

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних наук  
(повна назва кафедри)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Математичне моделювання мовних сигналів для задач  
біометричної ідентифікації користувачів

Виконав: студент VI курсу, групи СНнм-61  
спеціальності 122 Комп'ютерні науки  
(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Таванець Н.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Никитюк В.В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Мацюк О.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Боднарчук І.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Михалик Д.М.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2022

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних наук  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Боднарчук І.О.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Магістр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки  
(шифр і назва спеціальності)

Студенту Таванцю Назарію Станіславовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Математичне моделювання мовних сигналів для задач біометричної ідентифікації користувачів

Керівник роботи Никитюк Вячеслав Вячеславович, к.т.н., доцент кафедри КН  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «28» жовтня 2021 року № 4/7-909

2. Термін подання студентом завершеної роботи 26 травня 2021р.

3. Вихідні дані до роботи Наукові публікації щодо систем біометричної ідентифікації, Наукові роботи щодо реєстрації та опрацювання мовних сигналів

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Стан досліджень в області біометричної ідентифікації та аутентифікації. 2 Обґрунтування вибору математичної моделі мовних сигналів. 3 Розробка методу опрацювання мовних сигналів для ідентифікації користувачів. 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1 Титульна сторінка 2. Актуальність дослідження. 3. Мета, Об'єкт, Предмет дослідження.

4. Завдання дослідження. 5 Стан досліджень в області біометричної ідентифікації та аутентифікації. 6 Обґрунтування вибору математичної моделі мовних сигналів. Природа мовних сигналів. 7. Порівняння відомих математичних моделей та методів опрацювання мовних сигналів. 8. Розробка методу опрацювання мовних сигналів для ідентифікації користувачів. 9. Алгоритми роботи методу. 10. Результати проведених досліджень. 11. Висновки. 12. Завершальний слайд.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Дмитроца Л.П., доцент		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Клепчик В.М., ст. викладач.		

7. Дата видачі завдання 21 вересня 2021 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Ознайомлення з завданням до кваліфікаційної роботи	21.10.2021-28.20.2021	Виконано
2.	Підбір наукових джерел про методи біометричної ідентифікації користувачів	29.10.2021-21.11.2021	Виконано
3.	Переклад та опрацювання наукових джерел про методи біометричної ідентифікації користувачів та методи ідентифікації за мовним сигналом	22.11.2021-21.12.2021	Виконано
4.	Аналіз способів математичного опису мовних сигналів, вибір їхньої математичної моделі та розроблення методу опрацювання для біометричної ідентифікації користувачів	22.12.2022-10.01.2022	Виконано
5.	Оформлення розділу «Стан досліджень в області біометричної ідентифікації та аутентифікації»	11.01.2022-21.02.2022	Виконано
6.	Оформлення розділу «Обґрунтування вибору математичної моделі мовних сигналів»	22.02.2022-01.03.2022	Виконано
7.	Оформлення розділу «Розробка методу опрацювання мовних сигналів для ідентифікації користувачів»	02.03.2022-11.03.2022	Виконано
8.	Виконання завдання до підрозділу «Охорона праці»	12.03.2022-20.03.2022	Виконано
9.	Виконання завдання до підрозділу «Безпека в надзвичайних ситуаціях»	21.03.2022-28.03.2022	Виконано
10.	Оформлення кваліфікаційної роботи	29.03.2022-29.04.2022	Виконано
11.	Нормоконтроль	30.04.2022-06.05.2022	Виконано
12.	Перевірка на плагіат	03.05.2022	Виконано
13.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	10.05.2022	Виконано
14.	Захист кваліфікаційної роботи	26.05.2022	

Студент

(підпис)

Таванець Н.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Никитюк В.В.

(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Математичне моделювання мовних сигналів для задач біометричної ідентифікації користувачів // Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Магістр» // Таванець Назарій Станіславович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра кафедра комп'ютерних наук, група СНм-61 // Тернопіль, 2022 // С. 81, рис. – 26, табл. – 0, кресл. – 0, додат. – 3, бібліогр. – 63.

Ключові слова: мовний сигнал, біометрія, ідентифікація, математична модель.

Дипломна робота присвячена вибору математичної моделі мовних сигналів та розробленню методу їхнього опрацювання для задачі біометричної ідентифікації користувачів.

В першому розділі дипломної роботи проаналізовано стан задачі біометричної ідентифікації та зокрема за мовним сигналом.

В другому розділі дипломної роботи проведено аналіз відомих математичних моделей мовного сигналу та вибрано модель у вигляді кусково стаціонарного випадкового процесу для задачі біометричної ідентифікації.

В третьому розділі дипломної роботи розроблено метод опрацювання мовних сигналів для отримання нових інформативних ознак для біометричної ідентифікації.

**Об'єкт дослідження:** процес моделювання мовних сигналів для біометричної ідентифікації.

**Предмет дослідження:** математична модель та метод опрацювання мовних сигналів для біометричної ідентифікації.

**Мета роботи:** вибір математичної моделі та розроблення методу опрацювання мовних сигналів для біометричної ідентифікації користувачів.

## ANNOTATION

Mathematical modeling of speech signals for the tasks of biometric user identification // Qualification work of educational level "Master" // Tavanets Nazariy Stanislavovych // Ternopil Ivan Pulyuy National Technical University, Faculty of Computer Information Systems and Software Engineering, Department of Computer Science, SNnm-61 group // Ternopil, 2022 // P. 81, fig. - 63, tables - 0, chair - 0, annexes - 3, references - 22.

**Keywords:** speech signal, biometrics, identification, mathematical model.

This thesis is devoted to the choice of a mathematical model of speech signals and the development of a method of their processing for the task of biometric identification of users.

In the first section of the thesis the state of the problem of biometric identification and in particular by the speech signal is analyzed.

In the second section of the thesis the analysis of known mathematical models of speech signal is carried out and the model in the form of piecewise stationary random process for the problem of biometric identification is chosen.

In the third section of the thesis developed a method of processing speech signals to obtain new informative features for biometric identification.

**Object of research:** the process of modeling speech signals for biometric identification.

**Subject of research:** mathematical model and method of processing speech signals for biometric identification.

**Purpose:** selection of a mathematical model and development of a method for processing speech signals for biometric identification of users.

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ОЧ – основна частота

ПФ – перетворення Фур'є

ВП – випадковий процес

ОТ – основний тон

ІТ – інформаційні технології

ІоТ – Інтернет речей

МФА – багатофакторна ідентифікація

ШІ – штучний інтелект

АЦП – аналого-цифровий перетворювач

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
1 СТАН ДОСЛІДЖЕНЬ В ОБЛАСТІ БІОМЕТРИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТА АУТЕНТИФІКАЦІЇ.....	13
1.1 Суть біометричної ідентифікації та аутентифікації.....	13
1.2 Традиційні методи ідентифікації.....	14
1.3 Переваги біометричної ідентифікації.....	16
1.4 Окремі методи біометричної ідентифікації.....	18
1.4.1 Розпізнавання відбитків пальців.....	18
1.4.2 Розпізнавання обличчя.....	19
1.4.3 Розпізнавання райдужної оболонки.....	20
1.4.4 Розпізнавання вен пальців.....	21
1.4.5 Розпізнавання образів долонної вени.....	22
1.5 Основи ідентифікації за мовним сигналом.....	23
1.6 Суть та типи ідентифікації за мовним сигналом.....	25
1.7 Практики використання ідентифікації за мовними сигналами.....	27
1.8 Переваги та недоліки ідентифікації за мовним сигналом.....	28
1.9 Висновки до розділу 1.....	30
2 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ МОВНИХ СИГНАЛІВ.....	32
2.1 Природа мовних сигналів.....	32
2.2 Можливості подання мовних сигналів як стаціонарного випадкового процесу.....	41
2.3 Вибір математичної моделі мовних сигналів для задачі ідентифікації користувача.....	45
2.4 Висновки до розділу 2.....	46
3 РОЗРОБКА МЕТОДУ ІДЕНТИФІКАЦІЇ КОРИСТУВАЧІВ ЗА МОВНИМ СИГНАЛОМ.....	48



3.1	Метод ідентифікації користувача за мовним сигналом.....	48
3.2	Перспективи використання розробленого методу.....	60
3.3	Висновки до розділу 3.....	61
4	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	62
4.1	Вимоги до приміщення та робочого місця при дослідженні мовного сигналу.....	62
4.2	Організація і функціонування системи управління охороною праці	69
	ВИСНОВКИ.....	74
	ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	76
	ДОДАТКИ	

## ВСТУП

**Актуальність роботи.** Актуальною сьогодні в області ІТ технологій є реалізація способів перевірки відповідності наданих прав доступу та користування даними відповідним користувачам, що полягає в ідентифікації та аутентифікації користувачів. Оскільки процедура ідентифікації користувача є особливо важливим складовим етапом процесу аутентифікації, що полягає в перевірці автентичності, то основною є задача ідентифікації користувача на основі використання певних ідентифікаторів, для підтвердження прав доступу та користування відповідними сервісами. Сьогодні існує велика кількість добре відпрацьованих способів ідентифікації користувачів, які полягають в використанні таких опосередкованих ідентифікаторів, як, наприклад, паролі або спеціальні пристрої ідентифікації, або ідентифікаторів, які є безпосередньою частиною користувача. В першому випадку достовірність ідентифікації знижується через можливість втрати пароля, його підбору третіми особами (що висуває підвищені вимоги до вмісту та розміру пароля та можливості того, що користувач його просто забуде), або втрати пристроїв ідентифікації, таких, як картки доступу, спеціальні ключі доступу тощо.

В другому випадку використовуються біометричні показники особи, які дають можливість однозначної її ідентифікації. До таких методів належать методи ідентифікації за зображенням особи (портретом), відпечатками пальців, рисунком папілярних ліній долоні, зображеннями сітківки ока, рисунком кровоносних судин сітківки ока, рисунком райдужної оболонки ока, параметрами голосу, почерком та способом написання тощо. Усім цим способам притаманні як переваги так і недоліки. Так, в перших двох випадках необхідними є дорогі високочутливі сканери, а на достовірність результату ідентифікації впливатиме стан шкіри на пальцях чи долонях, наявність пошкоджень, порізів, подряпин тощо. Найбільш точними є методи

ідентифікації за сітківкою ока та рисунком райдужної оболонки. Але такі методи потребують високочутливих камер та точності в процесі отримання відповідних зображень а також часу на обробку таких зображень.

Метод ідентифікації за мовним сигналом є найпростішим із розглянутих, попри те, що не вимагає дорогих технічних засобів для проведення ідентифікації та відрізняється високою достовірністю самої ідентифікації. Так, для відбору мовних сигналів може бути використаний комп'ютерний мікрофон чи гарнітура, а обробка проводиться безпосередньо середовищем, для доступу до якого і проводиться ідентифікація. Однак, враховуючи високі динамічні параметри голосу та широкий частотний склад, різні методи такої ідентифікації дають різні значення достовірності результату.

Враховуючи засади системно-сигнальної концепції, алгоритми функціонування системи ідентифікації за мовним сигналом визначаються методами опрацювання таких сигналів, а ці методи визначатимуться математичною моделлю мовних сигналів, яка повинна враховувати природу цих сигналів та реалізовувати методи опрацювання, які давали б можливість отримання нових в області ідентифікації користувачів інформативних ознак таких сигналів. В роботі проводиться математичне моделювання мовних сигналів, зокрема обґрунтування їхньої математичної моделі та розроблення методу та алгоритму опрацювання для достовірної ідентифікації користувачів.

**Мета і задачі дослідження.** Мета роботи – вибір математичної моделі та розроблення методу опрацювання мовних сигналів для біометричної ідентифікації користувачів.. Задачі дослідження:

- провести аналіз стану проблеми біометричної ідентифікації користувачів за мовним сигналом;
- обґрунтувати вибір математичної моделі мовного сигналу для біометричної ідентифікації користувачів;

- розробити метод опрацювання мовних сигналів для отримання нових інформативних ознак мовного сигналу для біометричної ідентифікації користувачів.

*Об'єкт дослідження:* процес моделювання мовних сигналів для біометричної ідентифікації.

*Предмет дослідження:* математична модель та метод опрацювання мовних сигналів для біометричної ідентифікації.

**Наукова новизна одержаних результатів** кваліфікаційної роботи полягає у тому, що для задачі ідентифікації використано оцінки частоти основного тону мовного сигналу користувача а також тривалості ділянок тестового слова, які відповідають голосним і приголосним вокалізованим звукам, а також їхні співвідношення в тестовому слові.

**Практичне значення одержаних результатів.** Отримані результати можуть бути інтегровані в інтелектуальні системи контролю доступу підвищеної надійності через трьохкомпонентну процедуру ідентифікації користувачів.

**Апробація результатів магістерської роботи.** Результати роботи були представлені на V Міжнародній студентській науково - технічній конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (м. Тернопіль, 2022 р.) та IX науково-технічній конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (м. Тернопіль, 2021 р.)

**Публікації.** Основні результати кваліфікаційної роботи опубліковано у двох працях конференції (Див. додаток А).

**Структура й обсяг кваліфікаційної роботи.** Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури з 63 найменування та 3 додатків. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи складає 81 сторінок, з них 62 сторінок основного тексту, який містить 20 рисунків.

# 1 СТАН ДОСЛІДЖЕНЬ В ОБЛАСТІ БІОМЕТРИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТА АУТЕНТИФІКАЦІЇ

## 1.1 Суть біометричної ідентифікації та аутентифікації

Біометрія є надійним і швидким способом ідентифікації та аутентифікації осіб за допомогою унікальних біологічних характеристик [1]. Біометрична аутентифікація порівнює дані про характеристики особи з біометричним «шаблоном» цієї особи, щоб визначити схожість [1-8]. Спочатку зберігається еталонна модель. Збережені дані потім порівнюються з біометричними даними особи, яка підлягає аутентифікації.

Біометрична ідентифікація полягає у визначенні особистості людини [3]. Метою є отримання елемента біометричних даних від цієї особи. Це може бути фотографія їхнього обличчя, запис голосу (мовного сигналу), зображення відбитка пальця тощо. Ці дані потім порівнюються з біометричними даними кількох інших осіб, які зберігаються в базі даних.

Біометрична ідентифікація відноситься до процесів безпеки, які підтверджують особу користувача за допомогою унікальних біологічних ознак, таких як сітківка, райдужка, голос, характеристики обличчя та відбитки пальців тощо [1-17]. Системи біометричної ідентифікації зберігають ці біометричні дані, щоб підтвердити ідентичність користувача, коли цей користувач отримує доступ до свого облікового запису. Оскільки ці дані є унікальними для окремих користувачів, біометрична ідентифікація, як правило, є більш безпечною, ніж традиційні форми багатофакторної ідентифікації [4].

Завдяки темній мережі та шахрайству із захопленням облікових записів ідентифікація особи користувачів є проблемою, що постійно розвивається [4].

На одній стороні проблеми ідентифікації є користувачі, які вимагають швидкості та зручності та не хочуть запам'ятовувати численні паролі або

проходити складний процес входу чи підтвердження кожного разу, коли вони звертаються до програми чи сайту. Але, з іншого боку, вимоги безпеки швидко розвиваються, вимагаючи суворого підходу до ідентифікації.

Традиційні методи ідентифікації, такі як старе ім'я користувача та пароль, ідентифікація на основі знань і двофакторна ідентифікація на основі SMS, втратили популярність через різноманітні вразливості безпеки, починаючи від захоплення облікового запису і фішингу до соціальної інженерії. Отже, ІТ-відділи досліджують більш надійні системи ідентифікації, які зменшують ймовірність крадіжки та шахрайства [1-10].

Технологічна дослідницька фірма Gartner визначає ідентифікацію користувачів як «підтвердження в реальному часі (з неявною чи уявною впевненістю чи рівнем довіри) претензії особи на ідентифікацію, яка була раніше встановлена, для надання їй доступу до електронного чи цифрового активу». Простіше кажучи, ідентифікація — це процес визначення того, чи є хтось чи щось насправді тим чи ким воно себе оголошує.

Проаналізуємо тепер деякі поширені методи ідентифікації користувачів, їхні переваги та недоліки.

## **1.2 Традиційні методи ідентифікації**

Оскільки ландшафт шахрайства швидко розвивається, адміністратори мережі стикаються з багатьма проблемами, і їм довелося почати впроваджувати більш складні методи, крім багатофакторної ідентифікації. Нижче наведено кілька поширених методів ідентифікації, які використовуються для безпеки мережі, призначених для боротьби з кіберзлочинцями.

Ідентифікація на основі пароля. Серед сучасних методів ідентифікації старомодна техніка, яка вимагає імені користувача та пароля, залишається

переважаючим заходом для захисту комп'ютерів, облікових записів електронної пошти або онлайн-транзакцій [11].

На жаль, паролі за своєю суттю ненадійні через темну мережу, соціальну інженерію та фішингові шахрайства. Крім того, паролі часто забуваються та передаються кільком онлайн-облікам, що збільшує ризик захоплення облікового запису [10-12].

