

КОМП'ЮТЕРНА ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ВОКАЛІЗОВАНИХ ФРИКАТИВНИХ ЗВУКІВ

М. В. Бачинський, канд. техн. наук, доцент;

Л. Є. Дедів, канд. техн. наук, старший викладач;

В. Г. Дозорський, асистент,

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
м. Тернопіль*

Розроблено імітаційну математичну модель вокалізованих фрикативних звуків у вигляді суміші синусоїд з експоненціальним замиканням на характерних часових рівнях. Використовуючи засоби програмного забезпечення Matlab, розроблено програму, що імітує вокалізований фрикативний звук за відомими параметрами стану медичної норми чи патології (амплітуди, часові тривалості) для задачі тестування методів опрацювання таких сигналів у комп'ютерних автоматизованих діагностичних системах.

Ключові слова: вокалізований фрикативний звук, імітаційна модель, математичне моделювання, голосовий апарат, діагностика.

ВСТУП

У працях [1, 2] обґрунтовано необхідність проведення опрацювання для задач медичної діагностики голосового апарату людини класу вокалізованих фрикативних звуків (ВФЗ) як найбільш чутливих до змін у функціональному стані органів цього апарату.

Методи опрацювання сигналів – ВФЗ в автоматизованих діагностичних системах визначаються їх математичною моделлю. На основі методів будуються алгоритми та програмне забезпечення таких діагностичних систем (так звана МАПР-тріада [3]). Однак для тестування методів опрацювання, оцінювання достовірності результатів опрацювання ВФЗ цими методами і відповідно алгоритмів та програмного забезпечення діагностичних систем необхідно розробити імітаційну модель сигналу, яка б враховувала у своїй структурі основні параметри медичної норми та патології стану органів голосового апарату. Тому розроблення імітаційної моделі ВФЗ, яка б давала можливість забезпечити параметричну ідентифікацію методу опрацювання з достовірним відтворенням даних, є актуальною задачею.

МЕТА РОБОТИ

Розробити комп'ютерну імітаційну модель ВФЗ, яка б враховувала у своїй структурі основні параметри медичної норми та патології стану органів голосового апарату та давала можливість проведення параметричної ідентифікації методів опрацювання цих звуків у комп'ютерних діагностичних системах з достовірним відтворенням даних.

ОСНОВНІ ІНФОРМАТИВНІ ОЗНАКИ ВФЗ, ЩО НЕСУТЬ ДІАГНОСТИЧНУ ІНФОРМАЦІЮ

У праці [4] наводяться етапи процесу імітаційного моделювання, при цьому метою окремих етапів є визначення системи (аналіз структури джерела сигналу), формулювання моделі, що передбачає перехід від реальної системи до деякої логічної (абстрагування), підготовка даних (відбір даних, необхідних для побудови моделі і представлення їх у відповідній формі), оцінювання адекватності моделі, експериментування, як процес виконання імітації з метою одержання бажаних результатів і аналізу чутливості, інтерпретація результатів імітаційного моделювання

та реалізація – практичне використання моделі або результатів моделювання.

Першими етапами побудови імітаційної моделі є перехід від реального фізичного об'єкта – ВФЗ – до математичного його представлення, яке повинне враховувати суттєві для задач тестування діагностичних систем характеристики ВФЗ. У загальному вигляді структуру моделі можна представити математично у вигляді виразу [4]:

$$y = f(x_i, k_i),$$

де y – результат роботи системи ВФЗ; x_i – змінні і параметри, якими можна керувати; k_i – змінні і параметри, якими керувати не можна; f – функціональна залежність між x_i та k_i , що визначає величину y .

Для визначення параметрів x_i , k_i та функціональної залежності між ними розглянемо механізм творення ВФЗ з метою виділення інформативно важливих для задач медичної діагностики характеристик, що повинні бути втілені в імітаційній моделі таких сигналів.

При творенні голосових сигналів ВФЗ в потоці видихуваного повітря (рис. 1, (1)) джерело сигналу формує звуковий сигнал із характерною повторюваністю – основним тоном (рис. 1, (3)), що генерується голосовими складками, які збуджуються квазіперіодичною послідовністю нервових імпульсів $p(t)$ (рис. 1, (2), рис. 2). Артикуляційний апарат, що апроксимується набором резонаторів із змінною та постійною частотою або смугових фільтрів, формує фонетичну структуру сигналу $x(t)$ (рис. 1, (4), рис. 2).

