

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ  
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА  
ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ  
КАФЕДРА БІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

**Бабій Олександр Ігорович**

*УДК 612.7:519.218*

**ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ГОЛОСОВИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ  
ТЕСТУВАННЯ СИСТЕМ КОРЕКЦІЇ ЗВУКОВИМОВИ**

163 – Біомедична інженерія

**Автореферат**

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль – 2018

Роботу виконано на кафедрі біотехнічних систем Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

**Керівник роботи:** кандидат технічних наук,  
доцент кафедри біотехнічних систем  
**Дедів Леонід Євгенович,**  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя,

**Рецензент:**

Захист відбудеться 27 грудня 2018 р. о 10<sup>00</sup> годині на засіданні екзаменаційної комісії №22 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Текстильна, 28, навчальний корпус №9, ауд. 9-507.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність роботи.** За даними Міністерства охорони здоров'я України та Всесвітньої організації охорони здоров'я щорічно спостерігається тенденція до зростання числа людей із захворюваннями органів голосового апарату. Дедалі більшого поширення набуває метод оцінювання стану голосового апарату та змін у його функціонуванні за голосовими сигналами.

Поширеними в області медичної діагностики є комп'ютерні діагностичні системи, які проводять відбір та опрацювання голосових сигналів з метою виявлення змін у їх структурі, які є основою для постановлення діагнозу про стан голосового апарату лікарем. Так, відомими є такі системи, як SpeechViewer-III фірми IBM, апаратно-програмні комплекси серії Дельфа (Росія), ПОЛІФОНАТОР ПФ-03-ВІДЕО+ («Вабос», Україна). Методи опрацювання голосових сигналів в цих діагностичних системах визначаються їх математичною моделлю. На основі методів будуються алгоритми та програмне забезпечення таких діагностичних систем. Однак, для тестування методів опрацювання, оцінювання достовірності результатів опрацювання голосових сигналів 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 голосового сигналу, яка би давала можливість забезпечити параметричну ідентифікацію методу опрацювання є актуальною задачею.

**Мета і задачі дослідження.** Метою дослідження є побудова імітаційної моделі голосового сигналу, яка була би адекватною фізичній природі сигналу та враховувала у своїй структурі параметри медичної норми та патології голосового апарату для потреб тестування алгоритмів роботи комп'ютерних діагностичних систем. Досягнення цієї мети вимагає розв'язання таких задач:

1. Провести аналіз відомих комп'ютерних систем, що використовуються в області медичної діагностики, з метою вибору напрямку наукового дослідження.
2. Провести аналіз голосового сигналу з метою виділення характеристик, які повинна включати у своїй структурі імітаційна модель
3. Провести аналіз математичних моделей голосового сигналу, які межать в основі роботи програмного забезпечення комп'ютерних діагностичних систем, для уточнення типу імітаційної моделі (детермінований, стохастичний);
4. Провести процес комп'ютерного імітаційного моделювання голосового сигналу в стані медичної норми.
5. Провести верифікацію імітаційної моделі шляхом порівняння результатів імітаційного моделювання з експериментальними даними.

*Об'єктом дослідження* є процес комп'ютерного імітаційного моделювання голосового сигналу.

*Предметом дослідження* є імітаційна модель голосового сигналу.

**Наукова новизна отриманих результатів.** Вперше розроблено комп'ютерну імітаційну модель голосового сигналу у вигляді суміші синусоїд з експоненційним зниканням на характерних часових рівнях із випадковими значеннями амплітуд та їх тривалостей, яка дає змогу за відомими медичними параметрами моделювати сигнали норми та патології голосового апарату із високою вірогідністю відтворення і врахуванням у собі поєднання властивостей повторності із випадковістю.

**Практичне значення одержаних результатів.** Одержані результати можуть бути використані при проектуванні та наступному тестуванні систем корекції звуковимови.

**Публікації.** За матеріалами кваліфікаційної роботи магістра опубліковано тези доповідей на VII міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» ТНТУ ім. І. Пулюя, 2018 рік.

