

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

**Іскра Андрій Валерійович**

*УДК 612.7:519.218*

**МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ЧАСТОТИ ОСНОВНОГО ТОНУ  
ДЛЯ МЕДИЧНИХ ДІАГНОСТИЧНИХ СИСТЕМ**

163 – Біомедична інженерія

**Автореферат**

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль – 2019

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:** кандидат технічних наук,  
доцент кафедри приладів і  
контрольно-вимірювальних систем  
**Стрембіцький Михайло Олексійович,**  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 26 грудня 2019 р. о 10<sup>00</sup> годині на засіданні екзаменаційної комісії №23 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.** Відомою є задача медичної діагностики стану органів голосового апарату за результатами належного опрацювання голосових сигналів методами, які визначаються адекватною фізичній природі таких сигналів та поставленій задачі математичною моделлю голосових сигналів. Проводиться обґрунтування вибору математичної моделі голосових сигналів, зокрема вокалізованих фрикативних звуків, у вигляді періодично корельованого випадкового процесу. При цьому проводиться опрацювання голосових сигналів синфазним методом, необхідність та коректність застосування якого визначається математичною моделлю таких сигналів у вигляді періодично корельованого випадкового процесу. На першому етапі застосування синфазного методу опрацювання голосових сигналів проводиться обчислення оцінок стаціонарних компонент шляхом формування вибірок значень окремої реалізації голосового сигналу, взятих через період корельованості. При цьому необхідно знати інтервал існування та наближене значення періоду корельованості сигналу.

Припущено, що значення періоду корельованості буде близьким або рівним значенню періоду основного тону (ПОТ), і відповідно задача пошуку періоду корельованості зведеться до задачі визначення ПОТ. Найпростішим методом знаходження ПОТ є піковий метод, що ґрунтується на оцінюванні часової структури голосового сигналу. Також, відомим є кепстральний метод обчислення основного тону. Відомим є метод визначення ПОТ, що ґрунтується на принципах лінійного передбачення. Однак, розглянутим методам притаманні недоліки, зокрема низька точність значення ПОТ.

Найпоширенішим методом знаходження ПОТ є автокореляційний. Початкова оцінка ПОТ визначається місцезнаходженням максимального значення автокореляції в межах визначеного інтервалу. Однак відомо, що на точність обчислення ПОТ за автокореляційною функцією можуть впливати обертони, присутні в сигналі, та гармоніки з вищою амплітудою.

В дослідженнях проводиться розробка методу оцінювання значення частоти основного тону для медичних діагностичних систем.

**Мета і задачі дослідження.** *Метою дослідження є розробка методу оцінювання значення частоти основного тону для медичних діагностичних систем. Досягнення цієї мети вимагає розв'язання таких задач:*

1. Провести аналітичний огляд літературних джерел за тематикою дослідження;
2. Провести аналіз принципів функціонування медичних систем діагностики за голосом;
3. Проаналізувати відомі методи визначення частоти основного тону голосового сигналу;
4. Розробити метод оцінювання частоти основного тону;
5. Провести експериментальну верифікацію розробленого методу.

*Об'єкт дослідження:* процес визначення частоти основного тону.

*Предмет дослідження:* метод визначення частоти основного тону.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Розроблений метод визначення частоти основного тону голосових сигналів на відміну від відомих дає можливість підвищення точності визначення цього періоду, оскільки проводить усунення на результат впливу обертонів та гармонік із вищими частотами.

**Практичне значення одержаних результатів.** Одержані результати можуть бути використані при удосконаленні медичних систем діагностики за голосом.

**Публікації.** Викладені в роботі результати доповідалися і обговорювалися на VII науково-технічній конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя «Інформаційні моделі, системи та технології».

**Структура та обсяг.** Дипломна робота складається із вступу, восьми розділів, висновку, викладених на 94 сторінках, списку використаних джерел з 25 назв на 3 сторінках, додатків на 1 сторінках. Загальний обсяг роботи становить 96 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** «Задача діагностування за голосовим сигналом» розглянуто голосовий сигнал, як носій діагностичної інформації та способи опису голосового сигналу, такі, як параметричний та опис у вигляді акустичного коливання.

Встановлено, що найбільш явно вираженим проявом голосової патології є порушення звуковимови. При цьому, при діагностуванні голосового апарату необхідно приймати до уваги зміни в роботі двох взаємопов'язаних систем, а саме слухової та голосотворення. Оскільки при відсутності слуху людина не може контролювати процес власної звуковимови. Погіршення слуху на певних частотах призводить до поганої вимови цього частотного діапазону в звуках мови. Слухова система чинить свого роду зворотний зв'язок при голосотворенні. Спостерігатись також можуть незалежні від стану слуху порушення звуковимови, спричинені дезінервацією відповідних м'язів голосового апарату тощо

Застосування комп'ютеризованих систем в області діагностування порушень роботи голосового апарату та їх корекції дає можливість підвищення ефективності як діагностики так і корекції звуковимови через залучення певних компенсаторних механізмів організму людини.