Ідентифікація на основі знань. Цей метод базується на спільному «секреті», який зазвичай надається під час створення облікового запису, а потім представлений у майбутньому сеансі ідентифікації виклику/відповіді на вимогу [13].

Завдяки темній мережі та соцмережам відповіді на ці нібито «секретні» запитання шахраю можна легко знайти з мінімальними зусиллями, який потім може використовувати ці особисті дані, щоб видавати себе за особу.

Ідентифікація на основі маркерів. Токен ускладнює доступ хакеру до облікового запису, оскільки він повинен мати облікові дані облікового запису та сам матеріальний пристрій, що хакеру набагато важче отримати. Фізичні жетони можуть мати багато форм: ключ, картка, брелок або чіп RFID [14].

Через деякі проблеми з використанням апаратних токенів програмні токени стали більш популярними і були включені в смартфони (зазвичай у вигляді програми) або зберігалися на електронному пристрої загального призначення, наприклад на настільному комп'ютері або ноутбуку.

Позасмугова ідентифікація — це термін для процесу, де для ідентифікації потрібні два різних сигнали з двох різних мереж або каналів. Позасмугова ідентифікація на основі SMS є одним з найпопулярніших методів у цій категорії. При цьому типі ідентифікації одноразовий захисний текст або пароль надсилається користувачеві за допомогою SMS (текстового повідомлення).

Біометрична ідентифікація — це процес ідентифікації, який ґрунтується на унікальних біологічних характеристиках особи, щоб переконатися, що вона

є заявленою особою [10-17]. Технологія біометричної ідентифікації порівнює отримані біометричні дані зі збереженими, підтвердженими автентичними даними в базі даних.

Біометричні ідентифікатори можна отримати та перевірити за допомогою [17]:

- сканера відбитків пальців;
- розпізнавання сітківки та райдужної оболонки;
- виявлення голосу;
- розпізнавання облич та багато інших.

Біометричні системи працюють шляхом порівняння двох наборів біометричних даних: перший встановлюється власником пристрою, а другий належить відвідувачеві пристрою. Важливо зауважити, що збіг між двома наборами даних має бути майже ідентичним, але не зовсім ідентичним. Це тому, що біометрична інформація не може відповідати заявленій на 100 відсотків.

### **1.3 Переваги біометричної ідентифікації**

Біометрична ідентифікація дозволяє онлайн-бізнесам надійно ідентифікувати користувачів для регулярного входу в систему, транзакцій з високим ризиком і для різних нових випадків використання. І найголовніше, це допомагає звести нанівець ризик злому, оскільки не покладається на ім'я користувача та пароль, які легко могли бути вкрадені [10-17].

Поширеною сьогодні є біометрична ідентифікація на основі обличчя, що має ряд переваг перед традиційними методами ідентифікації, а також і суттєві недоліки. Розглянемо спочатку переваги.

Біометрична ідентифікація на основі обличчя не тільки набагато зручніша для споживачів, ніж традиційні методи онлайн-верифікації, але вона також набагато безпечніша. Біометричні дані не можна зламати чи дублювати.



Дані можна зберігати на пристрої, а не на сервері чи в хмарі, і можуть залишатися в безпеці, навіть якщо пристрій викрадено. Не менш важливо, що біометрія обличчя пропонує просте одноетапне рішення проблеми запам'ятовування величезного набору PIN-кодів і паролів.

Біометрична ідентифікація також забезпечує чудове виявлення шахрайства, оскільки спирається на біометричні дані, які є унікальними для окремої особи. Біометрія на основі обличчя пропонує додаткову перевагу, оскільки вимагає від користувача сфотографувати себе, що має жахливий вплив на шахраїв, які зазвичай вважають за краще не ділитися своєю схожістю з компанією, яку вони хочуть обдурити.

Однак, не завжди користувач може забезпечити належні технічні параметри засобів, з яких відбувається входження в систему, так і зовнішніх факторів, які впливатимуть на якість ідентифікації. Сюди можна віднести зовнішнє освітлення, пору доби, попадання сторонніх осіб в кадр в процесі ідентифікації тощо. Все це обмежує застосування систем ідентифікації на основі обличчя.

Компанії, які впроваджують біометричну ідентифікацію — і їх кількість зростає — забезпечують більш надійну ідентифікацію та допомагають зробити безпеку невидимою для своїх клієнтів, що призводить до підвищення коефіцієнта конверсії, більш високого рівня виявлення шахрайства та більшої задоволеності клієнтів.

Прийнявши біометричну ідентифікацію, організації можуть отримати нові переваги та отримати вигоду з нових випадків використання, які добре ідентифікують користувачів для підозрілих входів.

Роль біометричної ідентифікації розширюється, оскільки вона забезпечує вищий рівень гарантії ідентичності, покращує клієнтський досвід і коефіцієнти конверсії, а також краще захищає облікові записи в Інтернеті від крадіжки особистих даних та захоплення облікового запису.

## 1.4 Окремі методи біометричної ідентифікації

Розпізнавання відбитків пальців і райдужки ока є найбільш відомими формами біометричної безпеки. Проте, розпізнавання обличчя та (пальця та долоні) візерунків також набирають популярності.

### 1.4.1 Розпізнавання відбитків пальців.

Система ідентифікації, заснована на розпізнаванні відбитків пальців, шукає конкретні характеристики у малюнку лінії на поверхні пальця. Роздвоєння, закінчення хребтів та острівці, які утворюють цей візерунок лінії, зберігаються у вигляді зображення [12].



Рисунок 1.1 - Зображення відбитка пальця

Недоліком захоплення зображення зовнішньої характеристики є те, що це зображення можна відтворити, навіть якщо воно зберігається в закодованому вигляді. Зрештою, зображення все одно залишається зображенням, і тому його можна порівняти. Відбитки пальців вже можна підробити за допомогою відносно доступної технології.

Крім того, деякі шаблони ліній настільки подібні, що на практиці це може призвести до високого рівня помилкового прийняття. Відбитки пальців також можуть стиратися, коли людина старіє тощо. Як наслідок, деякі люди

можуть виявити, що їхні відбитки пальців неможливо розпізнати (помилкове відхилення) або навіть записати. Існує навіть спадкове захворювання, внаслідок якого люди народжуються без відбитків пальців!

З іншого боку, ідентифікація за відбитками пальців вже знайома більшій частині громадськості і тому прийнята великою кількістю користувачів. Технологія також відносно дешева і проста у використанні. Однак слід зазначити, що якість може значно відрізнятись від однієї системи розпізнавання відбитків пальців до іншої, зі значними розбіжностями між системами з точки зору частоти помилкового прийняття та помилкового відхилення.

#### 1.4.2 Розпізнавання обличчя.

Система розпізнавання обличчя аналізує форму та положення різних частин обличчя, щоб визначити відповідність. Також іноді враховуються особливості поверхні, такі як шкіра [12].



Рисунок 1.2 - Характерні точки розпізнавання обличчя

Розпізнавання облич з метою безпеки — це відгалуження технології розпізнавання облич, яка використовується для ідентифікації облич на складних зображеннях, на яких можуть бути присутні кілька облич. Ця технологія швидко розвивалася в останні роки, і підходить для віддаленого

розпізнавання. Ще одним плюсом є те, що технологія дозволяє проводити «негативну ідентифікацію» або виключення облич, що значно полегшує сканування натовпу на наявність підозрілих осіб.

Однак розпізнавання облич також має ряд істотних недоліків. Наприклад, технологія фокусується в основному на самому обличчі, тобто від лінії волосся вниз. Як наслідок, людині зазвичай доводиться дивитися прямо в камеру. І навіть незважаючи на те, що технологія все ще розвивається швидкими темпами, рівень безпеки, який вона наразі пропонує, ще не зрівняється зі скануванням райдужної оболонки або розпізнаванням малюнків вен.

#### 1.4.3 Розпізнавання райдужної оболонки.

Коли виконується сканування райдужної оболонки, сканер зчитує унікальні характеристики райдужної оболонки, які потім перетворюються в зашифрований штрих-код. Відомо, що сканування райдужної оболонки є чудовою технікою безпеки, особливо якщо воно виконується за допомогою інфрачервоного світла [12].



Рисунок 1.3 - Зображення райдужної оболонки ока

Однак одна проблема, з якою часто стикаються під час впровадження технології, — це опір користувачів. Багато людей вважають, що сканування очей є досить неприємним досвідом. Також потрібно прийняти певне положення, щоб сканер міг прочитати райдужну оболонку, що може викликати дискомфорт. Гігієна є ще одним часто згадуваним недоліком, оскільки багато систем вимагають, щоб користувачі розміщували підборіддя на підставці для підборіддя, яким до них користувалася велика кількість людей.

#### 1.4.4 Розпізнавання вен пальців.

У разі розпізнавання малюнків вен кінцеві точки та роздвоєння вен на пальці фіксуються у вигляді зображення, оцифруються та перетворюються в зашифрований код. Цей метод у поєднанні з тим, що вени знаходяться під, а не на поверхні шкіри, робить цю технологію значно безпечнішою, ніж ідентифікація на основі відбитків пальців, а також швидшою та зручнішою для користувача. Однак це більш дорогий метод [12].

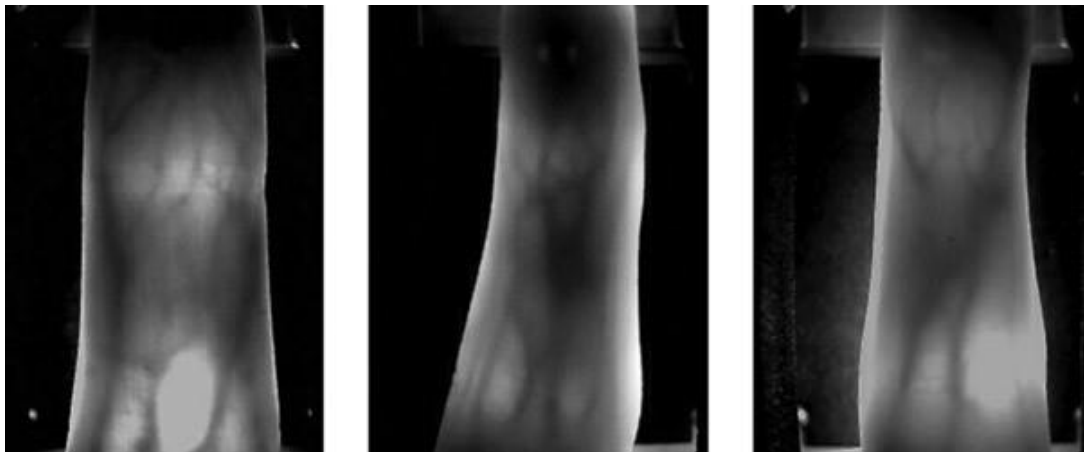


Рисунок 1.4 - Зображення вен пальців

Ще один момент, який слід мати на увазі, полягає в тому, що дуже холодні пальці та «мертві» пальці (наприклад, у людей, які страждають на синдром Рейно) неможливо або важко прочитати за допомогою розпізнавання

візерунків пальців. Але, можливо, найбільшим недоліком є те, що ця технологія все ще недостатньо розроблена.

#### 1.4.5 Розпізнавання образів долонної вени.

Ця техніка також заснована на розпізнаванні унікальних візерунків. Однак, оскільки використовується більше опорних точок, ніж у випадку розпізнавання вен пальців, це ще простіший і безпечніший метод ідентифікації [12].

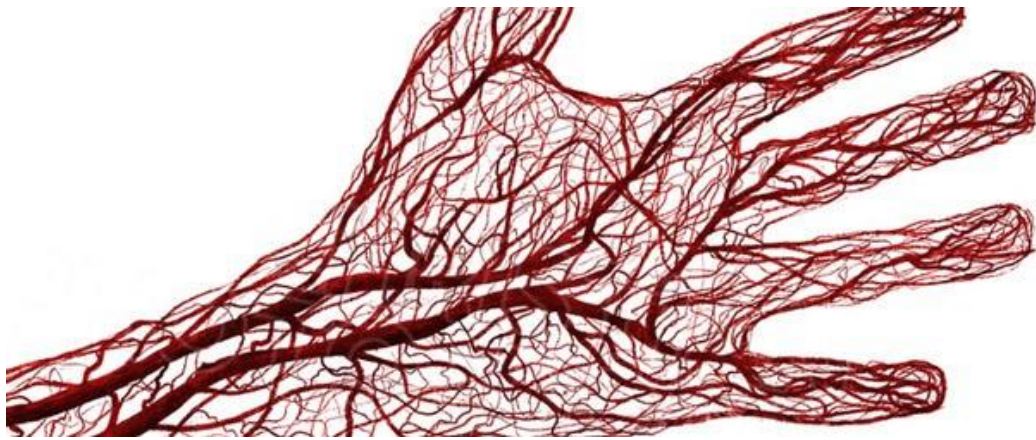


Рисунок 1.5 - Зображення вен долоні

Технологія, яку неможливо скопіювати (або лише з надзвичайними труднощами), наразі вважається найкращим доступним методом у сфері біометричної безпеки, поряд зі скануванням райдужної оболонки ока. Сканування долоні є швидким і точним і забезпечує високий рівень зручності для користувача.

Системи контролю доступу, засновані на розпізнаванні образів вен долоні, відносно дорогі. З цієї причини такі системи в основному використовуються в секторах, які мають високі вимоги до безпеки, таких як уряд, система правосуддя та банківський сектор.

Метод голосової ідентифікації або ідентифікації за мовним сигналом є найпростішим із розглянутих попри те, що не вимагає дорогих технічних засобів для проведення ідентифікації та відрізняється високою достовірністю

самої ідентифікації. Так, для відбору голосових сигналів може бути використаний комп'ютерний мікрофон чи гарнітура, а обробка проводиться безпосередньо середовищем, для доступу до якого і проводиться ідентифікація. Проаналізуємо особливості цього методу.

### **1.5 Основи ідентифікації за мовним сигналом**

В роботі надалі використовуватимуться два терміни – голос та мовний сигнал або мова. В більшості випадків ці терміни будуть ідентичними, але в плані розуміння поняття «мовний сигнал» відрізнятиметься від поняття «голос» тим, що другий є результатом роботи системи голосотворення і являє собою акустичний сигнал із своїми характерними параметрами. Пеший же термін означає голосовий сигнал, який передає певну смислову інформацію. Він є не просто довільним акустичним сигналом, що генерується голосовим апаратом, а складається із певних елементарних неподільних одиниць – фонем, якими в голосовому сигналі передається певний конкретний звук, слово чи фраза. Твким чином термін «мовний сигнал» є більш ширшим від терміну «голос» та включає в себе останній.

Ідентифікація за мовним сигналом – це технологія, яка використовує голос людини (мовний сигнал) для ідентифікації та підтвердження її особистості [13-17]. Цей тип біометричного рішення дуже ефективний і швидкий при обробці мовних шаблонів. Реалізація таких систем також нескладна.

Тут важливо зазначити, що біометрична ідентифікація на основі мови – це не те саме, що технологія розпізнавання мовлення. Останній розпізнає слова, коли людина говорить (наприклад, системи розпізнавання мовлення в смартфонах), але це не біометрична технологія.

Як же тоді працює біометрична система розпізнавання мови? Щоб забезпечити коректність системи біометричної ідентифікації, необхідна фаза

реєстрації мовного сигналу (яку можна зробити лише за 20 секунд мовлення). На цьому етапі унікальні біометричні мовні моделі людини обробляються, зберігаються як відбиток голосу та захищаються в базі даних. Ця інформація пізніше дозволить підтвердити та ідентифікувати особу системою.

Основні характеристики мовної біометрії [13-17]:

Це точна і надійна біометрична технологія, яка дозволяє клієнтам взаємодіяти з системою, щоб підтвердити себе, підтвердити свою особу або, наприклад, підписувати документи голосом.

Біометрія мови порівнює сотні унікальних характеристик голосу з попередньо збереженим мовним відбитком. Це допомагає запобігти шахрайству та крадіжці особистих даних.

Для клієнтів ця система являє собою великий крок вперед з точки зору безпеки та прозорості.

Розпізнавання мови та ідентифікацію мови можна використовувати багатьма способами. Однією з найпоширеніших є біометрична перевірка особи. Різні компанії можуть використовувати мовну біометрію, щоб легко ідентифікувати клієнтів і пропонувати їм кілька послуг швидше, ніж за допомогою більш традиційного процесу ідентифікації [13-17].

Мовна ідентифікація також може використовуватися як частина рішення для багатофакторної ідентифікації.

Типи компаній, які можуть отримати вигоду від впровадження мовної біометричної ідентифікації у свій повсякденний бізнес, походять із багатьох різних галузей. Найбільшими перевагами можуть скористатися охорона здоров'я, індустрія фінансових послуг, страхування, комунальні послуги, телекомунікації, подорожі та державні організації.



## 1.6 Суть та типи ідентифікації за мовним сигналом

Ідентифікація за мовним сигналом або розпізнавання голосу — це технологія біометричної ідентифікації, яка дозволяє користувачам отримувати доступ до онлайн-сервісів за допомогою мови [13].

