

## КОМП'ЮТЕРНА ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ СИГНАЛУ ДИХАЛЬНОГО ШУМУ

**І. Ю. Дедів, асистент,**

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

*E-mail: dediv@ukr.net*

*Розроблено імітаційну математичну модель дихальних шумів у вигляді шуму, амплітудно модульованого сумішшю синусоїд з експоненційними зниканнями на характерних часових інтервалах. Використовуючи засоби програмного забезпечення Matlab, розроблено програму, яка імітує сигнал дихального шуму за відомими параметрами стану медичної норми чи патології (амплітуди, часові тривалості) для задачі тестування методів опрацювання таких сигналів у комп'ютерних автоматизованих аускультатичних системах.*

**Ключові слова:** *дихальний шум, імітаційна модель, математичне моделювання, діагностика.*

### ВСТУП

Порушення роботи дихальної системи проявляється у зміні функціонального стану її органів, що відображується в сигналах – дихальних шумах (ДШ), належне опрацювання яких дасть змогу виділити інформативні ознаки таких сигналів, що будуть індикаторами змін у функціональному стані органів дихальної системи.

Методи опрацювання ДШ в медичних діагностичних системах визначаються їх математичною моделлю. На основі методів будуються алгоритми та програмне забезпечення таких діагностичних систем (так звана МАПР-тріада [1]). Однак для тестування методів опрацювання, оцінювання достовірності результатів опрацювання ДШ 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 дихальної системи. Тому розроблення імітаційної моделі ДШ, яка би давала можливість забезпечити параметричну ідентифікацію методу опрацювання з достовірним відтворенням даних, є актуальним завданням.

### МЕТА РОБОТИ

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

### ОСНОВНІ ІНФОРМАТИВНІ ОЗНАКИ ДШ, ЩО НЕСУТЬ ДІАГНОСТИЧНУ ІНФОРМАЦІЮ

У праці [2] 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 схеми (абстрагування), підготовки даних (відбір даних, необхідних для побудови моделі і подання 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 – ДШ до математичного його подання, яке повинне враховувати істотні для задач тестування діагностичних систем характеристики ДШ. В загальному вигляді структуру моделі можна подати математично у вигляді виразу [2]:

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

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

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

Дихальна система містить у собі повітроносні шляхи і респіраторний відділ [3; 4]. Результатом роботи дихальної системи є ДШ, який розглядається як потік видихуваного повітря, модульований коливаннями грудної клітки. На рис. 1 наведено реалізацію реєстрограми ДШ, що відображає 10 актів дихання.

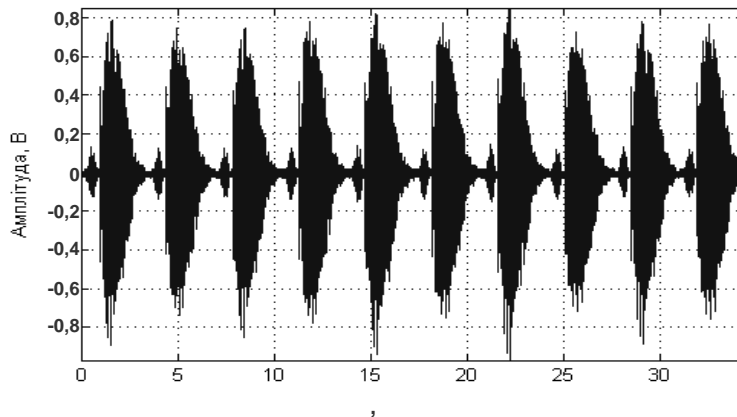


Рисунок 1 – Реалізація реєстрограми ДШ

Ураховуючи вище сказане, ДШ можна розглядати як акустичний амплітудно модульований сигнал, що описується виразом 1, в якому несучою є власне шум, а обвідною є сигнал, що характеризує дихальні рухи грудної клітки, внаслідок чого і забезпечується амплітудна модуляція шуму:

$$\xi(t) = s(t) \cdot n(t), \quad (1)$$

де  $\xi(t)$  – сигнал ДШ;  $s(t)$  – обвідна сигналу;  $n(t)$  – несуча сигналу.

На рис. 2 наведено приклад реєстрограми ДШ, що описує один дихальний акт, на якій додатково показано несучу та обвідну ДШ.

Оскільки основними інформаційними параметрами ДШ є енергетичні та часові характеристики його обвідної та несучої, то математична модель має враховувати ці параметри. Як несучу ДШ, враховуючи спосіб творення таких сигналів, прийнято білий гауссівський шум.