**Структура та обсяг.** Дипломна робота складається із вступу, восьми розділів, висновку, викладених на 123 сторінках, списку використаних джерел з 27 назв на 3 сторінках, додатків на 4 сторінках. Загальний обсяг роботи становить 131 сторінок.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми роботи, сформульовано мету і задачі дослідження, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, показано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, розкрито питання апробації результатів роботи на конференціях і семінарах.

**У першому розділі** «Комп'ютерні системи опрацювання голосових сигналів в медицині» встановлено, що голосовий сигнал, як результат роботи голосового апарату, є кінцевим акустичним продуктом довільних формалізованих рухів дихальних і жувальних органів. В медицині опрацювання голосових сигналів проводиться для діагностування порушень в роботі голосового апарату та для корекції неправильної звуковимови при наявності таких порушень.

Практично всі комп'ютерні системи, що використовуються в процесі діагностування порушень та корекції звуковимови, призначене для відбору, попередньої обробки та візуалізації голосових сигналів, що забезпечує стійкий зворотний зв'язок між голосовою і мовною системами людини.

Системи візуалізації голосових сигналів забезпечує їх опрацювання (часовий, спектральний, спектрально-часовий аналіз), результати якого відображаються на екрані комп'ютера.

Для тестування методів опрацювання, оцінювання достовірності результатів опрацювання голосових сигналів цими методами і, відповідно, алгоритмів та програмного забезпечення комп'ютерних систем, необхідно розробити тестові сигнали, які враховували б у своїй структурі особливості норми та порушень у роботі голосового апарату.

Для побудови тестових сигналів необхідним є розроблення імітаційної моделі голосового сигналу для забезпечення параметричної ідентифікації методу його опрацювання, що використовується в конкретній медичній комп'ютерній системі, з достовірним відтворенням даних.

**У другому розділі** «Математичні моделі голосового сигналу» зробити наступні висновки: голосовий сигнал є акустичним сигналом з характерною повторюваністю – основним тоном, який є результатом роботи голосових зв'язок. Такий сигнал можна розуміти як амплітудно-модульоване коливання; голосовий сигнал можна описати як детермінований процес у вигляді періодичного чи майже періодичного амплітудно модульованого коливання, випадковий процес у вигляді стаціонарного випадкового процесу або засобами енергетичної теорії стохастичних сигналів; Адекватна задачам тестування комп'ютерних систем імітаційна модель голосових сигналів повинна враховувати у своїй структурі характеристики, що визначаються розглянутими моделями, а саме, повторюваність (періодичність чи майже періодичність) та наявність стохастичної складової.

**У третьому розділі** «Побудова імітаційної моделі» проведено аналіз основних етапів побудови імітаційної моделі голосових сигналів. Для визначення вихідних параметрів сигналів для побудови моделі необхідно провести відбір та реєстрацію голосових сигналів від пацієнтів.

Розглянуто технічні вимоги, яким повинна відповідати система реєстрації голосових сигналів.

Проведено відбір голосових сигналів [а], [н], [л] та [п] з допомогою розглянутої системи з метою виділення параметрів їх амплітуд та часових тривалостей для побудови імітаційної моделі

**У четвертому розділі** «Імітаційне моделювання голосових сигналів» проведено виділення згинаючої голосового сигналу [н] та виділено параметри часових тривалостей та амплітуд обвідної та несучої голосового сигналу при поданні його як амплітудно модульованої суміші синусоїд.

Проведено імітацію обвідної та несучої голосового сигналу та зімітовано голосовий сигнал із додаванням випадкової складової до значень часових тривалостей та амплітуд сигналу.

Проведено верифікацію розробленої імітаційної моделі голосового сигналу шляхом порівняння результатів імітації з експериментальними даними.

**У п'ятому розділі** «Спеціальна частина» описано методику проведення медико-біологічних досліджень та проведено обґрунтування вибору УДК напряму наукового дослідження.

**У шостому розділі** «Обґрунтування економічної ефективності» на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних встановлено, що планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі становить 39167,41 грн., а кількісна оцінка науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи, яка здійснюються експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначається як середньоарифметичне, що складає 0,685 від максимального числа 1, а рекомендації по результатам виконання НДР можуть бути сформульовані після ретельного аналізу отриманих результатів.