Іншими словами, мовна біометрія — це наука про використання голосу людини як унікальної ідентифікаційної біологічної характеристики.

Часто характеристики голосу вимірюються за допомогою визначення параметрів голосу або спонукання користувача вимовити унікальну фразу для поточної транзакції. Його також можна виміряти пасивно — користувачеві не потрібно свідомо вимовляти потрібну фразу.

Є два основних типи методів мовної ідентифікації [16]:

### 1) Текстово-залежна ідентифікація

Як випливає з назви, текстово-залежна ідентифікація залежить від слів, які вимовляє людина. Ця послідовність слів часто створюється системою і називається «мовною парольною фразою».

Як правило, мовна парольна фраза складається з трьох або чотирьох слів, і для вимовлення слів потрібно 1,5 секунди.

Текстово-залежна ідентифікація є активним методом ідентифікації, що означає, що диктор повинен свідомо виконати реєстрацію або вимовити необхідну фразу, згенеровану системою. Голосовий вхід для мобільного або веб-сайту або перевірка особистості клієнта за допомогою ідентифікації IVR є деякими чудовими прикладами текстово-залежної ідентифікації.

### 2) Текстово-незалежна ідентифікація

Цей метод мовної біометричної ідентифікації виконує перевірку голосу без обмежень щодо мовного вмісту.

У порівнянні з текстово-залежним методом, текстово-незалежна ідентифікація є більш зручною, оскільки користувач може вільно спілкуватися

з системою. Однак для досягнення точнішої ефективності знадобиться більш тривале навчання та тестування зразків висловлювань.

Незалежну від тексту перевірку можна використовувати в кол-центрах, де клієнт може сказати будь-що під час взаємодії з агентом або IVR (інтерактивна мовна відповідь), що дозволяє ідентифікувати диктора у фоновому режимі.

Системи розпізнавання голосу реєструють людину, створюючи початковий шаблон. Часто це результат об'єднання кількох шаблонів із зразків мовлення цієї людини для більшої точності.

Початковий шаблон називається шаблоном реєстрації або мовним відбитком реєстрації. Інструмент ідентифікації зберігає ці шаблони в захищених базах даних.

Залежно від методу ідентифікації (текстозалежний чи незалежний від тексту), інструмент мовної біометрії відбирає мовний шаблон користувача. Однак він не перевіряє автентичність того, що говорить особа – він лише перевіряє, хто говорить. Він виділяє характеристики, які відрізняють мовлення людини від інших людей. Результатом є мовний відбиток або мовний шаблон, аналогічний відбитку пальця.

Голос людини надзвичайно важко підробити для цілей біометричного порівняння через притаманну йому унікальність, як-от діалект, стиль мовлення та висота.

Це просто означає, що навіть якщо голосове уособлення звучить схоже на людське вухо, детальний аналіз мовного відбитка, зроблений за допомогою комп'ютерних алгоритмів, може допомогти відрізнити його від зразка.

Понад 70 частин тіла, кожна з яких має унікальний розмір і форму, сприяють тому, як людина говорить. Біометрія мови спирається на характеристики голосу, які сильно корелюють з фізіологічними якостями того, як людина створює мову.

## 1.7 Практики використання ідентифікації за мовними сигналами

Від контакт-центрів і мобільних додатків до програм для обміну повідомленнями та пристроїв розумного дому — мовна біометрична функція може працювати в різних випадках використання [13-17].

### 1) Мобільні програми

Основним випадком використання мовної ідентифікації для споживачів є мобільна ідентифікація без використання рук. Все, що потрібно зробити, це надати голосову команду для входу в систему або авторизації покупок, усуваючи необхідність запам'ятовувати логіни та паролі.

Це ідеально підходить для мобільних телефонів або інших налаштувань, де розпізнавання обличчя та інші форми біометричної ідентифікації можуть бути незручними.

Крім того, мовна ідентифікація також може бути корисною для рішень віртуального помічника, таких як Google Home, Amazon Alexa і Siri. Можна використовувати її для розміщення замовлень та виконання інших функцій, які потребують певної ідентифікації.

### 2) Колл-центри та системи IVR

Застарілі методи безпеки, як-от традиційні паролі чи запитання, більше не є достатньо безпечними. Системи мовної біометричності забезпечують стійкість до імітації голосу за допомогою внутрішніх алгоритмів, що використовуються для біометричного аналізу, і пропонують список блоків. Це робить технологію особливо корисною в галузі підтримки дзвінків.

### 3) Веб-додатки

Можна додати системи голосової перевірки до веб-сторінок або додатків у секторах банківської діяльності та електронної комерції. Мовна ідентифікація у веб-додатках може бути корисною для віддаленої ідентифікації користувачів.

Крім того, пасивна реєстрація або незалежна від тексту ідентифікація дозволяють легко залучати нових користувачів до служби без будь-якої реєстрації. Клієнти автоматично перевіряються безпосередньо в часі під час взаємодії з IVR або агентом контакт-центру.

#### 4) Інтернет речей (IoT)

Додатки IoT пропонують нові та інноваційні способи спілкування та взаємодії між людьми та машинами. Належна реалізація мовної ідентифікації може забезпечити більш гнучкий досвід роботи з користувачами, ніж традиційні методи, такі як сенсорні екрани. А оскільки мовна ідентифікація може забезпечити додатковий рівень безпеки, можна легко отримати доступ до свого домашнього пристрою IoT без будь-яких проблем.

### **1.8 Переваги та недоліки ідентифікації за мовним сигналом**

Перевагами голосової ідентифікації є наступні [13-17]:

#### 1) Знижені витрати

Рішення для голосової біометрії не тільки зменшує експлуатаційні витрати, але й підвищує ефективність процесу безпеки.

Це допоможе заощадити фінанси, виключивши традиційні методи ідентифікації клієнтів, як-от таємні запитання. Натомість система розпізнає відбиток мови диктора, щоб підтвердити його особу.

Для колл-центрів це в кінцевому підсумку скорочує середній час обробки, який агент витратив би на ідентифікацію клієнтів, що призводить до зниження операційних витрат.

#### 2) Підвищена безпека

На відміну від PIN-коду та таємних запитань, мовна біометричність гарантує, що людина, яка телефонує, справді є тим, за кого вона себе видає.

І зі зростанням кількості атак із шахрайством особистих даних зростає потреба в надійних і безпечних методах, таких як багатофакторна

ідентифікація (MFA). MFA – це метод перевірки входу, який поєднує принаймні два різні фактори доказу. Розпізнавання мови вважається фактором ідентифікації типу 3. Цей фактор ідентифікації використовує будь-яку частину людського тіла, яку можна запропонувати для перевірки, як-от сканування долоні, розпізнавання обличчя або перевірка голосом.

### 3) Покращений досвід роботи з клієнтами

Завдяки технології розпізнавання диктора абонентам більше не потрібно вводити паролі чи PIN-коди або відповідати на таємні запитання, щоб підтвердити свою особу.

Це робить мовну біометрію ідеальною для багатоканальних додатків. Після реєстрації клієнта можна використовувати його мовний відбиток у всіх каналах підтримки компанії. Це робить робочий процес простішим та ефективнішим для законних клієнтів. Крім того, залежно від причини дзвінка, мовна біометричність може скоротити час, необхідний для підтвердження особи. Це може допомогти покращити персоналізацію дзвінків, а також покращити якість обслуговування клієнтів.

### Основні проблеми мовної ідентифікації:

1) Ідентифікація за допомогою глибоких аудіо підробок. Нещодавній розвиток технологій штучних медіа дозволив людям створювати глибокі підробки. Це синтетично виготовлені підроблені голоси людини, ідентичні їхньому оригінальному голосу. Глибокі підробки стають все більш поширеними і можуть змусити програму ШІ повірити в її справжність.

Щоб запобігти доступу неавторизованих користувачів до бази даних можна створити список дозволених мовних відбитків і зберегти їх в активному каталозі. Під час цього процесу система розпізнавання мови реєструє користувача до списку дозволених учасників.

Таким чином, кожен раз, при вході до системи, його мовний відбиток порівнюється як зі списком дозволених, так і зі списком блокованих мовних відбитків шахраїв.

І поки триває ідентифікація, пасивне виявлення шахрайства може надсилати сповіщення, якщо мовний відбиток збігається з базою даних блокованого списку.

2) Низька точність. Фоновий шум є важливим фактором, який впливає на автоматичне розпізнавання мови. Це може вплинути на якість голосового шаблону диктора і, у свою чергу, знизити рівень точності процесу ідентифікації.

Система мовної ідентифікації може бути не в змозі розрізнити окремих голос, розмови інших людей та навколишній шум, що призводить до плутанини та помилок у транскрипції. Для безперебійної ідентифікації можна використовувати мікрофони або гарнітури з шумопоглинанням, які дозволяють програмному забезпеченню зосередитися на мові. І хоча можна забезпечити це в діловій обстановці, не кожен клієнт може мати доступ до таких гаджетів або тихого середовища.

Для усунення деяких зазначених недоліків або їхнього зниження власне і потрібно провести вибір математичної моделі та розробити метод опрацювання мовних сигналів, який давав би можливість отримати нові стійкі ознаки для мовної ідентифікації користувачів.

## **1.9 Висновки до розділу 1**

В розділі проаналізовано основні методи ідентифікації та аутентифікації користувачів, виділено їх плюси та мінуси. Встановлено, що в плані достовірності результатів ідентифікації найкращими є методи, які ґрунтуються на застосуванні біометричних параметрів користувача, що є його індивідуальними параметрами, які викрасти чи підробити практично неможливо. Встановлено, що серед усіх поширених методів біометричної ідентифікації за складністю, вартістю реалізації та доступністю обладнання для цього найпростішим є метод мовної ідентифікації. Однак, з розвитком

комп'ютерних програм генерування мовних сигналів поширені алгоритми голосової ідентифікації є вразливими, що потребує розроблення кращих, більш ефективних та надійних алгоритмів голосової ідентифікації на основі аналізу декількох різних параметрів мовних сигналів. Для цього необхідно провести математичне моделювання мовних сигналів, що полягає у виборі адекватної для задачі біометричної ідентифікації користувача математичної моделі таких сигналів та розроблення методів їхнього опрацювання.

## 2 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ МОВНИХ СИГНАЛІВ

### 2.1 Природа мовних сигналів

Математична модель мовних сигналів повинна враховувати природу їхнього утворення та відкривати нові можливості в області ідентифікації користувачів шляхом застосування нових методів опрацювання мовних сигналів і отримання із них нових інформативних ознак. Тому проаналізуємо спочатку особливості утворення мовних сигналів та сформулюємо вимоги до математичної моделі таких сигналів/

Основи акустичної теорії голосотворення досить докладно викладені в монографіях Г. Фанта і Д. Фланагана [18,19]. Схематичне зображення генерації мови людиною наведено на рис. 2.1.

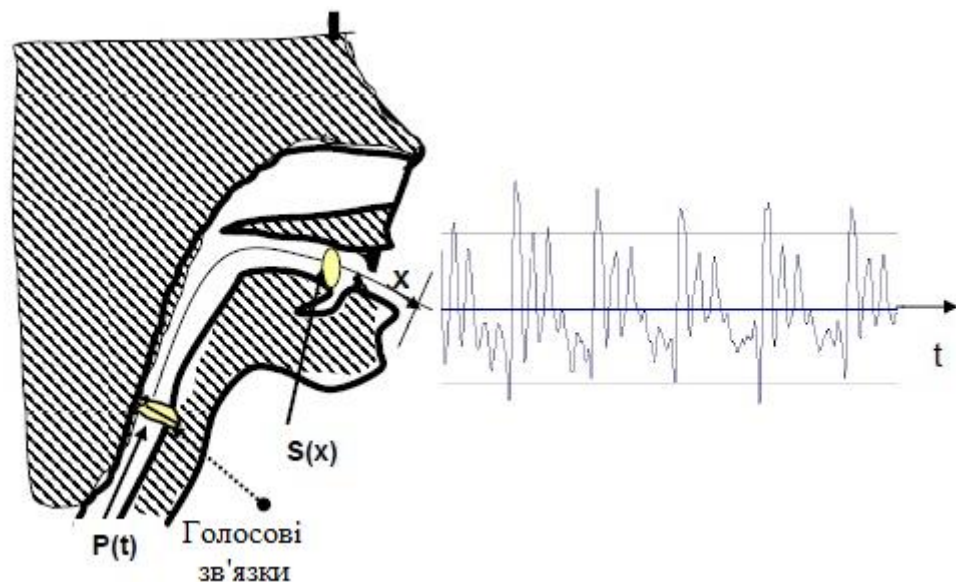


Рисунок 2.1 - Схематичне зображення генерації мови людини

Два паралельних канали (ротовий і носовий) утворюють єдину акустичну систему, збудовану коливаннями голосових зв'язок, що



знаходяться біля основи глотки, або турбулентним шумом, що виникають в місці звуження ротового каналу [18-24]. Енергія збудження створюється за рахунок легеневого зусилля, що витрачається на створення надлишкового тиску в мовному апараті. У процесі мовотворення під дією керуючих команд стан активних артикуляторних органів безперервно змінюється, змінюючи конфігурацію всієї акустичної системи. Як наслідок, змінюються її резонансні властивості, тобто частотна характеристика мовного (голосового) тракту.

Імпульси збудження, створювані коливаннями голосових зв'язок, проходячи через мовний тракт, трансформуються в мовний сигнал [18-24].

На осцилограмі мовного сигналу (рис. 2.2) виявляються два типи коливань: коливання з частотою основного тону -  $F_0$  - і додаткові формантні коливання з частотами  $F_i$ .

Розглянемо природу голосових сигналів більш детально.

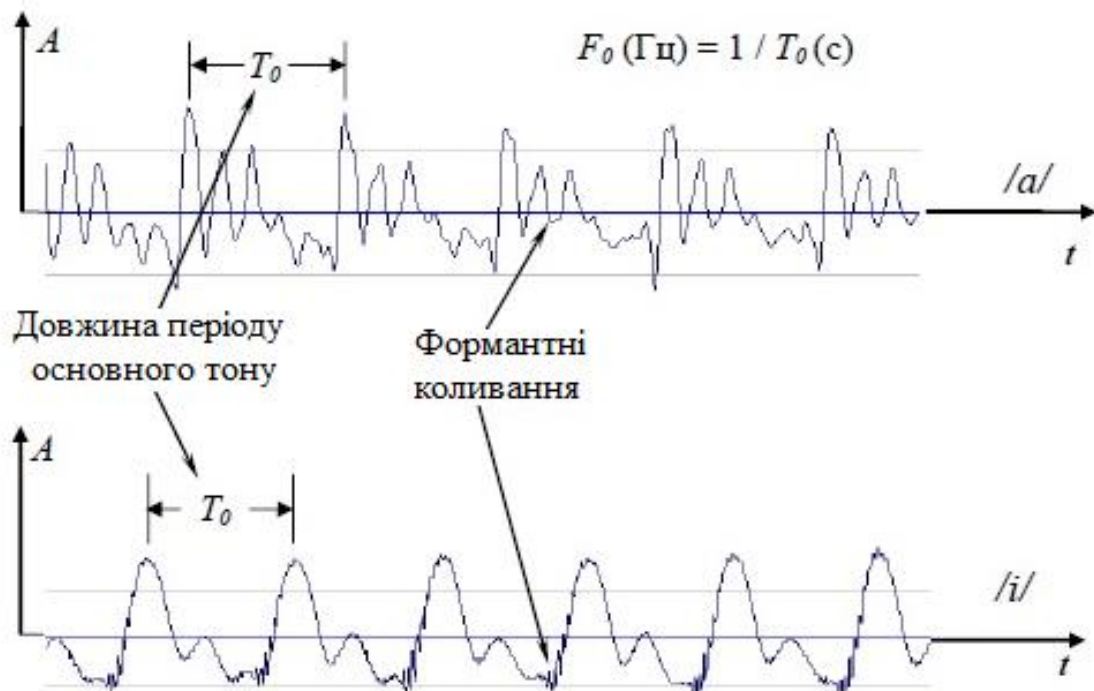


Рисунок 2.2 - Осцилограми мовного сигналу

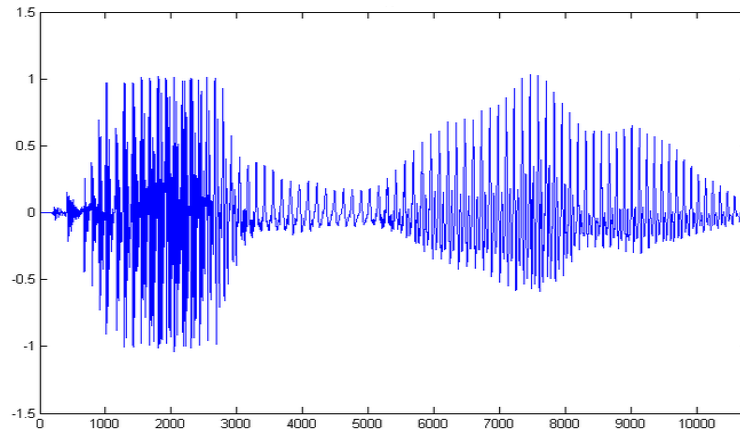


Рисунок 2.3 - Приклад реєстрограми мовного сигналу

Мовна хвиля є результатом впливу одного або декількох джерел звуку на фільтруючу систему мовного тракту. Це просте правило, виражене в термінах акустики та електротехніки, означає, що мовна хвиля однозначно визначається характеристиками джерел звуку та фільтрів [18].