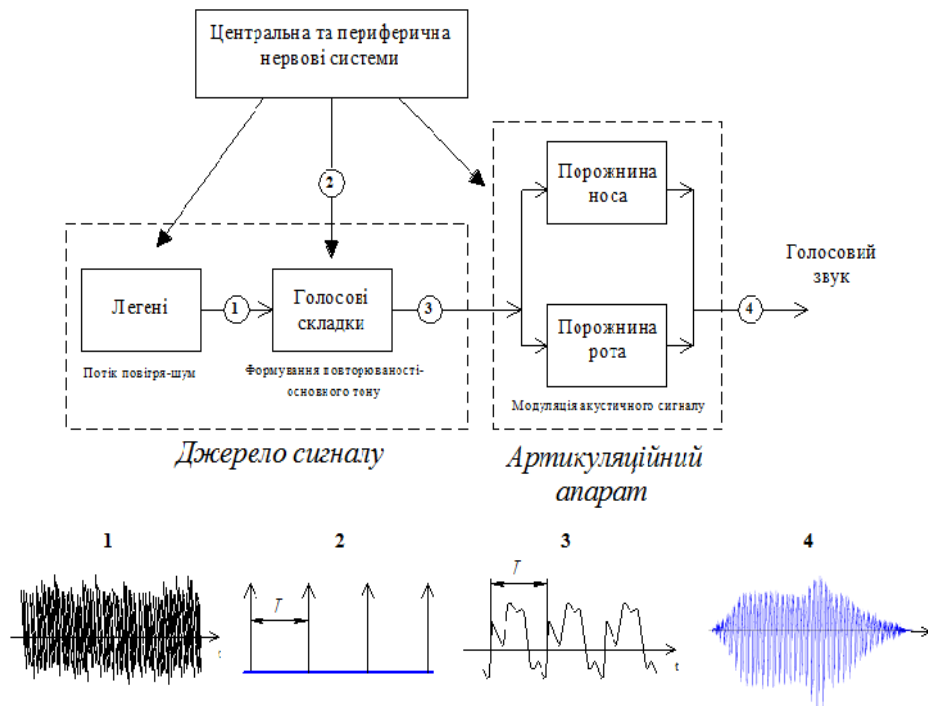


Рисунок 1 – Процес творення вокалізованих фрикативних звуків

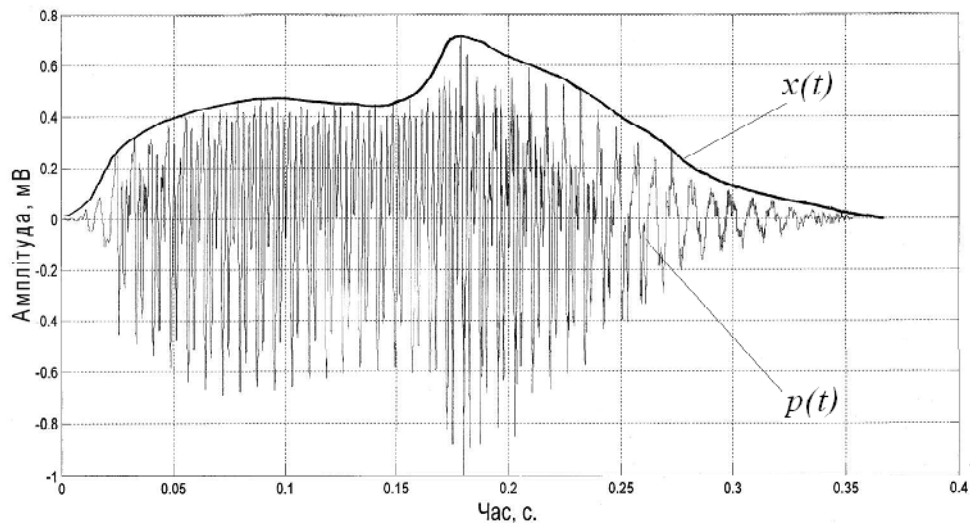


Рисунок 2 – Вокалізований фрикативний звук як результат процесу голосотворення

Таким чином, голосовий сигнал $y(t)$ можна зобразити як імпульс амплітудно модульованого акустичного сигналу у вигляді виразу (1):

$$y(t) = p(t) \cdot x(t), \quad t \in [0, \tau_{имп}], \quad (1)$$

де $y(t)$ – голосовий сигнал – повідомлення; $p(t)$ – несучий сигнал, що характеризує роботу джерела сигналу; $x(t)$ – обвідна сигналу – ВФЗ у часовій області, що характеризує поведінку органів артикуляційного апарату в часі; $\tau_{имп}$ – тривалість імпульсу (тривалість сигналу).

