

МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ РОЗБІРЛИВОСТІ МОВЛЕННЯ, ЩО ВІДТВОРЮЄТЬСЯ РАДІОПРИЙМАЛЬНИМ ПРИСТРОЄМ ПОСТА РАДІОМОНІТОРИНГУ

У статті запропоновано методика оцінювання розбірливості мовленнєвих повідомлень із застосуванням формантного підходу, яка дозволяє оцінити результативність виконання апаратурою поста радіомоніторингу заданих функцій з урахуванням конкретних умов її застосування та можливостей людини-оператора.

Постановка проблеми. Процес удосконалення методів та засобів підвищення ефективності збору, обробки інформації постом радіомоніторингу (РМ) як людино-машинної системи передбачає розвиток науково-методичного апарату оцінювання результативності виконання апаратурою поста заданих функцій з урахуванням конкретних умов її застосування та можливостей людини-оператора. Це, у свою чергу, вимагає вибору та розрахунку відповідного показника шляхом узагальнення можливих варіантів проявів різноманітних факторів на результатах функціонування апаратури. Важливим етапом добування інформації постом РМ є прийом радіосигналу, його обробка в приймачі та якісне відтворення мовлення. Відповідно до [1] якість відтворення мовлення, що передається трактами зв'язку, оцінюють шляхом визначення розбірливості звуків, слів та порівняння її зі встановленими нормами. Розбірливість елементів мови вимірюється за допомогою артикуляційних таблиць з використанням спеціалізованого обладнання та потребує участі артикуляційної бригади. Такий підхід дозволяє оцінити якість відтворення мовлення лише за певних обставин та не враховує зміни в умовах приймання радіосигналу, технічному стані радіоприймального пристрою під час чергування на посту РМ. Зважаючи на це, пошук методу оцінювання розбірливості мовлення, який враховує вказані недоліки, та розробка методики його реалізації є актуальним науковим завданням.

Огляд останніх досліджень і публікацій. Відома низка показників і методів оцінювання розбірливості мовлення, що застосовують для встановлення якості акустики приміщень, ліній зв'язку, а також захищеності словесної інформації від витоку акустичними каналами. На сьогоднішній день найбільш поширеними з них є: метод парціальних відношень сигнал/шум, модуляційний та формантний методи [2–4]. Метод парціальних відношень широко застосовують для акустичної експертизи приміщень, він полягає у вимірюванні значення сигнал/шум у суміжних смугах частот. Його використання для оцінювання розбірливості мовленнєвих повідомлень на посту РМ обмежене відсутністю повного і компактного опису безлічі гранично допустимих комбінацій відношень сигнал/шум [5].

Модуляційний метод дозволяє врахувати ревербераційні перешкоди при оцінюванні якості акустики приміщень та базується на використанні тестового шумового сигналу, потужність якого змінюється за гармонічним законом [3, 6]. Застосування тестового сигналу призводить до відволікання оператора та зупинки процесу моніторингу, що

робить неможливим використання даного методу з метою отримання показника розбірливості мовленнєвих повідомлень на посту РМ.

При формантному підході за показник якості використовують скалярну величину – формантну розбірливість, яка становить собою середню ймовірність сприйняття формант на фоні шуму. Труднощі такого підходу пов'язані з розбіжністю думок різних авторів з приводу форми функції розподілу ймовірностей формант за частотою i , як наслідок, відсутністю аналітичних виразів для розрахунків [3, 6].

Формулювання завдання дослідження. Враховуючи обмеженість використання модуляційного методу та методу парціальних відношень в умовах функціонування поста РМ, а також наявність сучасних досліджень щодо встановлення функції розподілу ймовірностей формант за частотою [7, 8], метою статті є адаптація формантного підходу до оцінювання розбірливості мовленнєвих повідомлень, що відтворюються радіоприймальним пристроєм, шляхом отримання аналітичних виразів для розрахунків, а також розробка методики, що дозволить автоматизувати процес оцінювання на посту РМ.