Теорія мовотворення, що заснована на уявленнях про джерела звуку та фільтри, характеризується блок-схемою, наведеною на рис. 2.4. На ньому показано кілька з'єднаних між собою фільтрових ланок, кожна з яких є частиною порожнини мовного тракту. На рис. 2.4 як джерело звуку прийняті голосові зв'язки. Носова порожнина приєднана в точці схеми, що відповідає межі між фарингальною та ротовою областями тракту.

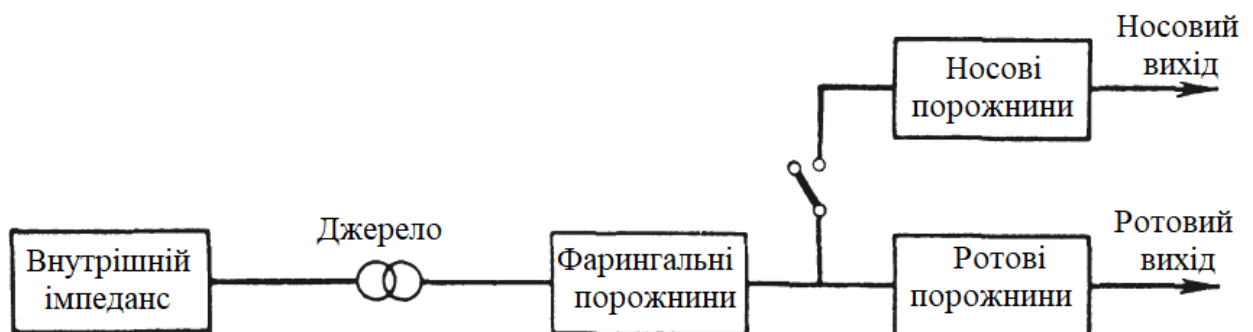


Рисунок 2.4 - Мовотворення, як процес фільтрації.

Повна функція фільтрації, що в техніці називається функцією передачі, є частотною залежністю відношення двох величин: звукового тиску в звуковому полі на відомій відстані від рота і звукового тиску або об'ємної швидкості джерела. При більш детальному аналізі частотно-залежні властивості випромінювання отвору рота розглядаються як самостійна складова фільтрової функції. Тоді сама система порожнин мовного тракту характеризується величиною об'ємної швидкості на її виході, тобто у проході між губами [18].

Позначивши через  $S$  – функцію, що характеризує джерело, і через  $T$  – функцію, що відображає властивості фільтра, акустичну характеристику звуку мови можна уявити рівністю:  $P=S \cdot T$ . Строго кажучи, обидві величини, що входять сюди, в загальному випадку залежать і від частоти і від часу. Є відома аналогія між фонетичним терміном «фонація» та технічним «джерелом», так само як і між термінами «артикуляція» та «фільтр». Ця аналогія справедлива, якщо відрізнити фонацію від артикуляції, розуміючи під першим саме створення звучання, тоді як артикуляцією формується певна фонетична якість звуку. Фільтрові властивості мовного тракту залежать від положення артикуляторів, що дозволяє вважати поняття фільтра і артикуляції порівнянними, принаймні в тому випадку, якщо мати на увазі ідеалізовані моделі мовного тракту [18,19].

Говорячи про мовотворення, слід зазначити, що джерело  $S$  у формулі  $P=S \cdot T$  являє собою акустичне збурення, накладене на потік повітря, що видихається; це збурення викликається або перешкодою в мовному тракті, що зумовлює наявність тертя або раптовим відкриттям та закриттям проходу, або, у разі сонорних звуків, квазіперіодичною модуляцією потоку повітря зміною ширини проходу між голосовими зв'язками.

Основною властивістю мовного джерела є періодичність створюваного звуку, яка визначається тривалістю одного циклу роботи голосових зв'язок; обернена їй величина є основною частотою голосу і дорівнює

$$F_0 = \frac{1}{T_0} \cdot \quad (2.1)$$

Тривалість циклу, яким визначається висота голосу, завжди дещо змінюється від періоду до періоду. Частково ці зміни мають систематичний характер і пов'язані з інтонаційним малюнком мови, частково ж є випадковими або, точніше кажучи, ненавмисними коливаннями; проте ці коливання є суттєвою ознакою природного людського мовлення.

Іншою характеристикою мовного джерела є огинаюча спектра створюваних ним коливань, тобто залежність  $S(f)$  амплітуд складових спектру від їх частоти. Огинаюча визначається регістром голосу, основною частотою і гучністю вимови, але відображає ще й індивідуальні властивості голосу людини.

Однією з основних ознак класифікації звуків мови у класичній фонетиці є характеристика джерела. Терміни «гармонічний/негармонічний спектр» або, у часовому уявленні, «періодичний/неперіодичний звук» застосовуються відповідно до випадків наявності/відсутності мовного джерела.

Наведені терміни «гармонічний» або «періодичний» не є з фізичної точки зору правильними; завжди мають місце випадкові зміни ОЧ коливань голосових складок, тому сонорні звуки можна розглядати лише як квазіперіодичні.

Термін «голос» використовується як характеристика категорії джерела, і як характеристика специфічного виду звукових коливань [18-38]. З точки зору характеру джерела можливі такі випадки:

- а) відсутність джерела (пауза);
- б) лише голосове (мовне) джерело;
- в) одночасно голосове та шумове джерела;
- г) шумове джерело, одне або кілька.

Термін "шумове джерело" відноситься до первинного акустичного збурення в мовному тракті, що виникає при утворенні шумових звуків мови.

Таке джерело може бути безперервним, як у разі звуків, які можуть вимовлятися протяжно, та імпульсним, що має місце для звуків, для яких мала тривалість та певна швидкість наростання та спадання є критичними характеристиками. Найчастіше шумові джерела за фізичними умовами утворення звуку є турбулентними; нетурбулентне шумове джерело утворюється тільки тоді, коли відбувається раптовий спад надмірного тиску або різке переривання повітряного струменя. Цей вид джерела доцільно називати «імпульсним», як це прийнято в електроніці.

Імпульсне джерело не ідентичне з переривчастим турбулентним, хоча, як правило, вони мають місце при утворенні таких звуків, як глухі вибухові [18]. При цьому імпульсне джерело є результатом ударного впливу на порожнини мовного тракту у момент раптового зникнення надлишкового тиску при «вибуху», а турбулентне джерело обумовлене випадковими збуреннями повітряного струменя, що утворюється в момент «вибуху» і проходить через звуження в мовному тракті.

Аналітичне уявлення мовотворення шляхом розкладання на дві компоненти - джерело і фільтр - можна продемонструвати на простому прикладі, що відноситься до сонорного звуку мови. Внаслідок великого внутрішнього опору голосової щілини характеристикою джерела вважатиметься заданий пульсуючий потік повітря через голосову щілину. Цей потік як функція часу може бути представлений пилюкоподібною кривою, наведеною на рис. 2.5 ліворуч угорі; використовуючи ПФ, можна отримати спектр джерела у вигляді ряду гармонік, як показано на малюнку зліва вниз. Для отримання амплітудного спектру звуку після мовного тракту амплітуди кожної з гармонік спектру джерела  $|S(f)|$  множаться на значення фільтрової функції  $|T(f)|$  для частоти цієї гармоніки:

$$|P(f)| = |S(f)| \cdot |T(f)|. \quad (2.2)$$

Фаза кожної з гармонік після передачі мовним трактом може бути отримана як сума фази даної гармоніки в спектрі джерела і фази фільтрової функції для частоти цієї гармоніки, тобто:

$$\varphi_P(f) = \varphi_S(f) + \varphi_T(f). \quad (2.3)$$

Це - процес синтезу, який може бути реалізований у всіх деталях апаратно. Для фонетичних досліджень дані про огинаючу амплітудного спектра  $|P(f)|$  зручніші, ніж дані про форму хвилі, представлені осцилографічним записом звукового тиску  $p(t)$ . Технічним завданням спектрального аналізу вимови є отримання огинаючої функції  $P(f)$  за часовою залежністю  $p(t)$  звуку, що сприймається мікрофоном. Фазовою функцією  $\varphi_P(f)$ , як правило, нехтують, тому що вона не додає суттєвої інформації до амплітудних даних [18].

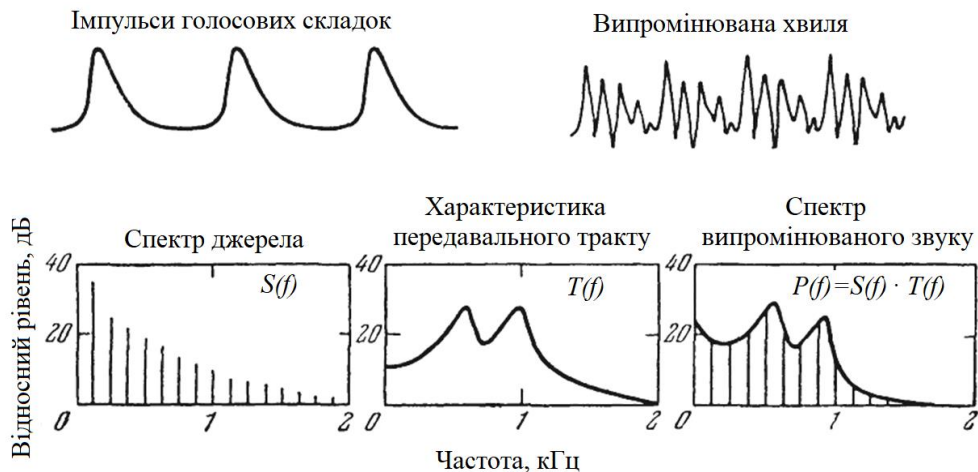


Рисунок 2.5 - Спрощене уявлення про утворення спектра двоформантного сонорного звуку як результату передачі спектра джерела через фільтрову систему. Періодична залежність від часу змін повітряного потоку через голосову щілину перетворюється на спектр гармонік  $S(f)$ , який після множення на характеристику фільтрової системи  $T(f)$  дає спектр  $P(f)$  голосного; цей звук може бути представлений і як функція часу, яка показана вгорі праворуч

Резонансні піки на спектральній картині звуків мови, називаються формантами. На рис. 2.5 можна бачити, що кожному з резонансів відповідає область відносно великих значень функції передачі мовного тракту. Ця вибіркова властивість тракту, що характеризується функцією  $|T(f)|$ , не залежить від властивостей джерела.

Частотне розміщення максимумів  $|T(f)|$ , тобто резонансні частоти, дуже близькі до відповідних максимумів спектра  $P(f)$  цього звуку.

Істотний вплив на спектр одного й того ж звуку надають зміни спектра джерела, які обумовлені індивідуальними особливостями голосу та голосовим зусиллям під час вимови звуку. Зменшення цього зусилля, при постійному частотному положенні всіх формант, призводить до зниження рівня всіх гармонік, проте рівень вищих гармонік знижується більшою мірою, ніж низьких, оскільки зниження інтенсивності голосу зазвичай супроводжує збільшення крутості спадання огинаючої спектра джерела до високих частот.

Форманти як такі позначаються символами  $F_1, F_2, F_3$  і т. д., в порядку їхнього слідування за шкалою частот; для частот цих формант або відповідних їм резонансів мовного тракту прийнято позначення  $F1, F2, F3$  і т. д. У спрощеній моделі, представленій на рис. 2.5, враховуються лише дві форманти. У дійсних звуках завжди присутні і  $F3$ , і  $F4$ , хоч і з різною інтенсивністю [18].

Відстань за частотою між формантами становить для чоловічих голосів у середньому 1000 Гц. Це статистичне середнє корелюється з середньою довжиною мовного тракту. У жінок, для яких ця середня довжина менша, відстань між формантами більша і середні частоти форманти вищі. Аналогічні співвідношення мають місце при порівнянні дітей із дорослими.

З цієї причини у двох дикторів, які вимовляють «один і той же» голосний, частоти формант дещо відрізняються залежно від конкретних розмірів мовного тракту. Розкид частот формант може бути особливо великий, якщо розглядаються всі відтінки фонем, що залежать від контексту, і всі можливі категорії дикторів.

Одним з основних питань при аналізі мови є питання про ступінь розчленованості мовної хвилі. Традиційний підхід до вирішення цього питання зводиться до того, що за основу членування об'єктивної картини мови приймаються лінгвістичні критерії, що відображаються у фонематичній транскрипції. Шляхом систематичного порівняння акустичних картин окремих звуків у різних контекстах можуть бути отримані загальні висновки про об'єктивні ознаки звуку, типові для даної фонемі. Важливість цього дослідження безсумнівна; однак, щоб уникнути невизначеності у розмежуванні наступних один за одним мовних елементів, необхідно почати з сегментації та опису мовної хвилі на основі її фізичної структури; отримані в результаті цього елементи є скоріш фонетичними, а не фонематичними одиницями.

В ідеалі можна було б отримати опис акустичної картини мови як послідовності у часі звукових одиниць, чітко відокремлених одна від одної строго певними межами. При встановленні цих меж зручно виходити з уявлення про механізм утворення звуків мови як джерела звуку і фільтра. Так, межа між тривалим носовим і наступним за ним тривалим ротовим може бути визначена зміною системи фільтрів мовного тракту, що відбувається при розкритті ротової змички; перехід від дзвінкого тривалого піднебінного приголосного до голосного характеризується більш плавною зміною системи фільтрів; межа між голосним і попереднім йому інтервалом аспірації, під час якого становище артикуляторних органів відповідає голосному, визначається переважно зміною джерела; поява голосного після тривалого зубного фрикативного приголосного характеризується відносно різкою зміною як джерела, так і властивостей системи фільтрів, оскільки ці властивості суттєво залежать від розташування в ній джерела. Перехід від паузи до наступного інтервалу звучання визначається лише джерелом за умови, що артикуляторні органи не встигли, на відміну від вибухових, помітно змінити положення за час збудження джерела [18-23].



В результаті подібної чисто акустичної сегментації може бути отримане деяке число мінімальних звукових одиниць, що мають розмір, що дорівнює розміру звуку або менший; ці одиниці можуть бути класифіковані відповідно до особливостей їх утворення. Число таких послідовних у часі звукових одиниць, як правило, більше за число символів фонетичної або фонематичної транскрипції. За бажання узгодити цю транскрипцію зі спектрографічними записами потрібно дотримуватися деяких умовних правил співвідношення акустичних одиниць з тими чи іншими графічними знаками (маркерами).

Відомо, що ідентифікація для тих, хто слухає дану фонему, часто залежить від ознак, що містяться в декількох послідовних у часі акустичних відрізках, і притому не тільки в тому відрізку або в тих відрізках, які зазвичай відносять до певного символу традиційної фонетичної транскрипції, але і в тих, які прийнято приписувати попередній чи наступній фонемі. Добре відомим прикладом цього є перехідні зсуви формант в межах першої частини звучання голосного звуку, які визначають ідентифікацію попереднього приголосного звуку. Подібні «перехідні» ознаки мають особливо велике значення для розрізнення приголосних носових, а також дзвінких вибухових, тоді як інтенсивні фрикативні мало залежать від цих ознак.

## **2.2 Можливості подання мовних сигналів як стаціонарного випадкового процесу**

Таким чином, беручи до уваги все вище сказане, математична модель повинна враховувати випадковість, що є присутньою в мовних сигналах, повторюваність в структурі голосних та приголосних вокалізованих звуків та давати можливість сегментації мовного сигналу на окремі звуки для наступної мовної ідентифікації. Насам перед проаналізуємо клас стаціонарних випадкових процесів.

Емпіричне уявлення про стаціонарний випадковий процес (ВП) можна отримати, якщо спостерігати будь-які флуктуації параметра, що характеризує фізичний процес, за незмінних макроскопічних умов [39-49]. Іншими словами, стаціонарний випадковий процес є стійким у часі. У зв'язку з цим запроваджують формальне визначення стаціонарного процесу [39-49].

ВП  $\xi(t)$  є стаціонарним у вузькому сенсі, коли всі кінцеві функції розподілу будь-якого порядку інваріантні щодо зсуву за часом, тобто при будь-яких  $n$  і  $t_0$  справедлива рівність [44]:

$$F(x_1, t_1; \dots, x_n, t_n) = F(x_1, t_1 - t_0; \dots, x_n, t_n - t_0). \quad (2.4)$$

Тому, ймовірні характеристики стаціонарного випадкового процесу  $\xi(t)$  не змінюються за зміни початку відліку часу спостереження на довільну величину  $t_0$ . Вочевидь, що аналогічна рівність має виконуватися й для щільностей ймовірностей [44]:

$$w(x_1, t_1; \dots, x_n, t_n) = w(x_1, t_1 - t_0; \dots, x_n, t_n - t_0), \quad (2.5)$$

а також для характеристичних, моментних та кореляційних функцій. З визначення стаціонарності (2.5), зокрема, випливає:

$$w(x_1, t_1) = w(x_1, t_1 - t_1) = w(x_1), \text{ якщо } t_0 = t_1; \quad (2.6.a)$$

$$w(x_1, t_1; x_2, t_2) = w(x_1, t_1 - t_1; x_2, t_2 - t_1) = w(x_1, x_2, \tau), \quad (2.6.b)$$

де  $\tau = t_2 - t_1$ .