Патологічні зміни органів джерела сигналу будуть проявлятися у зміні часових та енергетичних характеристик несучого сигналу. Аналогічним чином порушення роботи артикуляційного апарату буде проявлятися у зміні відповідних характеристик обвідної сигналу.

Аналіз обвідної та несучої ВФЗ у часовій, частотній, частотно-часовій областях дасть можливість оцінити роботу джерела сигналу та артикуляційного апарату в цілому і його органів зокрема.

Для визначення часових та амплітудних характеристик обвідної та несучої сигналу ВФЗ [4] проведено їх виділення з використанням методу, що описаний у праці [5], та засобів пакета прикладних програм Matlab. Графіки обвідної та вибірки із несучої сигналу наведено на рис. 3.

Оскільки основними інформаційними параметрами ВФЗ є енергетичні та часові характеристики його обвідної та несучої, як це видно з рис. 3, то математична модель повинна враховувати ці параметри. На певних інтервалах несуча ВФЗ веде себе як суміш синусоїд з експоненціальними замиканнями на цих інтервалах (рис. 3 б). Характерні точки та амплітуди несучої ВФЗ в межах одного періоду наведено на рис. 4.

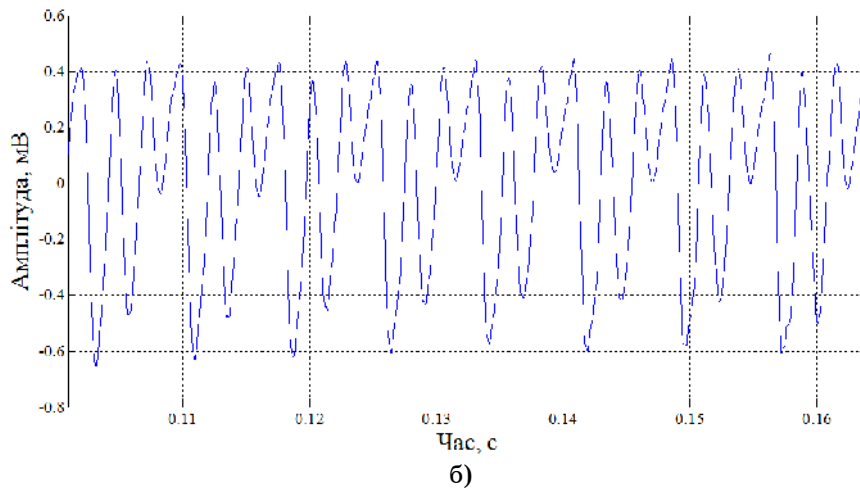
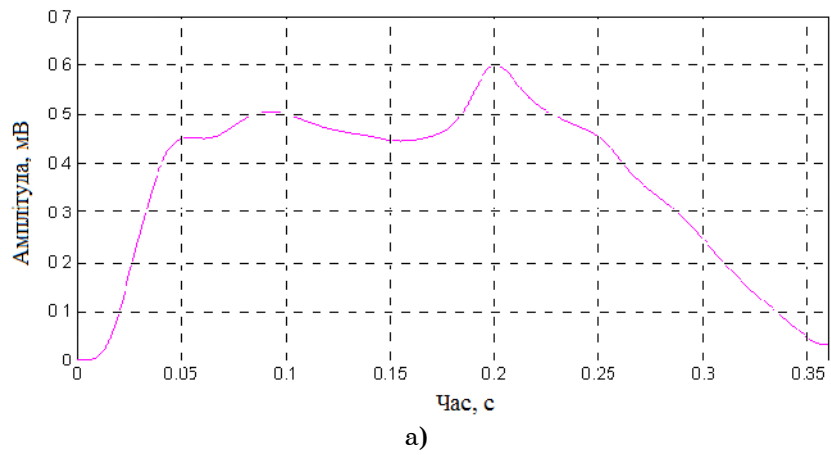


Рисунок 3 – Вигляд обвідної (а) та вибірки з несучої (б) сигналу ВФЗ [л]

