

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

**Висоцький Михайло Олегович**

*УДК 612.7:519.218*

**МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ГОЛОСОВИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ ЗАДАЧІ  
ПОБУДОВИ ФАЗОВИХ ВОКОДЕРІВ**

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  
**Шадріна Галина Михайлівна,**  
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 теми.** В даний час спостерігається активний розвиток і впровадження нових засобів зв'язку і телекомунікацій, зокрема, сучасних цифрових телефонних мереж і відповідного абонентського обладнання, а також розвиток комп'ютерної телефонії та супутникових засобів зв'язку. Використання цифрових методів подання, обробки і передачі призводить до багаторазового збільшення займаної смуги частот і, як наслідок цього, до багаторазового збільшення швидкості передачі інформаційних повідомлень. Крім того, інформація в переважній більшості випадків носить приватний, конфіденційний характер, тому все частіше до передавальної апаратури і каналів зв'язку ставиться вимога забезпечення захисту інформації, що передається, від несанкціонованого доступу.

Вирішення проблеми лежить в області розробки ефективних методів цифрового перетворення - стиснення (кодування) різних повідомлень, що є, як правило, нестаціонарними випадковими процесами. Оскільки голос є найбільш поширеним аналоговим інформаційним повідомленням, питання стиснення (цифрового кодування) голосових сигналів є найбільш актуальними і традиційними. При цьому актуальним є розроблення методів оцінювання голосових сигналів для побудови фазових вокодерів, які сьогодні є найбільш перспективними в плані кодування голосових сигналів.

**Мета і завдання дослідження.** Метою роботи є розроблення методу оцінювання голосових сигналів для задач побудови фазових вокодерів. Досягнення поставленої мети здійснюється вирішенням наступних основних завдань:

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі:

- провести аналіз літературних джерел за тематикою досліджень;
- провести аналіз способів кодування голосових сигналів;
- провести аналіз принципів функціонування вокодерів та порівняння їх можливостей;
- обґрунтувати доцільність проектування фазових вокодерів;
- розробити метод оцінювання голосових сигналів для задачі побудови фазових вокодерів;
- запропонувати критерій оцінювання похибки відновлення голосового сигналу в фазовому вокодері.

**Об'єкт дослідження:** процес функціонування фазових вокодерів.

**Предмет дослідження:** метод оцінювання параметрів голосових сигналів, що застосовуються на окремих етапах проектування фазових вокодерів.

**Наукова новизна одержаних результатів.**

Обґрунтовано методи стиснення, розтягнення, транспонування спектрів шляхом оцінювання амплітудних спектрів та похідних фазових спектрів коротких реалізацій голосових сигналів.

**Практичне значення одержаних результатів.** Одержані результати можуть бути використані для розроблення структурних елементів фазових вокодерів.

**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 138 сторінках, списку використаних джерел з 25 назв на 2 сторінках, додатків на 7 сторінках. Загальний обсяг роботи становить 144 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** «Аналітичний огляд методів кодування голосових сигналів» проаналізовано мовний сигнал, як засіб обміну інформацією. Розглянуто питання функціонування та організації систем цифрової телефонії, в якій саме мовний сигнал є переносником інформації.

Встановлено, що центральною проблемою будь-яких цифрових систем є їх швидкодія, яка досягається у випадку цифрової телефонії або удосконаленням апаратної частини прийому/передачі цифрових сигналів, або зменшенням обсягів даних, що передаються в мережі передачі. Другий спосіб є перспективним і передбачає застосування систем кодування мовних сигналів – вокодерів. Також встановлено, що мовний сигнал за допомогою вокодера може бути стиснутий в 8-10 разів.

Однак, в різних точках вздовж маршруту передачі додаткові випадкові шуми спотворюють сигнал, так що сигнал на вході приймача відрізняється від переданого сигналу. Також в ході аналізу з'ясувалося, що важливим фактором у сучасних системах передачі інформації є підтримка протоколів передачі цифрових даних (факсимільний зв'язок, модемні протоколи).

Відповідно важливим є обґрунтування способу кодування голосових сигналів з метою збереження їх інформативності.