Співвідношення (2.6.a) показує, що одномірна щільність ймовірності стаціонарного у вузькому сенсі ВП залежить від часу. Двовимірний закон

розподілу для стаціонарного процесу (2.6.б) залежить від різниці моментів часу, якими обрані ординати випадкових функцій.

З визначення стаціонарності виходить, що стаціонарний випадковий процес не має початку і кінця. В іншому випадку, перемістивши точку спостереження на початок або кінець процесу, отримаємо інший розподіл ймовірностей, що суперечить визначенню стаціонарності.

Математичне очікування (середнє значення) стаціонарного у вузькому розумінні випадкового процесу також не залежить від часу

$$m_{\xi} = M \{ \xi(t) \} = \int_{-\infty}^{\infty} x w(x) dx. \quad (2.7)$$

Кореляційна та коваріаційна функції залежать лише від різниці аргументів  $\tau = t_2 - t_1$ :

$$K_{\xi}(t_1, t_2) = M \{ \xi(t_1) \xi(t_2) \} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} x_1 x_2 w(x_1, x_2, \tau) dx_1 dx_2 = K_{\xi}(\tau); \quad (2.8)$$

$$\begin{aligned} R_{\xi}(t_1, t_2) &= M \{ [\xi(t_1) - m_{\xi}] [\xi(t_2) - m_{\xi}] \} = \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} (x_1 - m_{\xi})(x_2 - m_{\xi}) w(x_1, x_2, \tau) dx_1 dx_2. \end{aligned} \quad (2.9)$$

При чому

$$R_{\xi}(\tau) = K_{\xi}(\tau) - m_{\xi}^2. \quad (2.10)$$

Дисперсія стаціонарного процесу постійна та дорівнює:

$$\begin{aligned}
 D_{\xi} &= \sigma_{\xi}^2 = M\{[\xi(t) - m_{\xi}]^2\} = R_{\xi}(0) = \\
 &= \int_{-\infty}^{\infty} (x - m_{\xi})^2 w(x) dx = M\{\xi^2(t)\} - m_{\xi}^2.
 \end{aligned}
 \tag{2.11}$$

При вирішенні деяких практичних завдань (в рамках кореляційної теорії) багатовимірні щільності ймовірності не розглядають, а оперують лише математичними очікуваннями та кореляційною (коваріаційною) функцією. У зв'язку з цим запроваджується поняття стаціонарності у широкому сенсі [15-19].

Стаціонарний процес  $\xi(t)$  з кінцевою дисперсією називається стаціонарним у широкому сенсі, якщо його математичне очікування та кореляційна (коваріаційна) функція інваріантна щодо зсуву в часі, тобто математичне очікування постійне, а кореляційна функція є залежною від  $\tau = t_2 - t_1$  і скінченна при  $\tau = 0$  [44]:

$$m_{\xi} = \text{const}; \quad K_{\xi}(t_1, t_2) = K_{\xi}(t_1 - t_2) = K_{\xi}(\tau).
 \tag{2.12}$$

Подання мовних сигналів як стаціонарного випадкового процесу дає можливість врахувати імовірнісну природу мовних сигналів, але не має засобів опису коливної структури, яка є притаманна голосним та приголосним локалізованим звукам. Це ускладнює процес сегментації мовних сигналів, на ділянки, що відповідають цим звукам та можуть бути використані додатково для проведення ідентифікації користувачів.

### 2.3 Вибір математичної моделі мовних сигналів для задачі ідентифікації користувача

Як зазначається в працях [18,19] мовний сигнал є складним нестационарним процесом, але на коротких проміжках, рівних від одиниць до декількох десятків періодів основного тону, він може прийматись як стаціонарний випадковий процес. Таким чином, як математичну модель мовного сигналу доцільно використати такий клас випадкових процесів, який враховував би таку структуру мовного сигналу. Таким є клас кусково стаціонарних випадкових процесів [50].

Нехай на інтервалі  $[0, t_1)$  реалізується стаціонарний випадковий процес  $\xi_1(t)$ , на наступному інтервалі  $[t_1, t_2)$  – стаціонарний випадковий процес  $\xi_2(t)$  і так далі, на інтервалі  $[t_{n-1}, t_n)$  – стаціонарний випадковий процес  $\xi_n(t)$ . В загальному випадку такий процес можна подати у вигляді:

$$\Xi_n(t) = (\xi_1(t), \xi_2(t), \dots, \xi_n(t)) \quad (2.6)$$

де:  $\Xi_n(t)$  – випадковий процес – мовний сигнал.

Для такого процесу вводиться поняття розладки, що характеризує переходи між ділянками, на яких присутні стаціонарні випадкові процеси  $\xi_1(t), \xi_2(t), \dots, \xi_n(t)$ . При цьому можливим є визначення таких переходів [20].

Однак, така модель є придатною для опису голосних та приголосних вокалізованих звуків. У випадку глухих, свистячих та їм подібних звуків мови структура цих звуків є шумовою та відповідає складним нестационарним процесам. Однак, для задачі ідентифікації цього є достатньо. Можливим стає виявлення в структурі мовного сигналу ділянок, які відповідають голосним та приголосним звукам. А тривалості цих ділянок і співвідношення їх в словах, за якими проводиться ідентифікація, можуть бути використані як додаткові

інформативні ознаки для підвищення достовірності та точності самої ідентифікації користувача.

Зробити це можна наступним чином. В процесі обробки мовного сигналу власне обробка має проводитись на вузьких проміжках часу, які рівні декільком одиницям або десяткам періодів основного тону – в межах ковзного вікна. Зсуваючи вікно в часі за стрибкоподібною зміною ймовірнісних характеристик, обчислених в межах кожного вікна можливим стає виявлення переходів між окремими звуками та виділення ділянок, що відповідають голосним та приголосним вокалізованим звукам. В такий спосіб можна реалізувати процедуру сегментації мовного сигналу та відповідні ділянки, за виключенням глухих, свистячих та їм подібних звуків.

## **2.4 Висновки до розділу 2**

В розділі проаналізовано природу та особливості творення мовного сигналу для формування вимог до математичної моделі такого сигналу. Встановлено, що в процесі творення голосних та приголосних звуків задіюються голосові складни, які, коливаючись майже періодично, створюють такі ж коливання в структурі цих звуків, що називається основним тоном. Власне значення частоти основного тону пропонується використати як першу інформативну ознаку для ідентифікації користувачів, оскільки її значення є індивідуальною характеристикою кожної людини.

Для ідентифікації також пропонується як другу інформативну ознаку використати тривалості ділянок мовного сигналу, які відповідають голосним та приголосним вокалізованим звукам, що також буде індивідуальною характеристикою кожної людини в силу притаманного їй стилю та темпу мовлення.

Також встановлено, що в силу своєї природи мовні сигнали є складними випадковими процесами. Відповідно, математична модель повинна

враховувати випадковість, що є присутньою в мовних сигналах, повторюваність в структурі голосних та приголосних вокалізованих звуків та давати можливість сегментації мовного сигналу на окремі звуки для наступної мовної ідентифікації.

Проаналізовано можливість подання мовного сигналу як стаціонарного випадкового процесу. Встановлено, що таке подання мовних сигналів дає можливість врахувати їхню імовірнісну природу, але не має засобів опису коливної структури, яка є притаманна голосним та приголосним локалізованим звукам. Це ускладнює процес сегментації мовних сигналів, на ділянки, що відповідають цим звукам.

Як математичну модель мовних сигналів використано кусково стаціонарний випадковий процес, який відповідає поставленим вимогам, зокрема і дає можливість сегментації мовного сигналу на ділянки, які відповідають голосним та приголосним вокалізованим звукам шляхом застосування методів статистичної обробки стаціонарних випадкових процесів та методу ковзного вікна.

## **3 РОЗРОБКА МЕТОДУ ІДЕНТИФІКАЦІЇ КОРИСТУВАЧІВ ЗА МОВНИМ СИГНАЛОМ**

### **3.1 Метод ідентифікації користувача за мовним сигналом**

В розділі проводиться розроблення методу мовної ідентифікації осіб. Власне процес ідентифікації проводиться в два етапи. На початковому етапі проводиться реєстрація мовного сигналу, що являє собою вимовлене особою тестове слово, за яким при кожному наступному зверненні буде проводитись ідентифікація особи. Унікальними для ідентифікації будуть як саме тестове слово, так і індивідуальні біометричні параметри голосу особи. Зокрема проводиться виділення ділянок мовного сигналу, які відповідають голосним та приголосним вокалізованим звукам та оцінювання значення частоти основного тону. Для ідентифікації на наступних етапах будуть використані значення цієї частоти та тривалості ділянок голосних та приголосних вокалізованих звуків, що і будуть біометричними параметрами особи.

При реєстрації нового користувача певним сервісом чи базою даних, йому (користувачу) необхідно буде вимовити в мікрофон послідовність голосних звуків. Вони будуть використані системою для визначення приблизного значення частоти ОТ, яке буде індивідуальним біометричним параметром користувача. Далше користувачу потрібно буде придумати та вимовити в мікрофон певне тестове слово – пароль, яке буде відоме лише користувачу. Система за отриманим попередньо значенням частоти основного тону проведе опрацювання запису цього слова та виділить в ньому ділянки, на яких буде присутня ця частота. Ці ділянки будуть відповідати голосним та приголосним вокалізованим звукам. Значення частоти основного тону а також тривалості обчислених інтервалів в тестовому слові та їх послідовність для окремого слова будуть використані при наступній ідентифікації користувача.



Для визначення частоти основного тону гарно зарекомендував себе метод формантного аналізу, відповідно до якого частота розміщення першого максимуму в спектрі голосного звуку відповідатиме частоті основного тону [51-59]. На першому етапі, після запису голосного звуку чи звуків система проводитиме побудову спектра потужності сигналу а визначення частоти основного тону. Але, оскільки сам мовний сигнал є випадковим процесом, значення цієї частоти також буде змінюватись. Однак, як зазначено в [рафінер лоренц], на коротких інтервалах часу (менше 0,1 с) мовний сигнал може прийматись як стаціонарний випадковий процес. Таким чином, можна виділяти ділянки мовного сигналу тривалістю близько 0,1 с, для кожної ділянки провести побудову спектра потужності, визначити для кожного такого спектра частоту основного тону та обчислити середнє значення цієї частоти. Саме в такий спосіб планується проводити визначення частоти основного тону в пронованому методі мовної ідентифікації.

При цьому такий аналіз мовного сигналу відповідає поданню останнього у вигляді кусково стаціонарного випадкового процесу, зокрема при аналізі не лише окремих голосних звуків, а і постідовностей різних звуків у вимовленому тестовому слові, для якого окремі стаціонарні ділянки відповідатимуть окремим звукам. Власне метод опрацювання ґрунтується на застосуванні ковзного вікна, яке транслюється по реєстрограмі мовного сигналу. В межах кожного вікна проводиться оцінювання наявності ознак основного тону з використанням методів формантного аналізу. Зокрема в межах кожного вікна проводиться обчислення оцінок спектральної густини потужності та виявлення наявності максимумів в діапазоні частот, який може приймати значення частоти основного тону. Цей діапазон орієнтовно може становити від 60 до 600 Гц. Частота розміщення першого максимуму відповідатиме частоті основного тону.

Блок-схема алгоритму визначення частоти основного тону наведена на рис. 3.1.

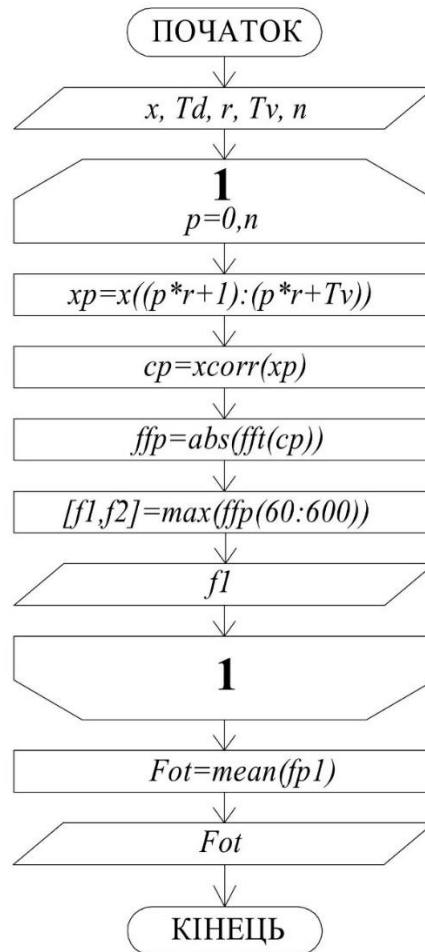


Рисунок 3.1 - Блок-схема алгоритму визначення частоти основного тону

Відповідно до рис. 3.1, вихідним до аналізу є мовний сигнал (на першому етапі це окремі голосні звуки та тестове слово) –  $x$ , період його дискретизації –  $T_d$ , що є оберненим до частоти дискретизації, ширина ковзного вікна –  $T_v$ , та величина зсуву вікна при його трансляції по мовному сигналу –  $r$ . Під час першої частини опрацювання проводиться формування ковзного вікна – ковзної вибірки з мовного сигналу.

Тепер, знаючи наближене значення частоти основного тону можна визначити діапазон його зміни за правилом трьох сігма, за яким частота основного тону може змінюватись від  $-3\sigma$  до  $+3\sigma$ , де  $\sigma$  – середньоквадратичне

відхилення, яке може бути знайдене за множиною обчислених значень частоти основного тону для вибірок з мовного сигналу.

Блок-схема алгоритму знаходження діапазону зміни частоти основного тону наведена на рис. 3.2.

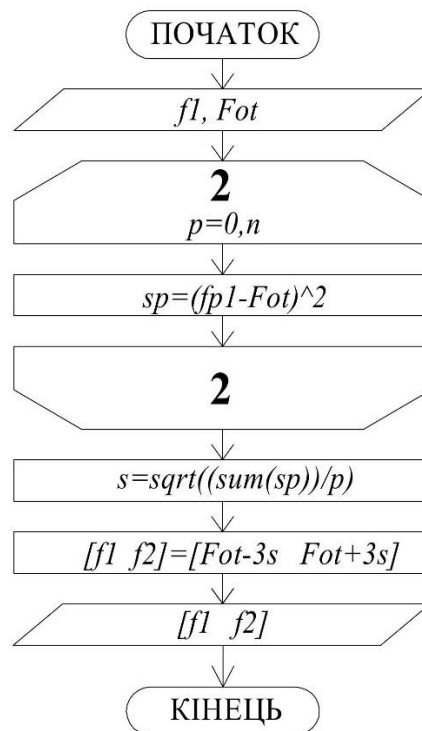


Рисунок 3.2 - Блок-схема алгоритму знаходження діапазону зміни частоти основного тону

Дальше системою проводиться аналіз запису тестового слова. В межах кожного ковзного вікна проводиться обчислення спектра потужності та визначається наявність максимуму в межах обчисленого раніше діапазону зміни частоти основного тону. Відкладаючи значення цих максимумів на часовій осі відповідно до положення кожного вікна, можна отримати криву, яка відобразить для даного звукового сигналу ділянки, що відповідають голосним та приголосним вокалізованим звукам. При цьому можливим стає визначення тривалостей ділянок, які відповідають голосним та приголосним вокалізованим звукам відповідно до вимовленого особою тестового слова.

На рис. 3.3 наведено реєстрограму мовного сигналу, що являє собою послідовність голосних звуків [а] (перших 6 звуків) та приголосних вокалізованих звуків [л] (останні 3 звуки).