Проведено аналіз апаратно-програмного забезпечення, що використовується в області діагностики та корекції порушень звуковимови і встановлено, що існуючі АПК з корекції звуковими ви можуть бути використані і в якості діагностичних апаратів. Так порушення роботи голосових складок будуть чітко проявлятись в спектрі голосових сигналів, що являють собою голосні чи локалізовані звуки. А більшість розглянутих АПК мають можливість нехай і поверхневого але оцінювання спектру звуків чи слів. Однак таке оцінювання є чисто візуальним, тому важливим є

розроблення методів автоматизованого діагностування голосового апарату, які могли б бути реалізовані у вигляді окремого модуля розглянутих АПК. Для цього необхідно провести аналіз процесу голосотворення та виділити ті ознаки голосу, які несуть діагностичну інформацію.

**У другому розділі** «Параметри голосового сигналу, що несуть діагностичну інформацію» проаналізовано природу голосового сигналу, як результату роботи голосового апарату, що є кінцевим акустичним продуктом довільних формалізованих рухів дихальних і жувальних органів.

Проаналізовано моделі процесу голосотворення та виокремлено задачу оцінювання частоти основного тону для задачі діагностики голосового апарату

Встановлено, що у голосних та вокалізованих звуків спектр є дискретним з великим числом гармонік, які мають частоту, кратну ЧОТ. ЧОТ змінюється в межах від 60-70 Гц для низьких чоловічих голосів і до 450-500 Гц для високих жіночих голосів. Середня частота основного тону для чоловічих голосів 140 Гц, для жіночих - 250 Гц. Повільна зміна частоти основного тону при вимові створює емоційне забарвлення і називається інтонацією.

При цьому важливим є питання розроблення методу оцінювання частоти основного тону.

**У третьому розділі** «Експериментальна реєстрація голосових сигналів» проведено обґрунтування параметрів мікрофона та АЦП звукової карточки для відбору голосових сигналів.

Обґрунтування значення частоти дискретизації голосового сигналу виконано на за теоремою Найквіста. Людський голос здатний відтворити звук, частотою до 20 кГц. Враховуючи те, що вибраний для запису звуків мікрофон має рівномірну частотну характеристику в діапазоні 0,02-16 кГц, частота дискретизації повинна становити не менше 32 кГц. Однак верхня частота смуги існування частоти основного тону становить 400 Гц. Тому із стандартних значень параметрів АЦП звукових карточок вибираємо наступні значення: частота дискретизації – 8 кГц, розрядність АЦП – 16 біт.

Проаналізовано методи визначення частоти основного тону, зокрема піковий метод, кепстральний метод, метод виділення основного тону за Рабінером-Гоулдом, фільтровий метод та автокореляційний.

Автокореляційний метод знаходження частоти основного тону використано для наступного удосконалення.

**У четвертому розділі** «Верифікація методу оцінювання частоти основного тону» Проведено експериментальне вимірювання частоти основного тону голосового сигналу в середовищі Matlab з використанням авто кореляційного методу.

Встановлено, що вимірювання частоти основного тону в такий спосіб є складним, оскільки крім основного тону в голосному звуці присутні обертони - гармоніки з кратними частотами. Більш того, як показує практика вимірювань, потужність обертонів може бути вище потужності основного тону.

Для вирішення проблеми усунення впливу обертонів на результат обчислення частоти основного тону запропоновано обчислити перетворення Фур'є від кореляційної функції. Гармоніки, з яких складається функція кореляції,

перетворюються на спектральні піки, рознесені по частотам. Таким чином вирішується проблема розділення основного тону та обертонів.

Для автоматичного пошуку частоти основного тону розглянутим способом розроблено програмне забезпечення в середовищі Matlab.

**У п'ятому розділі** «Спеціальна частина» описано методику проведення медико-біологічних досліджень та проведено обґрунтування вибору УДК на пряму 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 56299,19 грн., а кількісна оцінка науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи, яка здійснюється 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. Забезпечення стійкості роботи об'єктів зв'язку, радіомовлення і телебачення до дії вражаючих факторів надзвичайних ситуацій. Організація та проведення оповіщення робітників і службовців підприємства та населення з використанням систем автоматизованого і централізованого оповіщення цивільного захисту на об'єкті, що проектується.