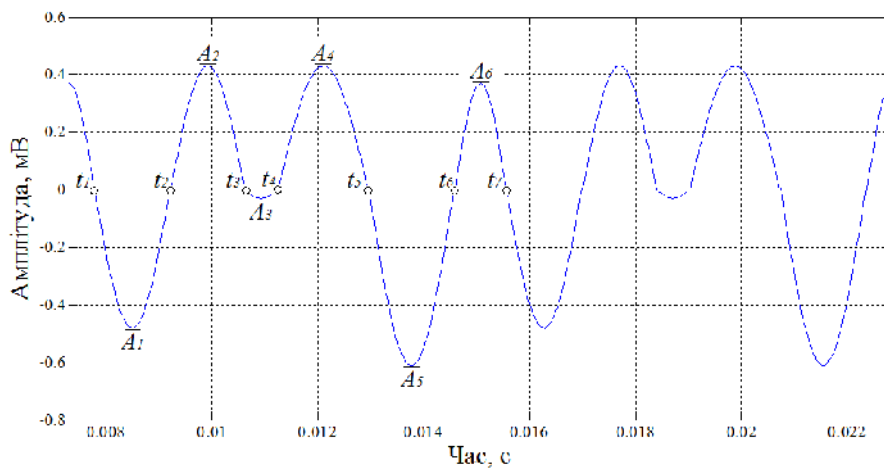


Рисунок 4 – Характерні точки та амплітуди несучої ВФЗ у межах одного періоду

l, u – номер відліку відповідно несучої та обвідної ВФЗ;
 ξ_A – випадкова величина амплітуди несучої хвилі сигналу ВФЗ, розподілена за нормальним законом, яка є показником відхилення;
 ξ_B – випадкова величина амплітуди хвилі обвідної, розподілена за нормальним законом, яка є показником відхилення;
 ξ_T – випадкова величина часової тривалості хвилі, розподілена за нормальним законом.

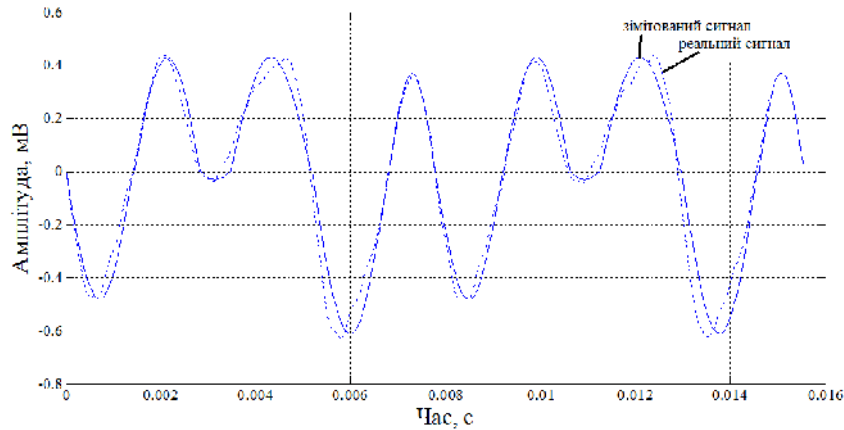


Рисунок 5 – Порівняння вибірок з несучої реального та зімтованого сигналів ВФЗ тривалістю 2 періоди

Об'єднаємо вирази (4) та (5) в один, який і буде виразом імітаційної моделі сигналу ВФЗ:

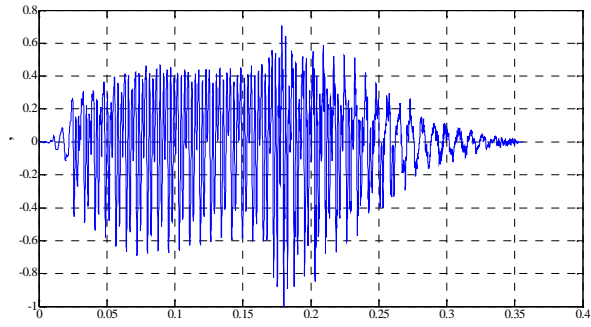
$$y_{ji}(u\Delta t) = p_j(l\Delta t) \cdot x_i(u\Delta t). \quad (6)$$

Використовуючи вирази (4)-(6), було отримано результати комп'ютерного імітаційного моделювання ВФЗ з різними амплітудами та тривалостями в межах норми, які реалізовано у вигляді програми в середовищі Matlab 7.0 та наведено на рис. 6.

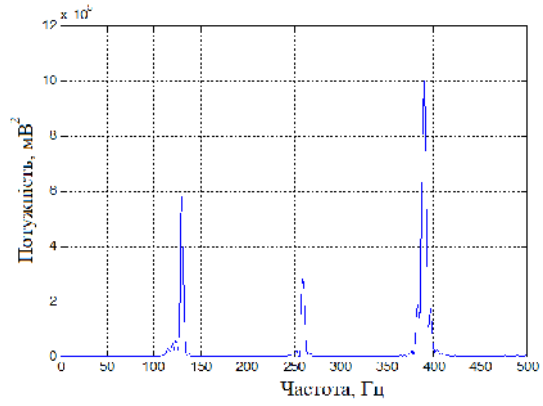
З рис. 6 видно, що часові реалізації реального та зімтованого сигналів ВФЗ є подібними, а співвідношення між максимумами в розподілах спектральної густини потужності сигналів, що називаються формантами, зберігаються, що свідчить про придатність розробленої імітаційної моделі для тестування комп'ютерних діагностичних систем, які базуються на методах формантного та імовірнісного аналізу голосових сигналів, оскільки значення імовірнісних характеристик змодельованого сигналу є наперед відомі та закладені в моделі.