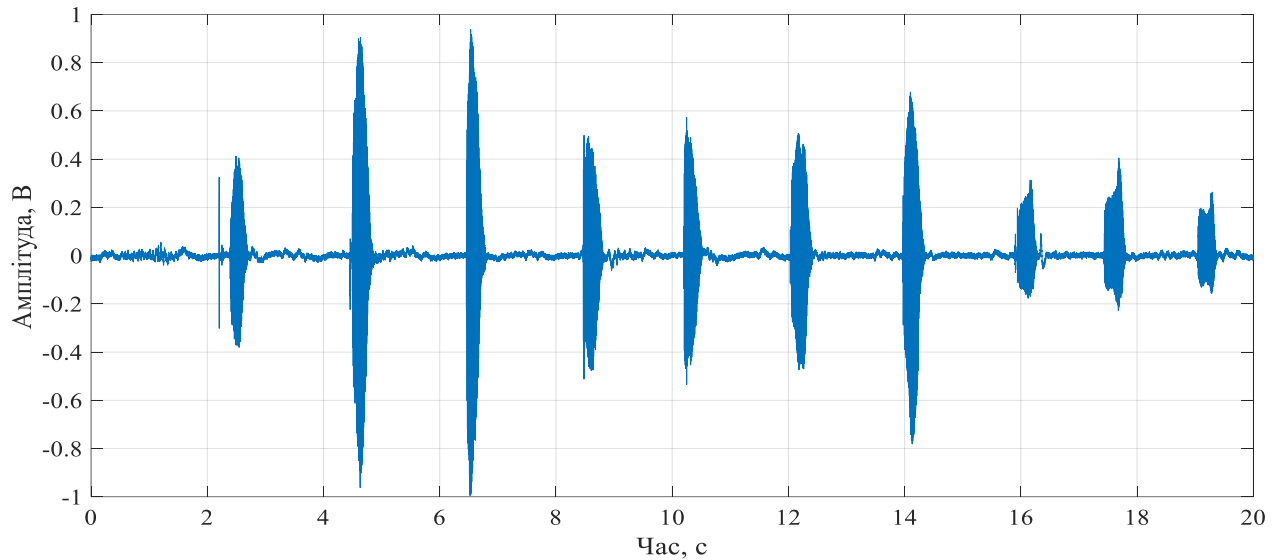


Рисунок 3.3 - Реєстрограма мовного сигналу, що являє собою послідовність голосних звуків [а] (перших 6 звуків) та приголосних вокалізованих звуків [л] (останні 3 звуки)

Для кожного окремого звуку було побудовано спектри потужності та визначено окремі значення частоти основного тону. Це зображено на рис. 3.4.

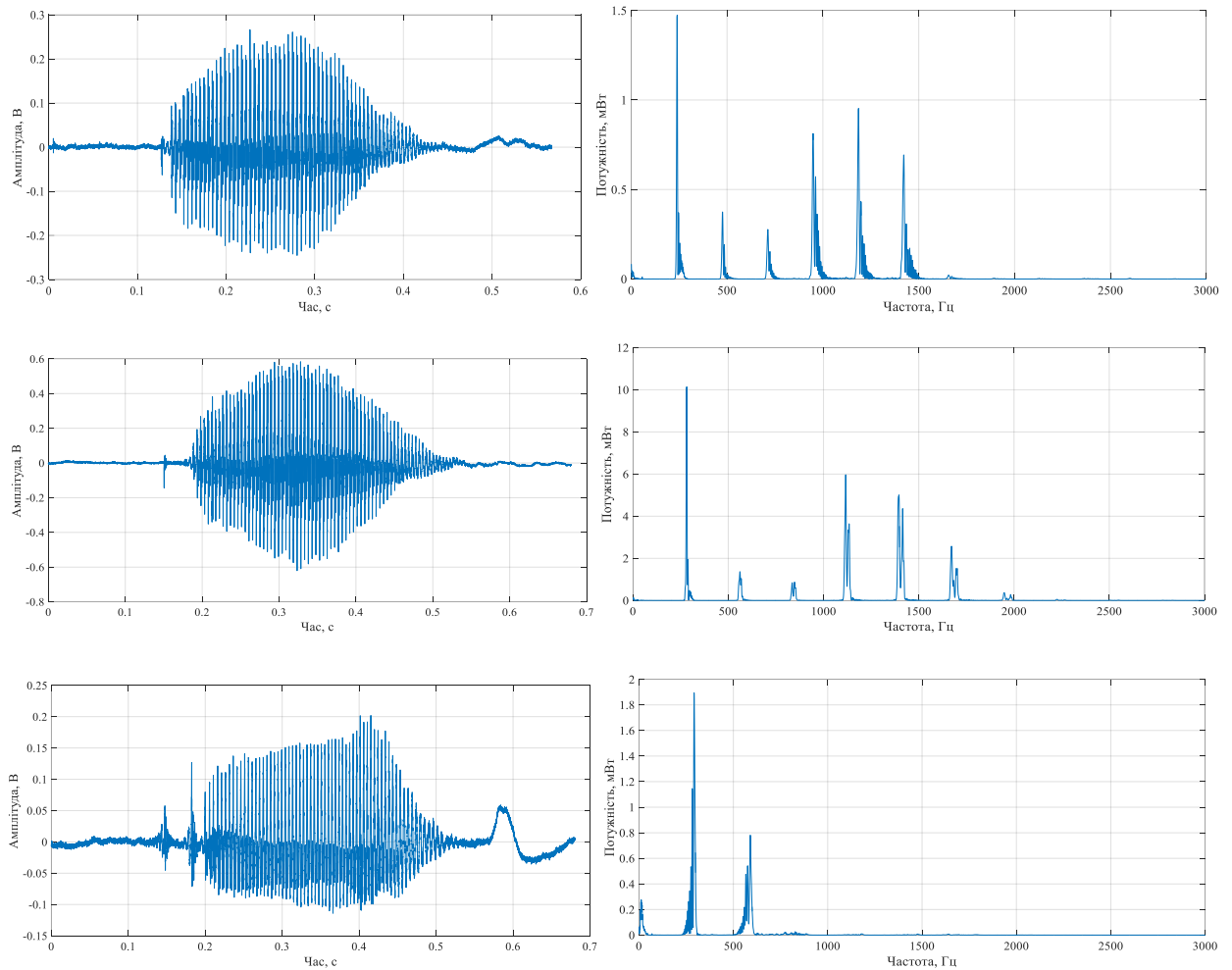


Рисунок 3.4 - Окремі голосні звуки та спектри потужності

Дальше було проведено обчислення частоти основного тону для кожного звуку в межах ковзного вікна, шириною 0,1 с. За цими значеннями розраховано середнє значення частоти ОТ і діапазон зміни цього значення. Середнє значення частоти основного тону становило 206 Гц, а діапазон зміни за правилом трьох сігм склав від 166 до 246 Гц.

На наступному етапі було проведено аналіз часових інтервалів, які відповідають голосним звукам. Для цього використано реєстрограму із послідовності голосних звуків [а], що наведена на рис. 3.5.

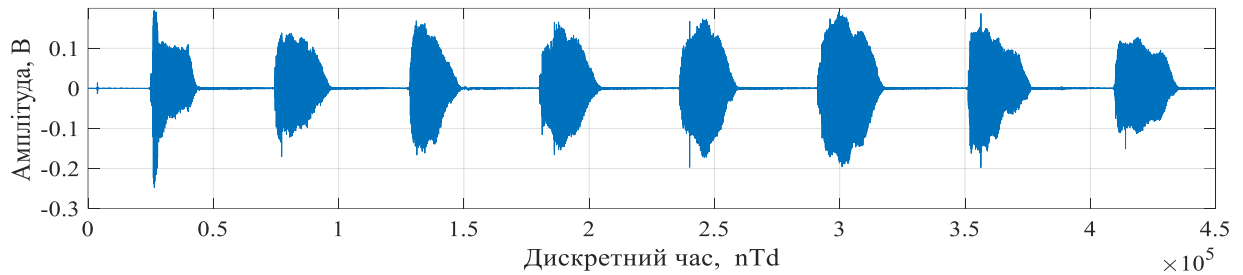


Рисунок 3.5 - Реєстрограма із послідовності голосних звуків [а]

Знаючи значення частоти ОТ та діапазон її зміни було опрацьовано цей сигнал запропонованим методом в наступний спосіб. Формувалось ковзне вікно з шириною 0,1 с. Воно транслювалось по сигналу. В межах кожного ковзного вікна будувався спектр потужності та проводилось знаходження максимуму в цьому спектрі в діапазоні зміни частоти основного тону. Значення цього максимуму відкладалось на одній осі часу відповідно до розміщення ковзного вікна на реєстрограмі мовного сигналу. Вигляд отриманого графіка наведено на рис. 3.6.

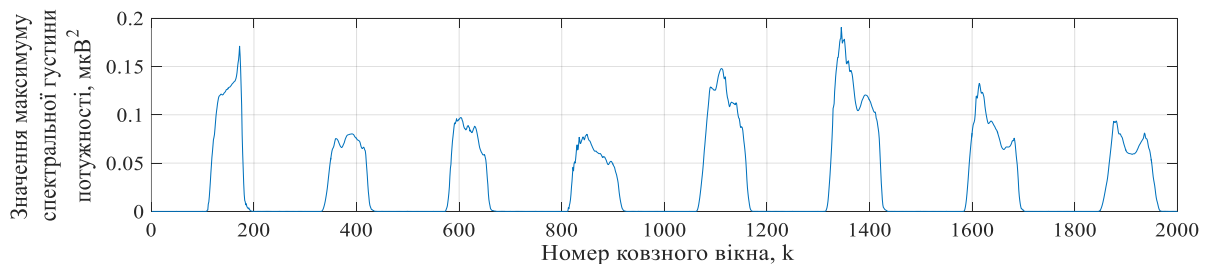


Рисунок 3.6 - Графік наявності максимумів в спектрі потужності в межах відповідного ковзного вікна

Порівнюючи між собою графіки на рис. 3.5 та рис. 3.6 можна прийти до висновку, що з допомогою такого методу опрацювання справді можна визначати за значенням частоти основного тону ділянки, які відповідають голосним звукам. Однак, фронти таких ділянок є пологими, тому необхідно розробити метод встановлення тривалостей таких ділянок. Для цього

використано порогову функцію, яка приймає два значення, а саме: 0 – якщо значення сигналу на рис. 3.6 менше за певне порогове, або рівне йому, і 1 – якщо значення сигналу більше за порогове.

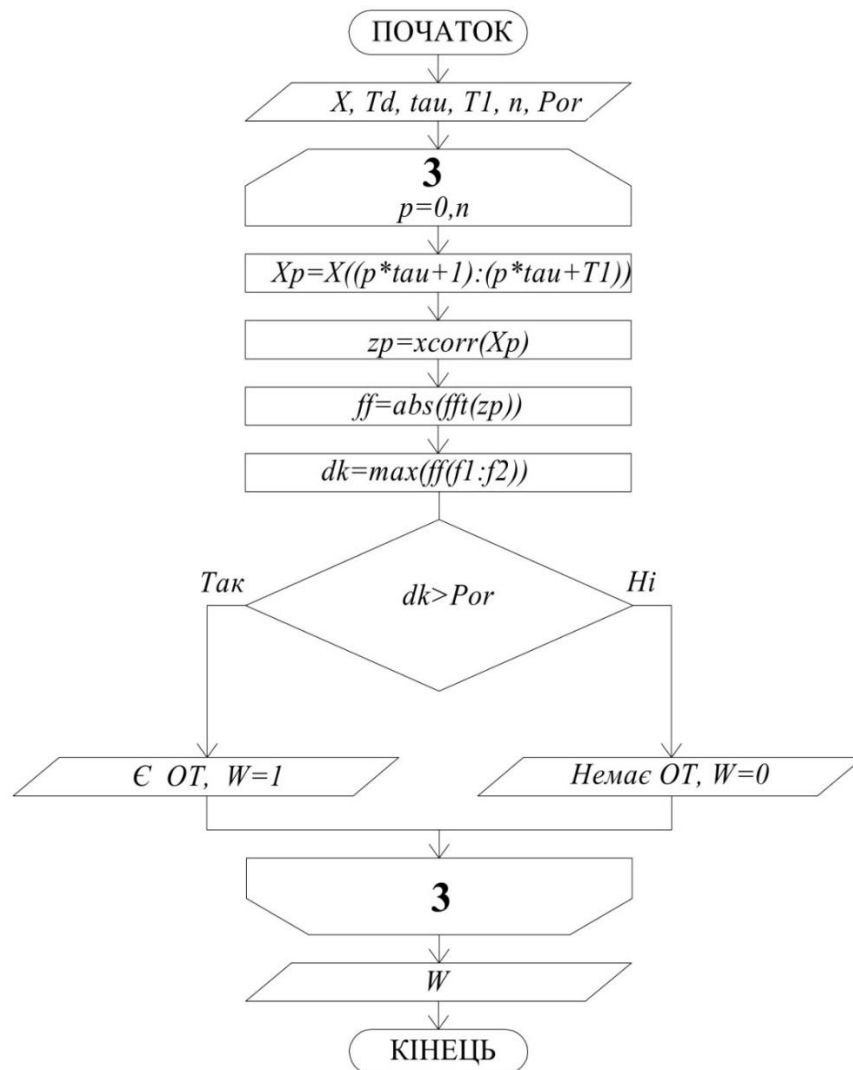


Рисунок 3.7 - Блок-схема алгоритму обчислення порогової функції

В такий спосіб графік на рис. 3.6 перетвориться в послідовність прямокутних імпульсів, ширина яких відповідатиме тривалості відповідного мовного звуку. Блок-схема алгоритму такої обробки наведена на рис. 3.7.

На рис. 3.7 позначено:  $X$  – вхідний сигнал,  $T_d$  – період дискретизації,  $\tau$  – зсув ковзного вікна,  $T_1$  – ширина ковзного вікна,  $Por$  – значення порогу.

Значення порогу може бути вибрано із залежності між частотою основного тону та, наприклад, тривалістю тестового слова. Таким чином це значення також буде індивідуальним для кожного окремого користувача.

Для аналізу використано мовний сигнал, що наведений на рис. 3.3. Для нього було побудовано графік наявності максимумів в спектрі потужності в межах відповідного ковзного вікна та графік порогової функції. Вони наведені на рис. 3.8 та рис. 3.9. Значення порогу вибрано апріорно на рівні 0,1.

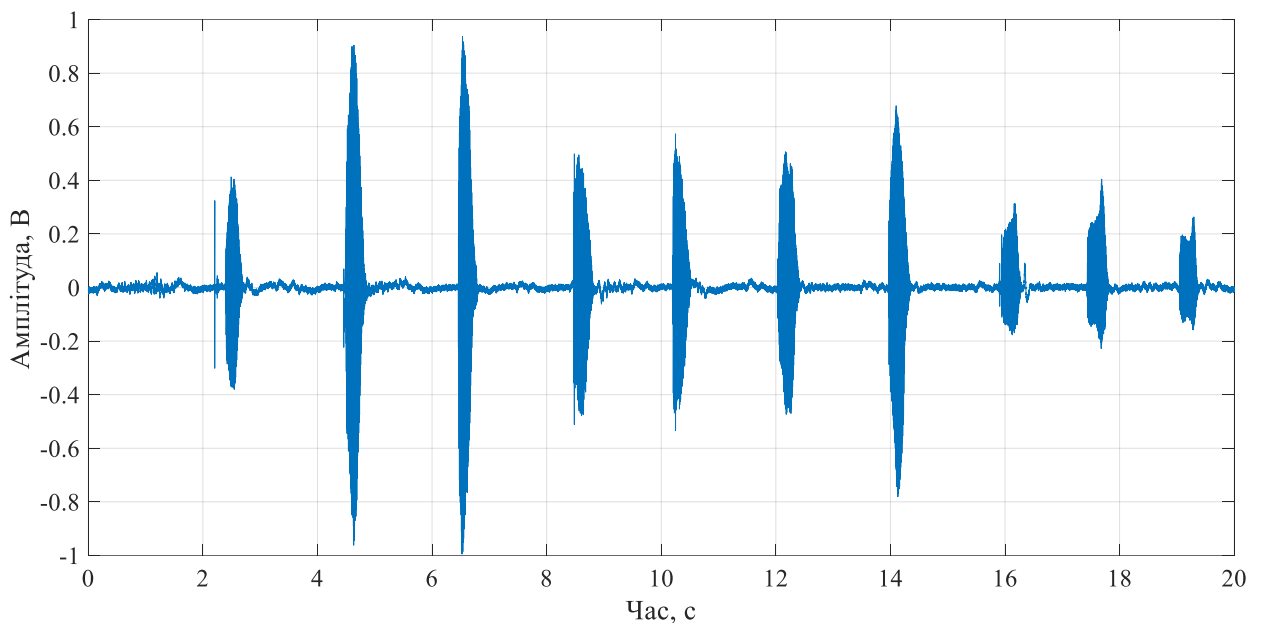
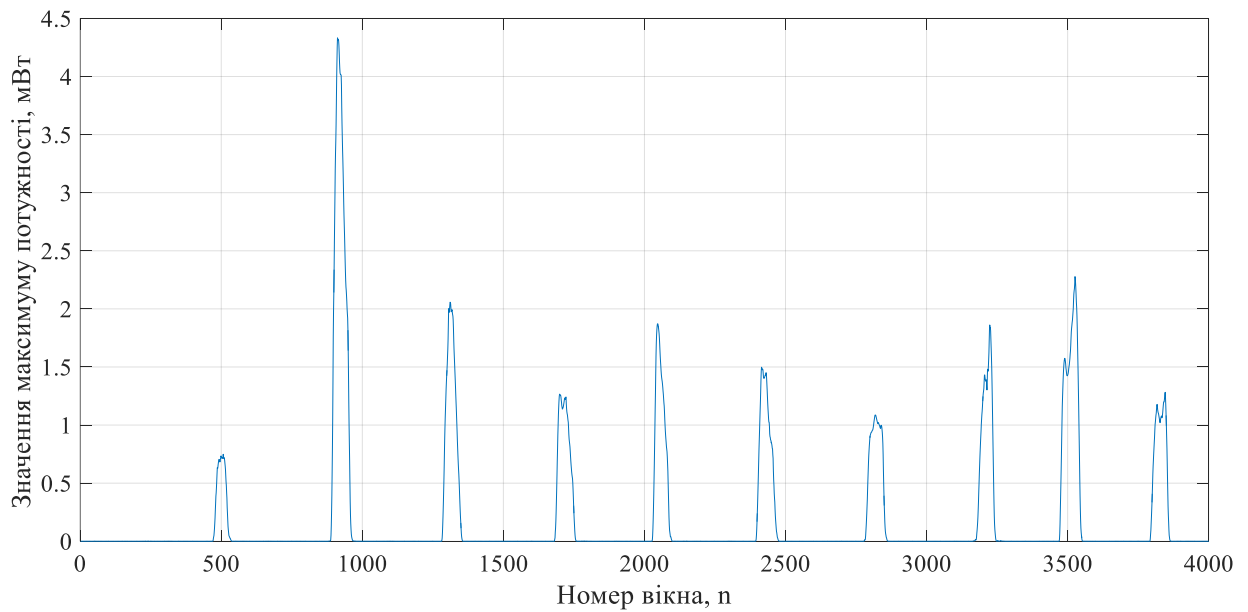