Виклад основного матеріалу. З метою реалізації формантного підходу до оцінювання розбірливості мовлення на фоні шуму весь аналізований діапазон частот розбивають на декілька смуг, у межах яких щільність імовірностей формант, спектри мовлення та шуму вважаються постійними. Формантну розбірливість знаходять як суму розбірливості формант у кожній смузі за виразом

$$A = \sum_{k=1}^N p_k P(q_k), \quad (1)$$

де p_k – імовірність перебування формант у k -й смузі частот;

$P(q_k)$ – імовірність сприйняття формант на фоні шуму в k -й смузі частот;

q_k – відношення сигнал/шум у k -й смузі частот;

N – кількість октавних смуг, на які поділяється мовленнєвий сигнал [2, 4].

Враховуючи частотне обмеження сигналів, що циркулюють у лініях зв'язку, та спрощення розрахунків, для аналізу було обрано п'ять октавних смуг із центральними частотами: 250 Гц, 500 Гц, 1 кГц, 2 кГц, 4 кГц. Імовірність перебування формант у k -й смузі частот можна оцінити шляхом обробки даних, що описують щільність розподілення формант за частотою (рис. 1) [7, 9].

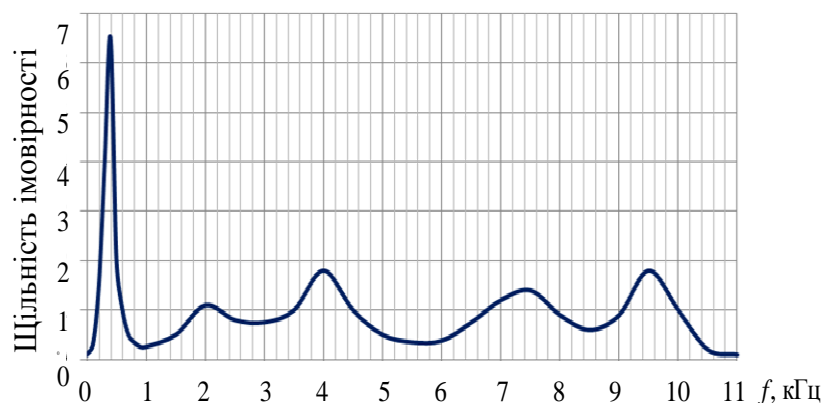


Рис. 1. Щільність розподілення формант за частотою

Для розрахунку ймовірності перебування формант у смугах частот скористаємося таким виразом:

$$p_k = \int_{f_{ek}}^{f_{nk}} L(f) df = \sum_{i=1}^{N_k} \Delta L_i \Delta f_i, \quad (2)$$

де $L(f)$ – щільність розподілення формант за частотою;

f_{ek}, f_{nk} – верхня та нижня граничні частоти смуги k ;

ΔL_i – величина зміни щільності розподілення формант на i -му інтервалі;

$\Delta f_i = 100$ Гц – величина i -го інтервалу зміни частоти;

$N_k = \frac{f_{nk} - f_{ek}}{100}$ – кількість інтервалів довжиною в 100 Гц, на які розбито смуги.

Результати розрахунків за виразом (2) наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Імовірності перебування формант у смугах частот

f_{0k} , кГц	Діапазон частот, кГц, ($f_{nk} - f_{ek}$)	p_k
0,25	0,166–0,33	0,096
0,5	0,33–0,66	0,149
1	0,66–1,33	0,034
2	1,33–2,66	0,126
4	2,66–5,33	0,276

Задачу розрахунку ймовірності сприйняття формант на фоні шуму в k -й смугі частот можна розв’язати, використавши залежності, наведені в літературі, наприклад [3, 8, 9], оцінивши відношення сигнал/шум у смугах частот.