У **другому розділі** «Типи та моделі функціонування вокодерів» проведено аналіз принципів роботи вокодерів, зокрема параметричних, серед яких розглянуто смугові (канальні) вокодери, ортогональні вокодери, ліпредери (вокодери з лінійним передбаченням), формантні вокодери та фазові вокодери.

Встановлено, що фазові вокодери відрізняються від решти спрощеними алгоритмами кодування вищою якістю відновлення голосових сигналів.

Необхідним є розроблення методу оцінювання голових сигналів при побудові фазових вокодерів.

У **третьому розділі** «Методи реалізації фазових вокодерів» розглянуто загальні особливості функціонування фазових вокодерів. Проведено аналіз фундаментальних праць Фланагана і Голдена, Дадлі, Рабінера-Шафера, Долсона.

Встановлено, що фазові вокодери можуть бути реалізовані наступним чином: голосовий сигнал сегментується на ділянки невеликої тривалості із перекриттям цих ділянок; в межах кожної ділянки оцінюється амплітудний спектр та похідна від

фазового спектру, які на наступному етапі кодуються та передаються по каналу зв'язку. При цьому забезпечується більш економне використання смуги частот і прийнятна якість мови. Крім того, даний спосіб дозволяє легко керувати стисненням і розтягненням часового масштабу.

**У четвертому розділі** «Оцінювання голосових сигналів для задачі побудови фазових вокодерів» проведено реєстрацію голосового сигналу з використанням стандартної схеми відбору з використанням мікрофона та звукової картки комп'ютера. Відібрані сигнали було завантажено в середовище Matlab.

Змодельовано процес пришвидшення голосового сигналу та помічено, що при пришвидшенні сигналу зменшується в 2 рази його об'єм (кількість відліків). Якщо вихідна реєстрограма голосового сигналу мала об'єм 120 кб, то об'єм пришвидшеного сигналу займав об'єм 60 кб. Відповідно відбулось стиснення голосового сигналу. Відновлений сигнал також займав 120 кб. В процесі прослуховування встановлено, що слухова розбірливість мови у вихідного та відновленого сигналу залишилась практично однаковою.

Проаналізовано оцінки амплітудних спектрів вихідного, пришвидшеного та відновленого сигналу. Помічено, що спектр пришвидшеного голосового сигналу стиснувся практично в двічі, і почав займати вдвічі меншу смугу частот. Спектр відновленого голосового сигналу займає ту ж смугу частот, що і вихідний сигнал.

Для оцінювання похибки відновлення проведено оцінювання степені взаємопов'язаності оцінок амплітудних спектрів вихідного та відновленого голосового сигналу за значеннями коефіцієнта взаємної кореляції.

Встановлено, що для значення сповільнення голосового сигналу в 2 рази коефіцієнт взаємної кореляції становить 0,81, що свідчить про велику степінь подібності амплітудних спектрів двох сигналів, тобто їхнього частотного складу. При збільшенні величини стиснення спостерігається зниження значення коефіцієнта взаємної кореляції, що свідчить про спотворення спектрального складу відновленого голосового сигналу.

**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 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 правила техніки безпеки при експлуатації комплексу для реєстрації та аналізу мови людини. Стійкість роботи цехів по виготовленню електронної медичної апаратури. Заходи захисту виробничого персоналу. Надзвичайні екологічні ситуації та екологічний ризик.

У восьмому розділі «Екологія» розглянуто питання актуальності охорони навколишнього середовища, вплив промислових електромагнітних полів на біосферу, вплив електромагнітних випромінювань на організм людини.

## ВИСНОВКИ

В роботі вирішено актуальну задачу оцінювання голосового сигналу для задачі побудови фазових вокодерів. При цьому отримано наступні результати:

1. Проаналізовано мовний сигнал, як засіб обміну інформацією. Розглянуто питання функціонування та організації систем цифрової телефонії, в якій саме мовний сигнал є переносником інформації. Встановлено, що центральною проблемою будь-яких цифрових систем є їх швидкодія, яка досягається у випадку цифрової телефонії або удосконаленням апаратної частини прийому/передачі цифрових сигналів, або зменшенням обсягів даних, що передаються в мережі передачі. Другий спосіб є перспективним і передбачає застосування систем кодування мовних сигналів – вокодерів. Також встановлено, що мовний сигнал за допомогою вокодера може бути стиснутий в 8-10 разів.