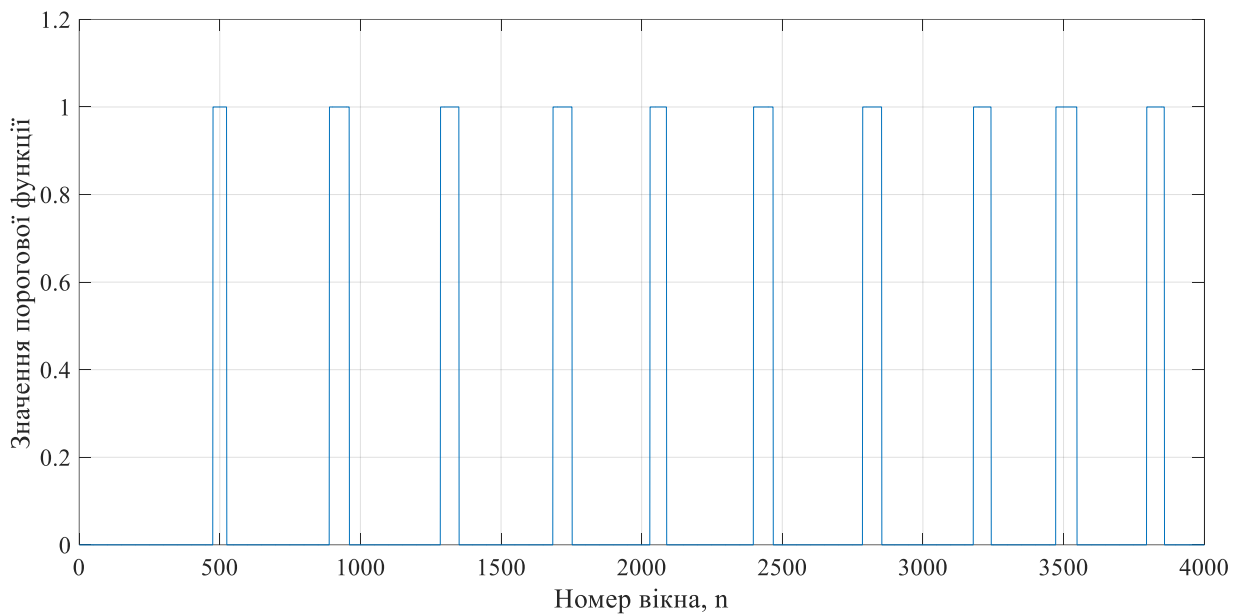
Рисунок 3.8 - Реєстрограма мовного сигналу

З рис. 3.9, б вже можна з достатньою точністю визначити тривалості ділянок, які відповідають голосним та приголосним вокалізованим звукам, а також послідовності цих тривалостей в тестовому слові.





а)



б)

Рисунок 3.9 - Графік наявності максимумів в спектрі потужності в межах відповідного ковзного вікна (а) та графік порогової функції (б)

Однак, важливим є питання, на скільки важко буде обманути цей метод, коли, наприклад, тестове слово вимовить інша особа. Для цього було змінено діапазон значень частоти основного тону. Відповідні графіки наявності

максимумів в спектрі потужності в межах відповідного ковзного вікна та порогової функції у випадку зменшення цього діапазону до (120-194) Гц наведено на рис. 3.9.

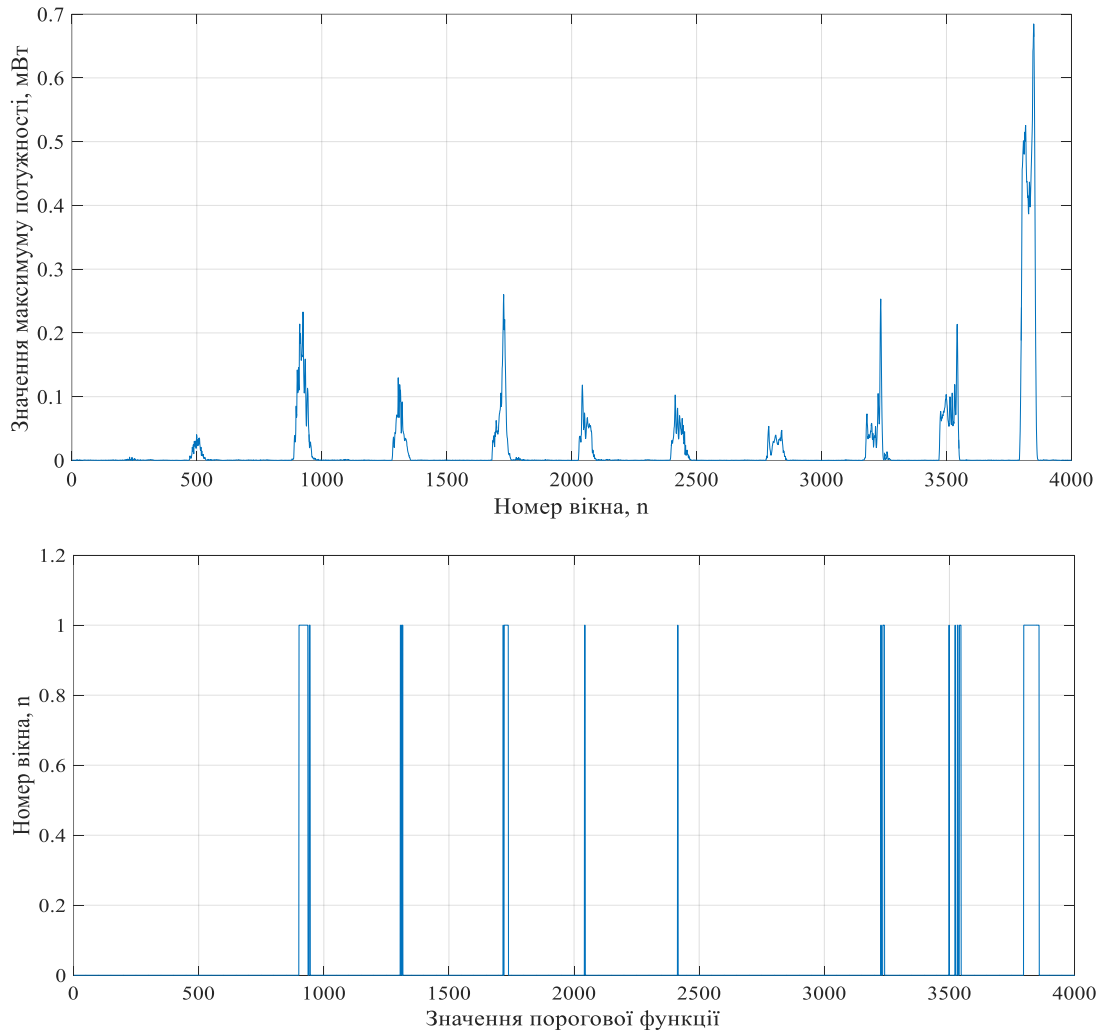


Рисунок 3.9 - Графіки наявності максимумів в спектрі потужності в межах відповідного ковзного вікна та порогової функції для діапазону частоти основного тону (120-194) Гц

З рис. 3.9 видно, що при невідповідності діапазону зміни частоти основного тону дійсному діапазону графіки наявності максимумів в спектрі потужності в межах відповідного ковзного вікна та порогової функції значно спотворені, наявні пропуски, що відповідають не виявленню голосових звуків, значна зміна тривалості відповідних інтервалів порогової функції або їхнє випадання.

На рис. 3.10 наведено відповідні графіки наявності максимумів в спектрі потужності в межах відповідного ковзного вікна та порогової функції у випадку збільшення діапазону зміни частоти основного тону до (220-294) Гц.

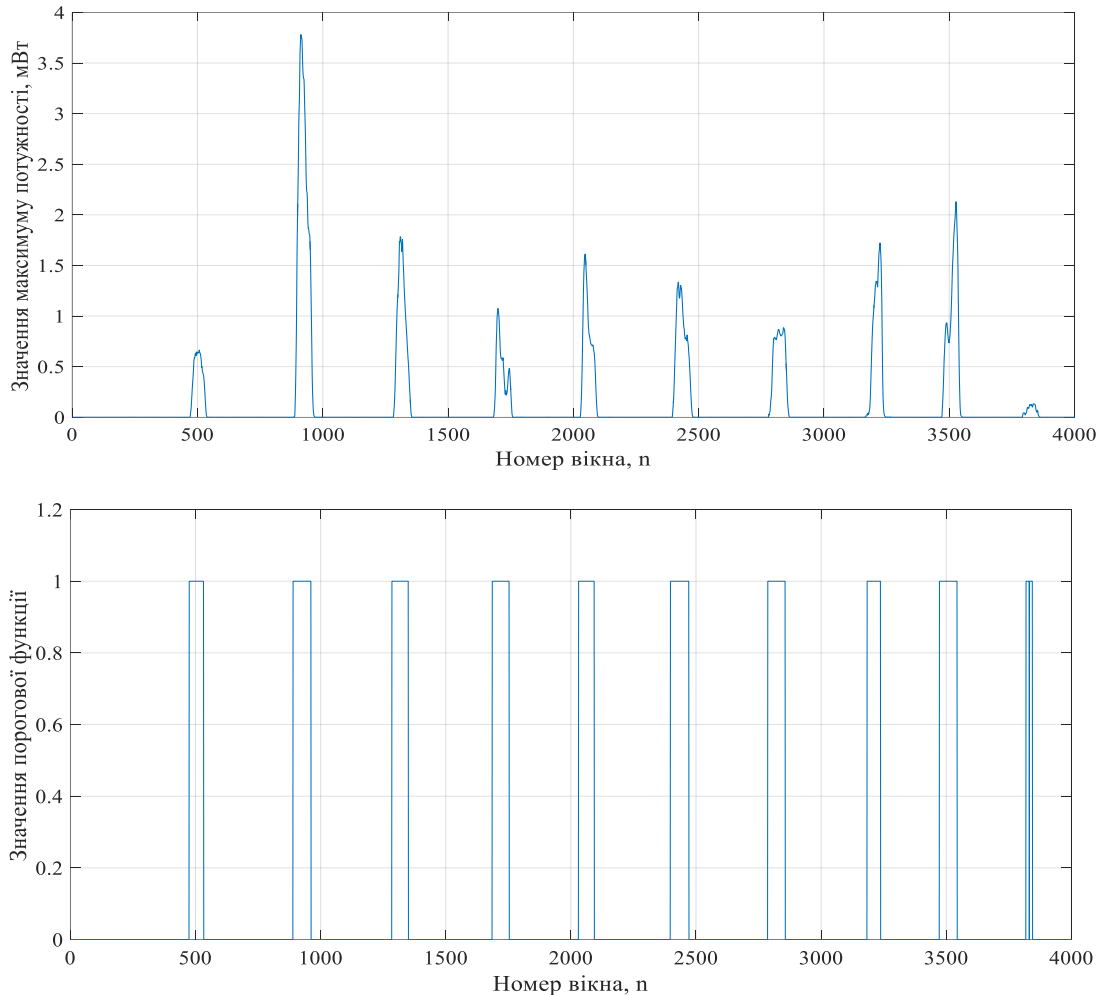


Рисунок 3.10 - Графіки наявності максимумів в спектрі потужності в межах відповідного ковзного вікна та порогової функції для діапазону частоти основного тону (220-294) Гц

Аналогічно, як і в попередньому випадку, графіки є спотворені, а інтервали порогової функції значно скорочені та з роздвоєннями. З аналізу графіків на рис. 3.8 – рис. 3.10 можна стверджувати, що розроблений метод є працездатним, чутливим та дає можливість проведення ідентифікації особи за такими індивідуальними біометричними параметрами голосу, як частота

основного тону, тривалості голосних та приголосних локалізованих звуків в тестовому слові, а також послідовності цих тривалостей в тестовому слові.

Додатково на рис. 3.11 наведено реєстрограму слова «шафа», що включає в себе два голосних звуки [a] та два приголосні шиплячі [ш] і [ф]. Зверху на цьому рисунку наведено вигляд порогової функції.

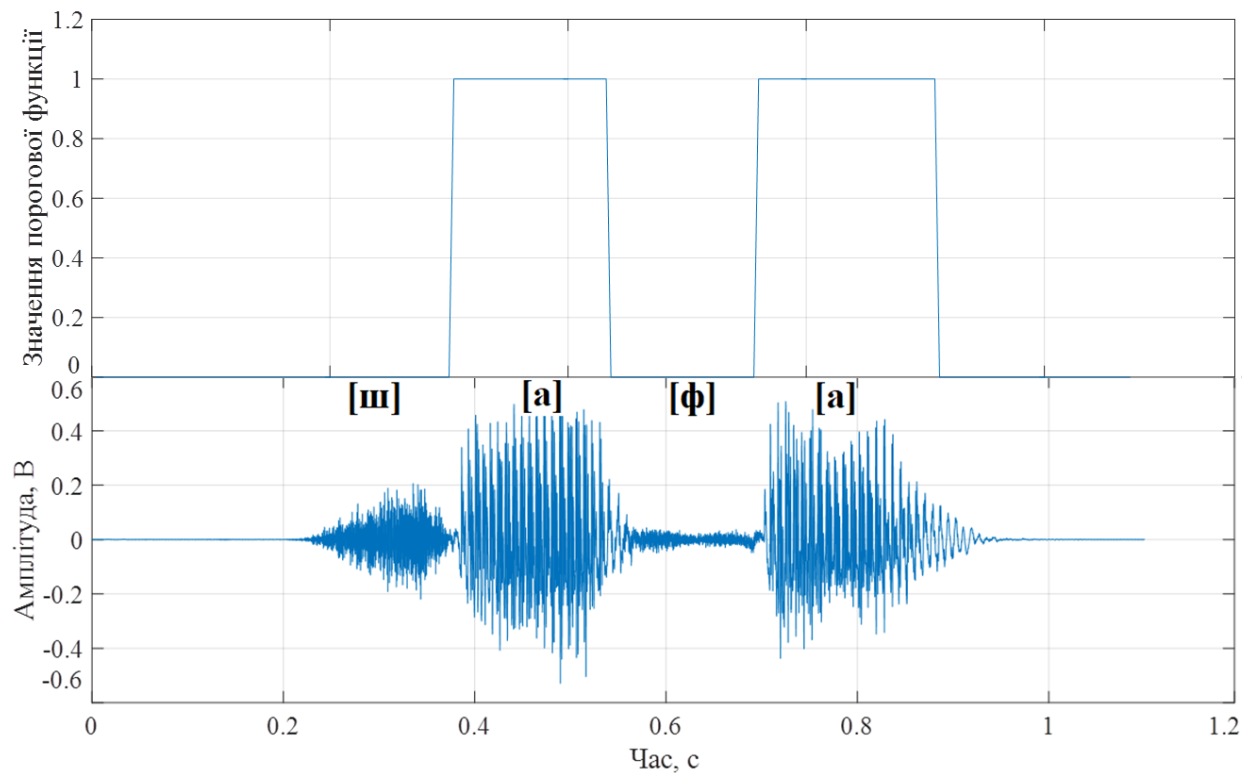


Рисунок 3.11 - Вигляд порогової функції (зверху) для мовного сигналу – слова «шафа»

Як ф передбачалось, метод є чутливим та дає можливість виділяти ділянки голосних та приголосних вокалізованих звуків і не є чутливим до свистячих, глухих, шиплячих і їм подібних звуків.