Значення розрахованої за виразом (1) формантної розбірливості характеризує середню ймовірність сприйняття формант на фоні шуму з урахуванням умов приймання сигналу, якості його обробки в радіоприймальному пристрої та відтворення на прикінцевому пристрої. Для отримання оцінки розбірливості мовлення, що відтворюється радіоприймальним пристроєм, необхідно зіставити діапазон змін значень формантної розбірливості з нормами якості відтворення мовлення на посту РМ відповідно до вимог, визначених стандартами або технічною документацією. З цією метою використаємо норми розбірливості, наведені в табл. 2 [1].

Таблиця 2

Норми розбірливості звуків та слів

Норма якості	Норма розбірливості, %	
	звуків (D)	слів (W)
Розуміння мовлення без найменшого зосередження уваги	більше 90	більше 95
Розуміння мовлення без труднощів	від 85 до 90	від 92 до 95
Розуміння мовлення з напруженням уваги без перепитувань та повторень	від 78 до 85	від 87 до 92
Розуміння мовлення з великим зосередженням уваги, перепитуваннями та повторюваннями	від 60 до 78	від 62 до 87
Повна нерозбірливість мовлення (зрив зв’язку)	менше 60	менше 62

Як видно із табл. 2, залежність між нормами якості відтворення та формантною розбірливістю не встановлена. Це спонукало до пошуку зв'язку між формантною розбірливістю та розбірливістю звуків або слів. Аналіз літератури показав, що від формантної розбірливості можливо перейти до розбірливості складів – S (рис. 2), за якою отримати розбірливість слів – W (рис. 3), що дозволить оцінити якість відтворення мовлення [10].

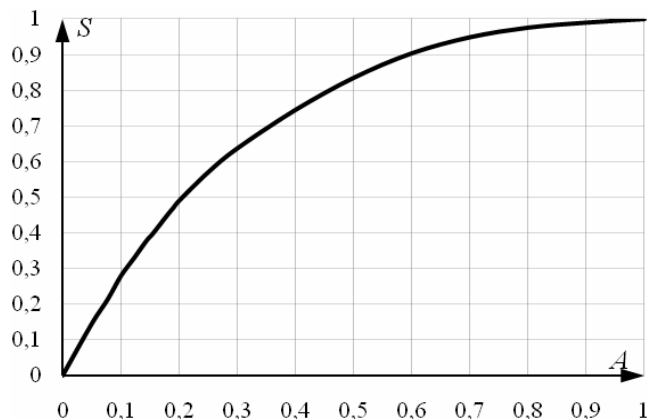


Рис. 2. Залежність між формантною розбірливістю та розбірливістю складів

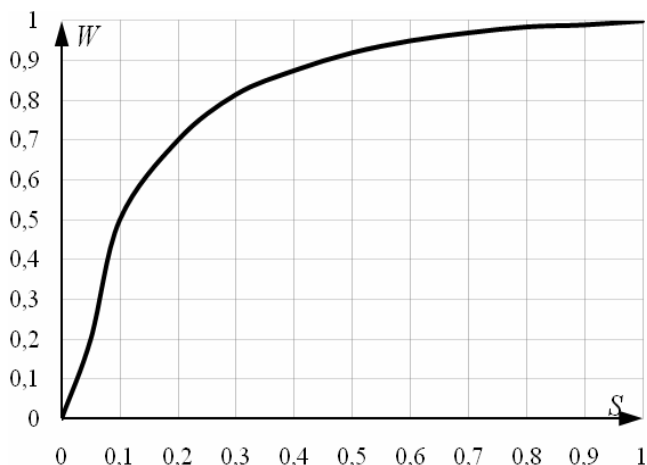


Рис. 3. Залежність між розбірливістю складів та розбірливістю слів

У результаті об'єднання даних, що описують наведені залежності, був отриманий графік, який встановлює зв'язок між формантною розбірливістю та розбірливістю слів (рис. 4).