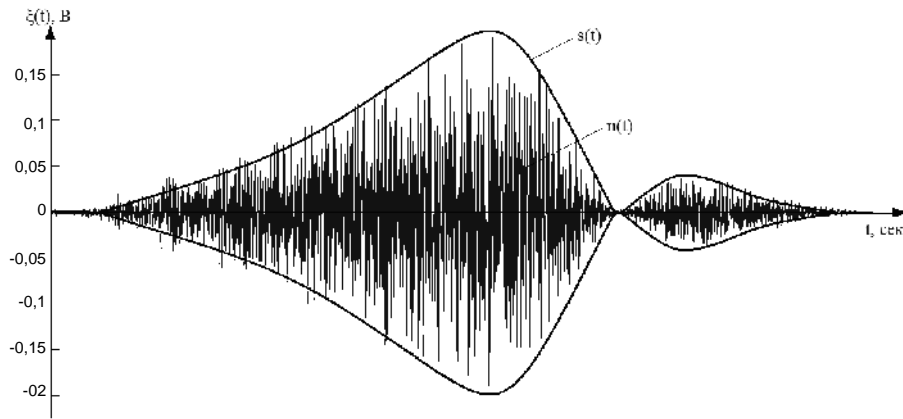


Рисунок 2 – Часова структура ДШ

З рис. 2 бачимо, що на певних інтервалах обвідна ДШ веде себе як суміш синусоїд з експоненційними зниканнями на цих інтервалах (рис. 3).

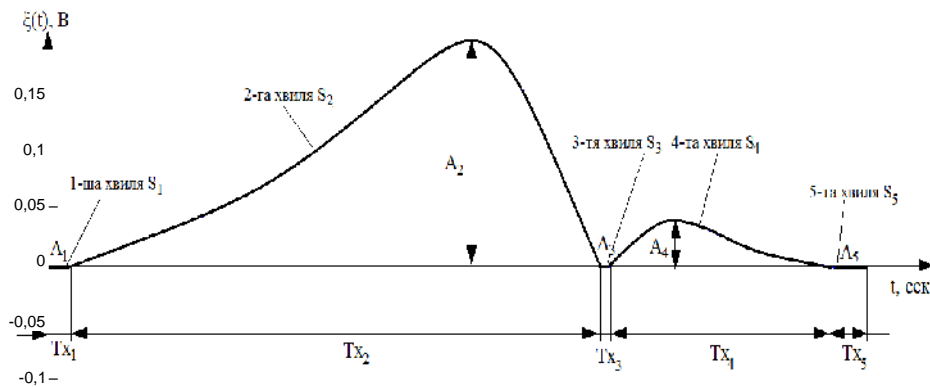


Рисунок 3 – Характеристики обвідної ДШ

### ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ДШ

Враховуючи вище сказане, імітаційна модель ДШ повинна описувати процес амплітудної модуляції білого гауссівського шуму сигналом, що являє собою суміш синусоїд з експоненційними зниканнями на характерних часових інтервалах (рис. 2, 3). Також необхідно зазначити, що імітаційна модель повинна містити певну випадковість значень сигналу, що є характерним для біосигналів, та випадковість, яка відображає форми порушення роботи органів дихальної системи та має бути відображена у структурі обвідної ДШ. Для випадку дискретного сигналу ДШ його імітаційну модель побудовано у вигляді виразу

$$\xi(i\Delta t) = s_{\text{обвідна}}(i\Delta t) \cdot n(i\Delta t) \cdot k, \quad i \in \mathbf{R}, \quad (2)$$

де  $n(i\Delta t)$  - білий гауссівський шум;  $k$  - коефіцієнт нормування за амплітудою;  $s_{\text{обвідна}}(i\Delta t)$  - обвідна ДШ (рис. 2):

$$s_{\text{обвїдна}}(i\Delta t) = \sum_{j=1}^M \chi_{D_j}(n\Delta t) s_j(i\Delta t + kN_T), \quad (3)$$

де  $s_j(i\Delta t)$  -  $j$ -та хвиля обвїдної ДШ (рис. 2):

$$s_j(i\Delta t) = A_j \cdot \sin\left(2 \cdot \pi \cdot \left(t + \psi_{T_j}\right) \cdot f_j\right) \cdot e^{-t \cdot K_j} \cdot S_j + \psi_{A_j}, \quad (4)$$