**У восьмому розділі** «Екологія» розглянуто питання актуальності охорони навколишнього середовища, шкідливий вплив на довкілля при виготовленні медичних діагностичних систем, заходи охорони довкілля при виготовленні медичних діагностичних систем.

## ВИСНОВКИ

В результаті виконання дослідження отримано наступні результати.

Розглянуто голосовий сигнал, як носій діагностичної інформації та способи опису голосового сигналу, такі, як параметричний та опис у вигляді акустичного коливання.

Встановлено, що найбільш явно вираженим проявом голосової патології є порушення звуковимови. Застосування комп'ютеризованих систем в області діагностування порушень роботи голосового апарату та їх корекції дає можливість підвищення ефективності як діагностики так і корекції звуковимови через залучення певних компенсаторних механізмів організму людини.

Проведено аналіз апаратно-програмного забезпечення, що використовується в області діагностики та корекції порушень звуковимови і встановлено, що існуючі АПК з корекції звуковими ви можуть бути використані і в якості діагностичних апаратів. Так порушення роботи голосових складок будуть чітко проявлятися в спектрі голосових сигналів, що являють собою голосні чи локалізовані звуки. А більшість розглянутих АПК мають можливість нехай і поверхневого але оцінювання спектру звуків чи слів. Однак таке оцінювання є чисто візуальним, тому важливим є

розроблення методів автоматизованого діагностування голосового апарату, які могли б бути реалізовані у вигляді окремого модуля розглянутих АПК. Для цього необхідно провести аналіз процесу голосотворення та виділити ті ознаки голосу, які несуть діагностичну інформацію.

Проаналізовано моделі процесу голосотворення та виокремлено задачу оцінювання частоти основного тону для задачі діагностики голосового апарату. При цьому важливим є питання розроблення методу оцінювання частоти основного тону.

Проведено обґрунтування параметрів мікрофона та АЦП звукової карточки для відбору голосових сигналів. Відібрано ряд голосових сигналів для наступного опрацювання.

Проаналізовано методи визначення частоти основного тону, зокрема піковий метод, кепстральний метод, метод виділення основного тону за Рабінером-Гоулдом, фільтровий метод та автокореляційний.

Проведено експериментальне вимірювання частоти основного тону голосового сигналу в середовищі Matlab з використанням авто кореляційного методу. Встановлено, що вимірювання частоти основного тону в такий спосіб є складним, оскільки крім основного тону в голосному звуці присутні обертони - гармоніки з кратними частотами. Більш того, як показує практика вимірювань, потужність обертонів може бути вище потужності основного тону.

Для вирішення проблеми усунення впливу обертонів на результат обчислення частоти основного тону запропоновано обчислити перетворення Фур'є від кореляційної функції. Гармоніки, з яких складається функція кореляції, перетворюються на спектральні піки, рознесені по частотам. Таким чином вирішується проблема розділення основного тону та обертонів.

1. Для автоматичного пошуку частоти основного тону розглянутим способом розроблено програмне забезпечення в середовищі Matlab.

## ПЕРЕЛІК ПРАЦЬ

1. Іскра А. Метод оцінювання періоду основного тону голосових сигналів для медичних діагностичних систем / А. Іскра, Р. Небожук, Л. Дедів // Матеріали VII науково-технічної конфіції «Інформаційні моделі, системи та технології» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, (Тернопіль, 11 – 12 грудня 2019 р.). – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – с.8.

## АНОТАЦІЯ

Іскра А.В. Метод оцінювання частоти основного тону для медичних діагностичних систем. – Рукопис. Кваліфікаційна робота магістра, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2019.

Роботу присвячено питанням оцінювання частоти основного тону для медичних діагностичних систем. Цей параметр голосових сигналів є індивідуальним

та відображає особливості роботи голосового апарату при формуванні голосних та вокалізованих звуків. Проаналізовано методи оцінювання частоти основного тону та запропоновано метод, який ґрунтується на оцінюванні авто кореляційної функції вибірок з голосового сигналу.

Ключові слова: основний тон, голосовий сигнал, діагностика.

## **ABSTRACT**

Iskra A.V. A method for estimating of main tone frequency for medical diagnostic systems. – Manuscript. Master's qualifying work, Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, 2019.

The work is devoted to the questions of estimating the frequency of the main tone for medical diagnostic systems. This voice parameter is individual and reflects the peculiarities of the voice apparatus's operation in the formation of vocal and voiced sounds. The methods of estimating the main tone frequency are analyzed and the method based on the estimation of the autocorrelation function of samples from the voice signal is proposed.

Keywords: tone, voice signal, diagnostics.