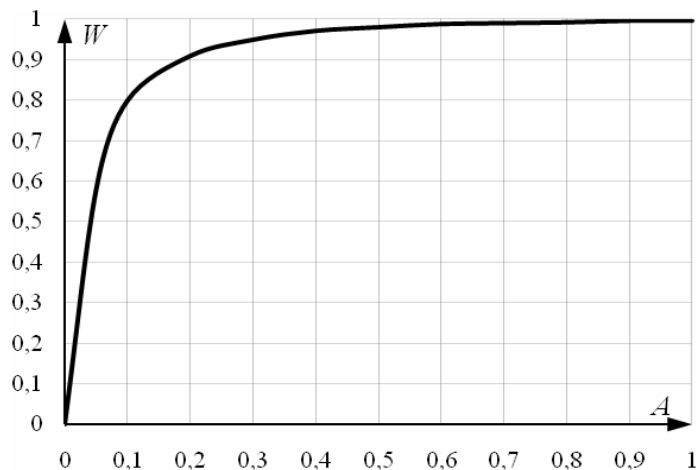


Рис. 4. Залежність між формантною розбірливістю та розбірливістю слів

З метою автоматизації розрахунків було отримано аналітичний вираз, що апроксимує залежність на рис. 4:

$$W = \begin{cases} -72A^3 + 15,2A^2 & \text{при } A \leq 0,1; \\ -1,88A^4 + 5,08A^3 - 5,01A^2 + 2,17A + 0,63 & \text{при } A > 0,1, \end{cases} \quad (3)$$

де W – розбірливість слів;

A – формантна розбірливість.

З метою розрахунку показника розбірливості мовленнєвого повідомлення, що відтворюється радіоприймальним пристроєм поста РМ, – K_R норми якості відтворення мовлення (табл. 2) були зіставлені з оберненою нормованою шкалою [11]. У результаті було отримано відповідну залежність (рис. 5).

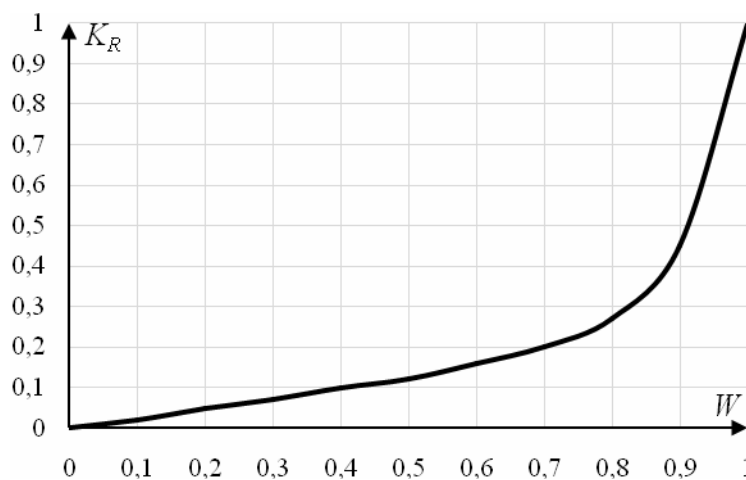


Рис. 5. Залежність між розбірливістю слів та розбірливістю мовленнєвого повідомлення

У результаті апроксимації графіка, зображеного на рис. 5, було отримано аналітичний вираз для обчислення розбірливості мовленнєвого повідомлення:

$$K_R = \begin{cases} 0,2435W^2 + 0,1205W + 0,006 & \text{при } W \leq 0,8; \\ 18,5W^2 - 29,65W + 12,15 & \text{при } W > 0,8. \end{cases} \quad (4)$$

Таким чином, методика оцінювання розбірливості мовлення, що відтворюється радіоприймальним пристроєм поста РМ складається з таких кроків:

- 1) розрахувати значення формантної розбірливості за виразом (1);
- 2) обчислити розбірливість слів за виразом (3);
- 3) за виразом (4) отримати оцінку показника розбірливості мовленнєвого повідомлення, що відтворюється радіоприймальним пристроєм поста РМ.