2. Проведено аналіз принципів роботи вокодерів, зокрема параметричних, серед яких розглянуто смугові (канальні) вокодери, ортогональні вокодери, ліпредери (вокодери з лінійним передбаченням), формантні вокодери та фазові вокодери. Встановлено, що фазові вокодери відрізняються від решти спрощеними алгоритмами кодування вищою якістю відновлення голосових сигналів. Необхідним є розроблення методу оцінювання голових сигналів при побудові фазових вокодерів.

3. Встановлено, що фазові вокодери можуть бути реалізовані наступним чином: голосовий сигнал сегментується на ділянки невеликої тривалості із перекриттям цих ділянок; в межах кожної ділянки оцінюється амплітудний спектр та похідна від фазового спектру, які на наступному етапі кодуються та передаються по каналу зв'язку. При цьому забезпечується більш економне використання смуги частот і прийнятна якість мови. Крім того, даний спосіб дозволяє легко керувати стисненням і розтягненням часового масштабу.

4. Проведено реєстрацію голосового сигналу з використанням стандартної схеми відбору з використанням мікрофона та звукової картки комп'ютера.

5. Змодельовано процес пришвидшення та сповільнення голосового сигналу. При цьому помічено, що при пришвидшенні сигналу зменшується в 2 рази його об'єм (кількість відліків). В процесі прослуховування встановлено, що слухова розбірливість мови у вихідного та відновленого сигналу залишилась практично однаковою.

6. Проаналізовано оцінки амплітудних спектрів вихідного, пришвидшеного та відновленого сигналу. Помічено, що спектр пришвидшеного голосового сигналу стиснувся практично в двічі, і почав займати вдвічі меншу смугу частот. Спектр відновленого голосового сигналу займає ту ж смугу частот, що і вихідний сигнал.

7. Для оцінювання похибки відновлення проведено оцінювання степені взаємопов'язаності оцінок амплітудних спектрів вихідного та відновленого голосового сигналу за значеннями коефіцієнта взаємної кореляції. Встановлено, що для значення сповільнення голосового сигналу в 2 рази коефіцієнт взаємної

кореляції становить 0,81, що свідчить про велику степінь подібності амплітудних спектрів двох сигналів, тобто їхнього частотного складу. При збільшенні величини стиснення спостерігається зниження значення коефіцієнта взаємної кореляції, що свідчить про спотворення спектрального складу відновленого голосового сигналу.

## ПЕРЕЛІК ПРАЦЬ

1. Висоцький М.О. 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

Висоцький М.О. Метод оцінювання голосових сигналів для задачі побудови фазових вокодерів. – Рукопис. Кваліфікаційна робота магістра, Тернопільський національний технічний університети імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2018.

Кваліфікаційну роботу магістра присвячено аналізу методів кодування та особливостей функціонування голосових кодерів - вокодерів. Розглянуто переваги та недоліки відомих методів кодування і виділено переваги фазових вокодерів. Проведено оцінювання параметрів голосових сигналів, що використовуються при кодуванні їх в фазових вокодерах.

Ключові слова: голосовий сигнал, кодування, фазовий спектр, вокодер.

## ANNOTATION

Vysotsky M.O. Method of evaluation of voice signals for the construction of phase vocoders. - Manuscript. Master's Qualifying Work, Ivan Puluj Ternopil National Technical University, Ternopil, 2018.

Qualification work is devoted to the analysis of coding methods and features of functioning of voice coders - vocoders. The advantages and disadvantages of known coding methods are considered and the advantages of phase vocoders are highlighted. The estimation of the parameters of the voice signals used in encoding them in phase-based vocoders is carried out.

Keywords: voice signal, coding, phase spectrum, vocoder.