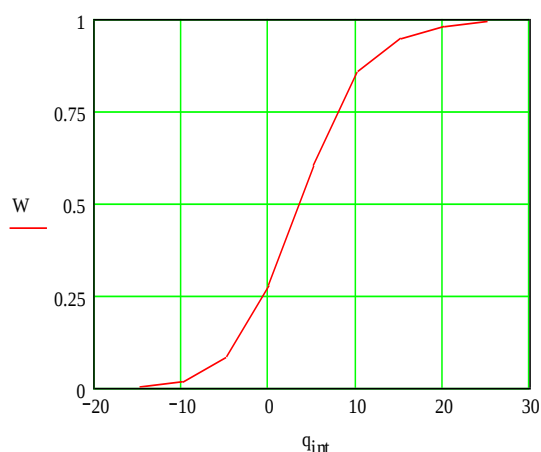
На основі даної методики було розроблено програму розрахунку характеристик залежності розбірливості мови від рівня сигнал/шум при "білому" та "рожевому" шумах методом математичного моделювання в середовищі Mathcad. В програмі використано формули з [3, 4].

Аналіз проводився в діапазоні мовного сигналу 90...11200 Гц у семи октавних смугах з середньгеометричними частотами: 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. В зв'язку з цим було змінено формулу для розрахунку значень емпіричної функції розподілу формант $A_m(f)$ на границях октавних смуг, які потім використовувались для визначення вагового коефіцієнта кожної смуги $k_i = \Delta A_{mi}$. Ця формула мала вигляд

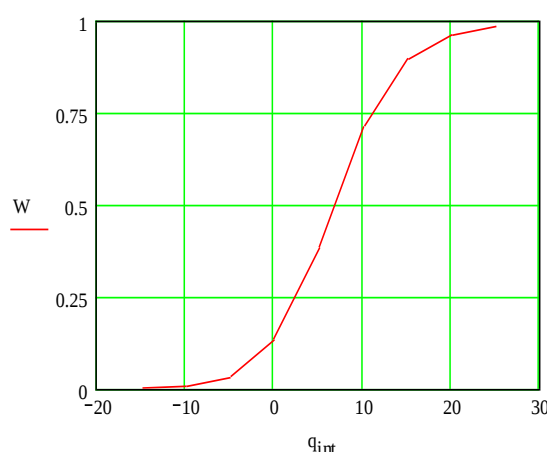
$$A_m(f) = \begin{cases} 2,57 \cdot 10^{-8} \cdot f^{2,4}, & \text{якщо } 90 < f \leq 400 \text{ Гц;} \\ 1 - 1,074 \exp(-10^{-4} \cdot f^{1,18}), & \text{якщо } 400 < f \leq 11200 \text{ Гц.} \end{cases}$$

Інтегральний рівень мовного сигналу було прийнято рівним 70 дБ. Інтегральні рівні шуму задавались у діапазоні 45...85 дБ з дискретністю 5 дБ (програма дозволяє оперативно змінювати границі діапазону інтегральних рівнів шуму та дискретність зміни).

В результаті було отримано залежності формантної, складової та словесної розбірливості від відношення інтегральних рівнів сигнал/шум. Отримані графіки залежності словесної розбірливості для «білого» та «рожевого» шуму наведені на рис. 2.



а)



б)

Рис. 2 Залежність словесної розбірливості від співвідношення інтегральних рівнів сигнал/шум при "білому" (а) і «рожевому» (б) шумі

Як видно з графіків при заваді у виді "рожевого" шуму маскування мови буде кращим.

Висновок: Отримані залежності дозволять спростити і прискорити оцінювання захищеності мовної інформації в контрольних та спеціальних дослідженнях.

Список літератури:

1. Покровский Н.Б. Расчет и измерение разборчивости речи / Н.Б. Покровский. – М.: Гос. изд-во литературы по вопросам связи и радио, 1962. – 392 с.
2. Акустическая экспертиза каналов речевой коммуникации. Монография / Дидковский В.С., Дидковская М.В., Продеус А.Н. – Киев: Имэкс-ЛТД, 2008. – 420 с.
3. Хорев А.А. К оценке эффективности защиты акустической (речевой) информации / А.А.Хорев, Ю.К. Макаров // Специальная техника. – 2000. – № 5. – С. 46 – 56.
4. Железняк В.К. Некоторые методические подходы к оценке эффективности защиты речевой информации / В.К. Железняк, Ю.К. Макаров, А.А. Хорев // Специальная техника. – 2000. – № 4. – С. 39-45.
5. Технические средства и методы защиты информации: Учебник для вузов / А.П. Зайцев, А.А. Шелупанов, Р.В. Мещеряков и др. – М.: ООО "Издательство Машиностроение", 2009 – 508 с.
6. Бацула А.П. О достоверности оценки защищенности речевой информации от утечки по техническим каналам / А.П. Бацула, А.А. Иванов, И.Л. Рева, В.А. Трушин // Доклады ТУСУРа, № 1 (21), ч. 1, 2010. – С.89 – 92.
7. Касьянов Ю.І. Комплекс засобів для дослідження звукоізоляції та електроакустичних перетворювачів / Ю.І. Касьянов, С.М. Нужний // Захист інформації і безпека інформаційних систем: Матеріали 1-ої міжнародної наук.-техн. конференції. – Львів: НУ "Львівська політехніка", 2012. – С. 198 – 199.