**У сьомому розділі** «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» розглянуто вимоги охорони праці під час роботи з персональним комп'ютером. Дії персоналу підприємства при виникненні надзвичайних ситуацій. Надзвичайні ситуації природного характеру. Геологічні ситуації. Долікарську допомогу при задусі, утопленні, заваленні землею.

У восьмому розділі «Екологія» розглянуто питання актуальності охорони навколишнього середовища, електромагнітне забруднення довкілля, його вплив на людину, захист від впливу електромагнітних полів.

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі магістра розв'язано актуальну наукову задачу розроблення імітаційної моделі для тестування комп'ютерних систем з аналізу голосового сигналу.

При цьому отримано такі результати:

1. У результаті проведеного огляду медичних комп'ютерних систем з опрацювання голосових сигналів встановлено, що для тестування алгоритмів та програмного забезпечення цих діагностичних систем, необхідно розробити імітаційну модель сигналу, яка б враховувала у своїй структурі основні параметри медичної норми та патології стану голосового апарату і була адекватною фізичній природі голосового сигналу.

2. Аналіз роботи голосового апарату показав, що голосовий сигнал можна подавати як амплітудно модульоване акустичне коливання, в якому несуча сигнал характеризує поведінку органів джерела сигналу а обвідна – органів артикуляційного апарату.

3. Аналіз математичних моделей голосового сигналу, що лежать в основі програмного забезпечення розглянутих медичних комп'ютерних систем показав, що імітаційна модель голосового сигналу повинна враховувати у своїй структурі повторюваність та випадковість.

4. Розроблено комп'ютерну імітаційну модель на основі амплітудно модульованої суміші синусоїд з експонентційним зниканням на характерних часових рівнях із випадковими значеннями амплітуд та їх тривалостей. Розроблена модель дає змогу за відомими медичними параметрами моделювати сигнали патологій і норм із високою вірогідністю відтворення і врахуванням у собі поєднання властивостей повторності із випадковістю.

5. Проведено комп'ютерне імітаційне моделювання голосового сигналу та верифікацію імітаційної моделі шляхом порівняння результатів імітаційного моделювання з експериментальними даними. Результати показали відповідність між зімітованим та реальним сигналами.

## ПЕРЕЛІК ПРАЦЬ

1. Бабій. О.І. Імітаційна модель голосових сигналів для тестування медичних діагностичних систем / О.І. Бабій, М.О. Висоцький, Д.О. Никорук, Л.Є. Дедів, // Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль 28-29 листопада 2018 року. – Т2.: ТНТУ, 2018. – С. 5.

## АНОТАЦІЯ

Бабій О.І. Імітаційна модель голосових сигналів для тестування систем корекції звуковимови. – Рукопис. Кваліфікаційна робота магістра, Тернопільський національний технічний університети імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2018.

Кваліфікаційну роботу магістра присвячено розробленню імітаційної моделі голосового сигналу для тестування методів його опрацювання, що лежать в основі створення програмного забезпечення медичних комп'ютерних діагностичних систем. У магістерській роботі запропоновано імітаційну модель на основі амплітудно модульованої суміші синусоїд з експонентційним зниканням на характерних часових рівнях із випадковими значеннями амплітуд та їх тривалостей.

Розроблена модель дає змогу по відомих медичних параметрах моделювати сигнали патологій і норм із високою вірогідністю відтворення і врахуванням у собі поєднання властивостей повторності із випадковості.

Ключові слова: імітаційна модель, математичне моделювання, голосовий сигнал, система корекції звуковимови.

## ANNOTATION

Babiy O.I. The voice signals simulation model for the sound correcting systems testing. - Manuscript. Qualifying Work, Ivan Puluj Ternopil National Technical University, Ternopil, 2018.

The qualifying work is devoted to development of a imitation model of the voice signal for testing of the methods of its processing that underlie the creation of computer software medical diagnostic systems. The simulation model is based on amplitude modulated sinusoids mixture of exponential attenuation at specific time levels with random values of the amplitudes and durations.

The worked out model enables to design the signals of pathologies and norms with high authenticity of recreation and account in itself of combination of properties of repeated from a chance on the known medical parameters.

Keywords: imitation model, mathematical modeling, voice signal, voice correction system.