$$i\Delta t \in [0; N_{Tx_j}], j = 1, 2, 3, \dots, M$$

де  $\chi_{D_j}(i\Delta t) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } i\Delta t \in D_j \\ 0, & \text{якщо } i\Delta t \notin D_j \end{cases}$  - індикаторна функція;  $D_j = [N_{Tx_{j-1}}, N_{Tx_j}]$ ,  $Tx_0 = 0$ ;  $j$  - номер хвилі,  $j=1, 2, 3, \dots, m$ ;  $Tx_j$  - період  $j$ -ї хвилі;  $A_j$  - амплітуда  $j$ -ї хвилі;  $f_j$  - частоти коливань синусоїд (у даному випадку для півперіоду);  $K_j$  - коефіцієнти нахилу  $j$ -ї хвилі;  $S_j$  - масштабні коефіцієнти для  $j$ -ї хвилі;  $\psi_{A_j} = \text{rnd}(M\{A\}, D\{A\})$  і  $\psi_{T_j} = \text{rnd}(M\{T\}, D\{T\})$  - випадкові величини для амплітуд та тривалостей часових  $j$ -ї хвилі, розподілених за нормальних законом із математичним сподіванням  $M\{A\} = M(Tx_j) = 0$  та дисперсіями  $D\{A_j\}$ ,  $D(Tx_j)$ .

На рис. 8 наведено реалізацію зімітованого ДШ у середовищі MATLAB 7.0.

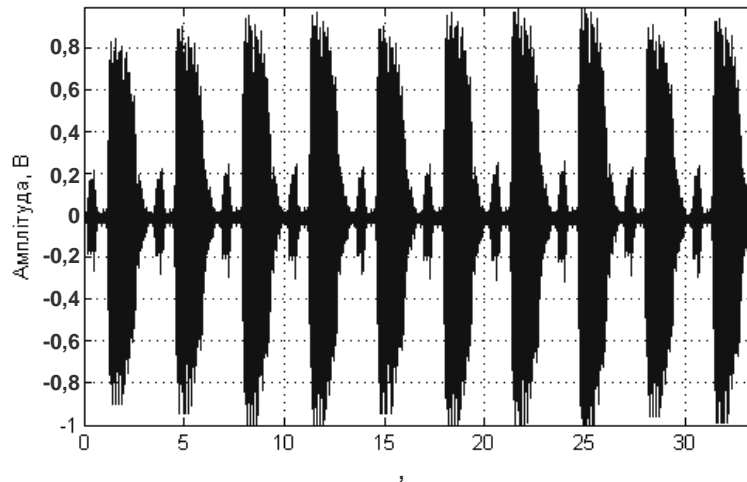


Рисунок 4 – Реалізація зімітованого ДШ

Із рис. 6 бачимо, що часові реалізації реального (рис. 1) та зімітованого сигналу (рис. 4) – ДШ є подібними, а сама імітаційна модель має можливість задання значень основних характеристик сигналу ДШ для випадку стану медичної норми чи патології, що свідчить про придатність розробленої імітаційної моделі для тестування комп'ютерних діагностичних систем.

## ВИСНОВКИ

Розроблена імітаційна модель ДШ у вигляді шуму, амплітудно модульованого сигналом – сумішшю синусоїд з експоненційними затуханнями на характерних часових інтервалах, дає можливість за відомими медичними параметрами моделювати сигнали патологій і норм. Використовуючи засоби програмного забезпечення Matlab, реалізовано програму, яка імітує такі сигнали.

### COMPUTER SIMULATION MODEL OF RESPIRATORY SIGNAL NOISE

**I. Dediv,**

*Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ternopil, Ukraine*

*A simulation mathematical model of respiratory noise as a noise, which is amplitude modulated by the mixture of sinusoids with exponential attenuation on specific time levels, is grounded. A program of simulation of a respiratory signal noise by the known parameters of medical norms or pathologies (amplitude, time duration) using software tools of Matlab is grounded for the problem of testing of methods for processing these signals in a computer automated auscultatory systems.*

**Key words:** *respiratory noise, simulation model, mathematical modeling, diagnostics.*

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Dragan Ya.P. Energetic concept in the theory of nonstationary stochastic signals: representations, transformations, statistical estimations // Latvian signal processing international conference: Proc. Vol. 1. – Riga : Zinatne, 1990. – P. 32 -36.
2. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука : пер. с англ. / Р. Шеннон. – М. : Мир, 1978. – 421 с.
3. Вовк И. В. Проблемы моделирования акустических свойств грудной клетки и измерения шумов дыхания / И. В. Вовк, В. Т. Гринченко, В. Н. Олейник // Акуст. журн. - 1995. - Т. 41, № 5. - С. 758–768.
4. Килин А. С. Характеристики шумов форсированного выдоха человека в норме / А. С. Килин, В. И. Коренбаум, Ю. В. Кулаков, А. А. Тагильцев // Физиология человека. -1999. - Т. 25, № 3. - С. 128–130.

*Надійшла до редакції 2 жовтня 2012 р.*