Висновки. Розроблена методика надає можливість врахувати зміни в умовах приймання радіосигналу, технічному стані радіоприймального пристрою під час функціонування поста РМ, автоматизувати процес оцінювання без застосування спеціалізованого обладнання та участі артикуляційної бригади.

Напрямок подальших досліджень є пошук шляхів та розробка методів підвищення розбірливості мовленнєвих повідомлень за результатами отриманої оцінки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Передача речи по трактам радиотелефонной связи. Требования к разборчивости речи и методы артикуляционных измерений : ГОСТ 16600-72 – М. : Стандартиформ, 2007. – 8 с. – (Межгосударственный стандарт).
2. Покровский Н. Б. Расчет и измерение разборчивости речи / Н. Б. Покровский. – М. : Связьиздат, 1962. – 390 с.
3. Гавриленко А. В. Сопоставление версий формантного метода оценки разборчивости речи / А. В. Гавриленко, В. С. Дидковский, А. Н. Продеус // Электроника и связь : тематический выпуск “Проблемы электроники”. – 2008. – Ч. 1. – С. 227–231.
4. Формантный метод оценки разборчивости речи / А. Н. Продеус, А. В. Гавриленко, В. С. Дидковский, Н. А. Самойленко // Электроника и связь. – 2007. – № 5. – С. 63–70.
5. Гавриленко А. В. Парциальные отношения сигнал-шум в роли критерия, альтернативного разборчивости речи / А. В. Гавриленко, В. С. Дидковский, А. Н. Продеус // Электроника и связь. – 2006. – № 4. – С. 48–53.
6. Алдошина И. А. Четкая речь / И. А. Алдошина // Звукорежиссер : информационно-технический журнал. – 2009. – № 6. – С. 13–18.
7. Дидковский В. С. Сопоставление формантных свойств украинской и русской речи / В. С. Дидковский, А. Н. Продеус // Электроника и связь : тематический выпуск “Электроника и нанотехнологии”. – 2009. – № 4. – Ч. 2. – С. 88–94.
8. Дидковский В. С. О точности измерений функции распределения уровней речевого сигнала / В. С. Дидковский, А. Н. Продеус, Д. П. Рудь // Электроника и связь : тематический выпуск “Электроника и нанотехнологии”. – 2010. – № 3. – С. 152–159.
9. Продеус А. Н. Об измерениях вероятностных характеристик формант украинской и русской речи / А. Н. Продеус // Сб. трудов акустического симпозиума “Консонанс-2009”. – К. : 2009. – С. 285–291.
10. Иофе В. К. Расчетные графики и таблицы по электроакустике / В. К. Иофе, А. А. Янпольский. – М. : Госэнергоиздат, 1954. – 527 с.
11. Воронин А. Н. Многокритериальные решения: модели и методы : монография / А. Н. Воронин, Ю. К. Зиятдинов, М. В. Куклинский. – К. : НАУ, 2011. – 348 с.

Подано 05.02.2015

А. Н. Токарь

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РАЗБОРЧИВОСТИ РЕЧИ, ВОСПРОИЗВОДИМОЙ РАДИОПРИЕМНЫМ УСТРОЙСТВОМ ПОСТА РАДИОМОНИТОРИНГА

В статье предложена методика оценки разборчивости речевых сообщений с применением формантного подхода, который позволяет оценить результативность выполнения аппаратурой поста радиомониторинга заданных функций с учетом конкретных условий ее применения и возможностей человека-оператора.

A. N. Tokar

ASSESSMENT METHODOLOGY INTELLIGIBILITY, REPRODUCIBILITY RADIO RECEIVERS POST RADIOMONITORING

The paper proposes a method of estimating the intelligibility of voice communications using formant approach that allows us to estimate the impact of the implementation of radio monitoring equipment post given function taking into account the specific conditions of its application and capabilities of the human operator.