ВИСНОВКИ

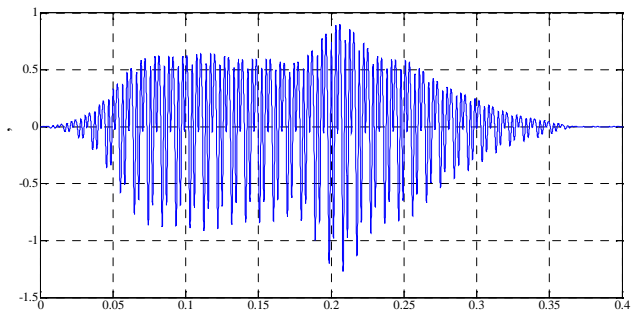
Розроблена імітаційна модель ВФЗ у вигляді суміші синусоїд з експоненційним замиканням на характерних часових рівнях дає можливість за відомими медичними параметрами моделювати сигнали патологій і норм. Використовуючи засоби програмного забезпечення Matlab, реалізовано програму, що імітує такі сигнали.



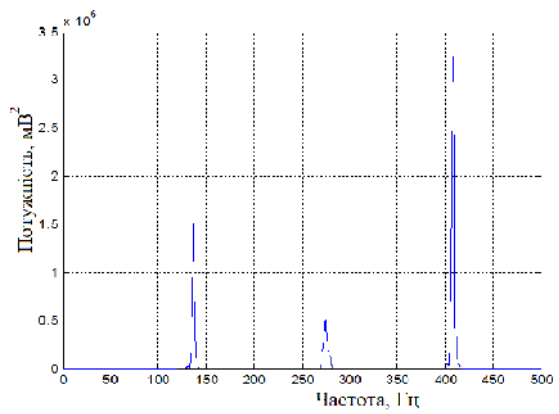
а)



б)



в)



г)

Рисунок 6 – Реалізації та оцінки спектральної густини потужності
реального (а, б) та зімітованого сигналу ВФЗ (в, г)

SUMMARY

COMPUTER SIMULATION MODEL OF VOKALIZED FRICATIVE SOUNDS

M. Bachynsky, L. Dediv, V. Dozorsk,
Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ternopil

A simulation mathematical model of vocalized fricative sounds as a mixture of sinusoids with exponential attenuation on specific time levels is ground. A program of simulation of vocalized fricative sounds on known parameters of medical norms or pathologies (amplitude, time duration) using software tools Matlab is ground for the problem of testing methods for processing these signals in a computer automated diagnostic systems.

Key words: *vocalized fricative sounds, simulation model, mathematical modeling, a voice apparatus, diagnostics*

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дозорський В. Модель акустичного сигналу для виявлення порушень стану дихальної системи та голосового апарату як частковий випадок стохастичної коливної системи / Н. Джичка, І. Дедів, В. Дозорський, Я. Драган // Вісник Національного університету "Львівська політехніка" "Комп'ютерні науки та інформаційні технології". – 2011. – № 710. – С. 155-159.
2. Дозорський В. Метод опрацювання фрикативних звуків для діагностики захворювань органів голосового апарату на ранніх стадіях / Я. Драган, В. Дозорський // Вісник Національного університету "Львівська політехніка" "Комп'ютерні науки та інформаційні технології". – 2011. – № 694. – С. 376-382.
3. Dragan Ya. P. Energetic concept in the theory of nonstationary stochastic signals: representations, transformations, statistical estimations // Latvian signal processing international conference: Proc. V.1 – Riga: Zinatne, 1990. – P.32-36.
4. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука; пер. с англ. / Р. Шеннон. – М.: Мир, 1978. – 421 с.
5. Голубинский А. Н. К вопросу о выделении модулирующего колебания из огибающей речевого сигнала / А. Н. Голубинский, О. М. Булгаков // Вестник Воронежского института МВД России. – 2009. – № 4. – С. 108-116.

Надійшла до редакції 22 березня 2012 р.