### 3.2 Перспективи використання розробленого методу

Описаний в цьому розділі метод ідентифікації користувача включає в себе оцінювання трьох компонентів чи індивідуальних інформативних ознак,

а саме використане тестове слово (відоме користувачу), значення частоти ОТ і тривалості ділянок мовного сигналу, які відповідають голосним та приголосним вокалізованим звукам і їхні співвідношення в сестовому слові (індивідуальні для кожної людини). Алгоритми реалізації методу на різних етапах його виконання є простими та можуть бути інтегровані в різні сервіси і реалізовані в різних програмних середовищах з можливістю роботи в режимі реального часу. Власне обчислення, які використані в розробленому методі, не є складними.

Однак, в подальшому метод може бути удосконалений шляхом розширення кількості інформативних ознак, за якими проводиться ідентифікація користувача, зокрема шляхом застосування параметрів обвідної складової мовного сигналу в часовій області та в спектральній області. Однак, це потребуватиме додаткової процедури центрування та нормалізації сигналу та буде додатково чутливим до зовнішніх шумів і завад.

### **3.3 Висновки до розділу 3**

В розділі розроблено метод трьохкомпонентної мовної ідентифікації користувачів, що включає в себе аналіз значення частоти основного тону користувача, рандомний вибір користувачем тестового слова – пароля для ідентифікації, визначення ділянок мовного сигналу (тестового слова), які відповідають голосним та приголосним вокалізованим звукам, а також оцінювання тривалостей цих ділянок і їхніх співвідношень у вимовленому тестовому слові. Розроблено відповідні алгоритми для визначення таких інформативних ознак мовного сигналу.

## **4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **4.1 Вимоги до приміщення та робочого місця при дослідженні мовного сигналу**

4.1.1. Загальні вимоги до приміщень для запису мовного сигналу та розташування робочого місця в них.

В 30 роках ХХ століття у зв'язку з розвитком техніки звукозапису, радіомовлення, кіно та телебачення з'явився новий тип приміщень для запису та обробки звуку, зокрема мовних сигналів. Відповідно змінюються і вимоги до приміщень для їх запису та обробки. Вимоги до акустичних характеристик таких приміщень різного призначення та технології їх проектування детально викладені у міжнародних та вітчизняних стандартах, наприклад, EBU22-1998, EBU22-1994, RM-01-93, СНиП 2.08.02-89.

Якщо узагальнити викладені в цих стандартах вимоги та рекомендації, то для отримання реєстрограм якісного мовного сигналу з мінімальними втратами корисної інформації необхідно дотримуватись таких основних правил:

1) потрібно намагатися розташовувати мікрофонну стійку якнайдалі від робочого місця. Це сприяє зменшенню кількості шумів, які надходять у мікрофон від системного блоку комп'ютера або іншого обладнання;

2) потрібно розташовувати мікрофонну стійку та робоче місце якнайдалі від вікон та дверей. Основна частина зовнішніх шумів проникає в кімнату саме через вікна та двері;

3) потрібно уникати встановлення робочого стола в кутку кімнати, оскільки в такому разі звук, що йде з колонок, не буде достовірним. Особливо, якщо одна з колонок розташована в кутку, а інша ні. Таким чином, звучання двох однакових колонок буде різним;

4) потрібно встановлювати робочий стіл на певній відстані від стін. Переважно не менше ніж на 30-40 см. Якщо встановити колонки впритул або надто близько до стіни, то звучання теж буде недостовірним. Відстань у 30-40 см має відношення до гучномовців, фазоінвертор яких знаходиться спереду. Якщо ж фазоінвертор у колонок знаходиться ззаду, доведеться встановлювати робоче місце так, щоб відстань від задньої стінки колонок до стіни була не менше ніж 1 метр.

На рис. 4.1 наведено план приміщення для запису мовного сигналу.

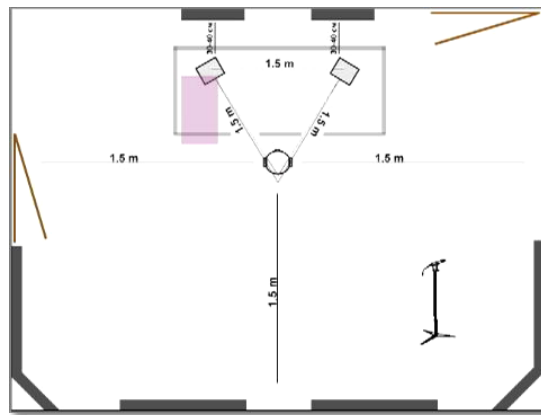


Рисунок 4.1 - План приміщення для запису мовного сигналу

Наведений план є дуже умовним і в ньому не дотримано точних пропорцій. На плані (рис. 4.2) наведено робочий стіл (1), на якому встановлені колонки (3) та умовно показано голову слухача (2) – особи, яка проводить запис мовного сигналу.

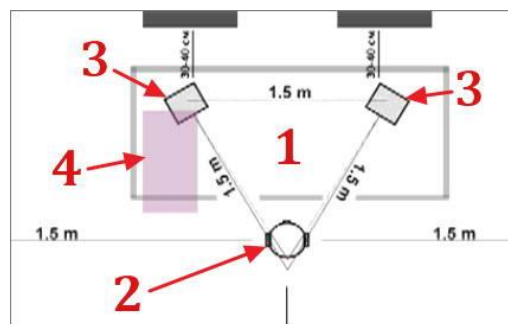


Рисунок 4.2 - План приміщення для запису мовного сигналу із позначеними основними елементами

Відстань від кожного вуха слухача до монітора та відстань між двома моніторами 1,5 м. Рожевим прямокутником позначено системний блок (4).

Відстань від голови слухача до лівої, правої та задньої стіни становить 1,5 м. Це мінімальна відстань від голови слухача до стін. Чим ця відстань більша, тим краще.

Прямокутниками 9 та 10 на рис. 4.3 позначено акустичні плити на задній стороні приміщення для звукозапису. Вони потрібні для наступного. Звукові хвилі, що летять від лівого гучномовця, ловить розташована панель справа 9. Відповідно від гучномовця, розташованого праворуч, ловить сигнал панель зліва 9. Тобто всі відбиття від задньої стінки гасяться цими двома панелями 9 та 10.

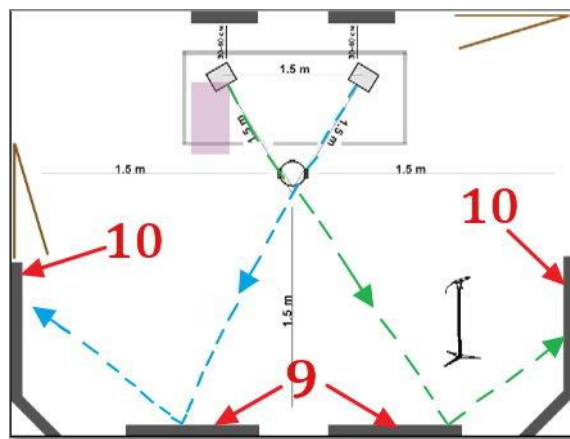


Рисунок 4.3 - Спосіб розташування акустичних плит

Від положення та відстані мікрофона до диктора – особи, від якої проводиться запис мовного сигналу – звуку, дуже сильно залежить характер та якість звуку. Правильне положення мікрофона в самій кімнаті і його розташування залежить від акустики приміщення, від розташування джерел шуму та їх рівня а також від планування кімнати та розміщення меблів.

На прикладі з рис. 4.4 розглянемо оптимальне розташування мікрофона для запису мовного сигналу.



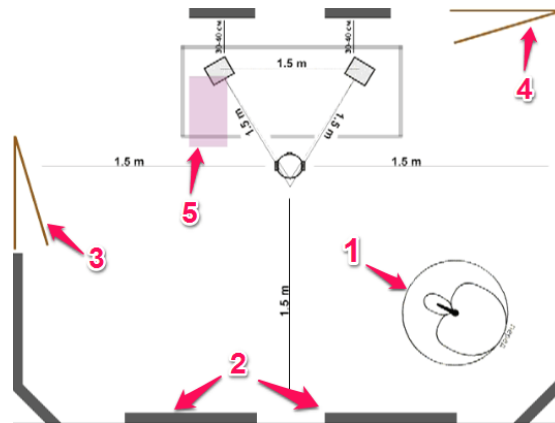


Рисунок 4.4 - Оптимальне розміщення мікрофона для запису мовного сигналу

На рис. 4.4 показано студійний мікрофон з кардіоїдною діаграмою спрямованості 1. Перше правило установки мікрофона в приміщенні - його слід встановлювати так, щоб він знаходився подалі від стін, а сама область позаду диктора мала мінімальні звуковідбивні властивості. В приміщенні (рис. 4.4) встановлено акустичні звукопоглинаючі панелі 2. Тому відбиття з цього боку неможливе. Також в приміщенні є вікно 3, двері 4 і системний блок комп'ютера 5. Відповідно, мікрофон повернутий тильною стороною до цих джерел шуму. Завдяки кардіоїдній спрямованості (нечутливість до звуків з тильного боку) мікрофон не сприйматиме шуму з вікна, дверей та системного блоку.

Також можна встановити акустичні щити, щоб відгородити мікрофон від решти приміщення.

#### 4.1.2. Способи розташування мікрофона відносно диктора.

Розглянемо способи розташування мікрофона відносно диктора. Відстань від диктора до мікрофона при записі може змінюватись від кількох сантиметрів і до кількох метрів. Ця відстань залежить від мікрофона, від його діаграми спрямованості, від рівня шуму в кімнаті і так далі.

Наближаючи мікрофон до рота диктора, підсилюються низькі частоти. Іноді при прослуховуванні запису мовного сигналу з'являється відчуття

присутності диктора в кімнаті. Досягається такий ефект при записі з близької відстані (буквально кілька сантиметрів) від мікрофона.

Наближаючи мікрофон до диктора, покращується співвідношення сигнал/шум. Це пояснюється тим, що наближаючи пристрій до диктора голос звучить все голосніше. При цьому відносно нього сторонні шуми у кімнаті звучать набагато нижче. При віддаленні мікрофона зменшується чутливість його до зміни відстані диктора. За близької відстані зростає чутливість до вибухових приголосних. Наближаючи мікрофон до диктора, зменшується відгук кімнати. Це пояснюється тим самим, чим і зменшення шумів. Наближаючи пристрій до виконавця, голос звучить голосніше. При цьому сам відгук кімнати звучить відносно тихіше. Віддаляючи мікрофон від виконавця можна отримати природніше звучання. Навіть, незважаючи на те, що при цьому зростає рівень відгуку кімнати та рівень шумів, звучання виходить найбільш прозорим та натуральним. Фронтальне розташування (прямо навпроти рота на одній лінії з ним) дає повне звучання голосу та хорошу розбірливість. Проте тут є суттєвий недолік, тому що при такому розташуванні зростає ризик виникнення свистячих призвуків, а також є найбільша ймовірність виникнення вибухових приголосних. Верхнє розташування слід застосовувати якщо диктор говорить з сильним придиханням або йому властиві вибухові приголосні та свистячий звук «с», «ц» та інші посилені щільні приголосні. Також цим способом є сенс скористатися тоді, коли у диктора занадто щільний та бочкуватий тембр. Нижнє розташування дає щільне та грудне звучання. Якщо диктор має підсилені свистячі та вибухові приголосні, то в такому разі варто спробувати такий спосіб.

#### 4.1.3. Вибір елементів запису мовного сигналу та їхніх параметрів.

До основних характеристик і параметрів мікрофонів, що визначають їх якість та область застосування, відносяться наступні [60,61]:

- чутливість - відношення напруги на виході мікрофона до звукового тиску, що діє на нього;

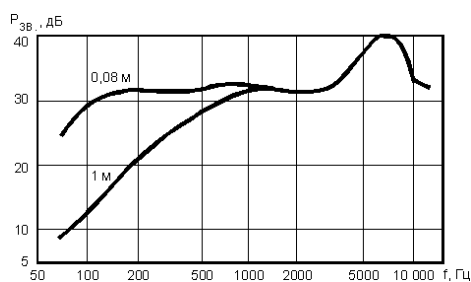
- динамічний діапазон - різниця між рівнями граничного звукового тиску і власних шумів;

- частотна характеристика;

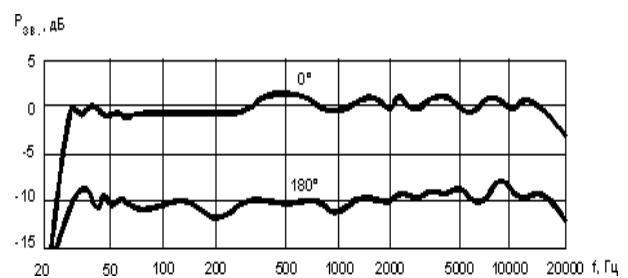
- характеристика направленості - залежність чутливості мікрофона від кута між його акустичною віссю і напрямом на джерело звуку.

Одним з найважливіших показників при виборі мікрофона є характеристика його просторової направленості. За виглядом характеристики направленості мікрофони поділяють на три основні типи: ненаправлені, двосторонньо і односторонньо направлені. Для дослідження мовного сигналу його мідбір потрібно проводити з допомогою ненаправленого або односторонньо направленного мікрофона, що зменшить негативний вплив зовнішніх акустичних завад (шумів).

Поряд з діаграмою направленості, іншою не менш важливою характеристикою мікрофона є його частотна характеристика. Принциповою вимогою до частотної характеристики є її рівномірність. На рис. 4.6 представлені частотні характеристики мікрофонів МД-78 і МКЭ-2, взяті з їх паспортів.



а)



б)

Рисунок 4.6 - Частотні характеристики мікрофонів МД-78 (а) та МКЭ-2

(б)

По осі абсцис відкладено значення частоти в герцах, а по осі ординат - чутливість мікрофона в логарифмічних одиницях (децибелах). Порівнюючи рис. 4.6 а) та б), можна зробити висновок про те, що частотна характеристика

конденсаторного мікрофона істотно рівномірніша за характеристику мікрофона електродинамічного. Таким чином, оптимальним є вибір мікрофонів конденсаторного типу.

Сигнал з мікрофона подається на вхід звукової карти, де проходить попереднє опрацювання та оцифрування сигналу. Основними параметрами АЦП звукових карток є розрядність та частота дискретизації вхідного сигналу [60,61].

Від розрядності залежить динамічний діапазон пристрою. Він виражається залежністю  $D=20\lg(N)$ , де  $N$  – число рівнів квантування, що залежить від розрядності пристрою. Так, для восьмирозрядного АЦП звукової карти  $N=256$ ,  $D=48$  дБ, для шістнадцятирозрядного АЦП  $N=65536$ ,  $D=96$  дБ. АЦП з більшою розрядністю (18 та 20) використовуються в професійних звукових картках для комплексної обробки звуку, монтажу, конвертування тощо. Від числа рівнів квантування, а відповідно і розрядності залежить похибка квантування (шум квантування). Для нормованого сигналу відносна величина максимальної похибки квантування рівна  $1/N$ . Цією ж величиною, представленою в логарифмічних одиницях (децибелах), оцінюється рівень шумів квантування АЦП звукової картки, що визначається за виразом  $D = 20\lg(1/N)$ . Для трьохрозрядного АЦП  $N=8$ , і  $D = -18$  дб; для восьмирозрядного -  $N=256$ ,  $D=-48$  дб; для шістнадцятирозрядного -  $N=65536$ ,  $D=-96$  дб; для вісімнадцятирозрядного АЦП  $N=262144$ ,  $D=-108$  дб; і для двадцятирозрядного АЦП  $N=1648576$ ,  $D=-120$  дб. Ці цифри наочно демонструють, що із зростанням розрядності АЦП шум квантування зменшується. З погляду зниження рівня шумів квантування подальше збільшення розрядності АЦП не є доцільним, оскільки рівень шумів, що виникають з інших причин (теплові шуми, а також імпульсні перешкоди, що генеруються елементами схем комп'ютера і розповсюджуються або по колах живлення, або у вигляді електромагнітних хвиль), все одно виявляється значно вищим, ніж -96 дб [60,61].

## **4.2 Організація і функціонування системи управління охороною праці**

В Україні функціонує багаторівнева СУОП, функціональними ланками якої є відповідні структури державної законодавчої і виконавчої влади різних рівнів, управлінські структури підприємств і організацій, трудових колективів.

Залежно від спрямування вирішуваних завдань всі ланки СУОП можна розділити на дві групи:

- ланки, що забезпечують вирішення законодавчо-нормативних, науково-технічних, соціально-економічних та інших загальних питань охорони праці;
- ланки, до функціональних обов'язків яких входить забезпечення безпеки праці в умовах конкретних організацій, підприємств.

До першої групи належать органи державної законодавчої ініціативи та органи державного управління охороною праці:

- Верховна Рада України;
- Кабінет Міністрів України;
- Державна служба гірничого нагляду та промислової безпеки України (Держгірпромнагляд України);
- міністерства та інші центральні органи державної виконавчої влади;
- Фонд соціального страхування від нещасних випадків і профзахворювань;
- місцева державна адміністрація, органи місцевого самоврядування.

Верховна Рада України зі своєї ініціативи у взаємодії з відповідними структурами державної виконавчої влади визначає державну політику в сфері охорони праці, вирішує питання щодо удосконалення і розвитку законодавчої бази охорони праці, соціальні питання, пов'язані зі станом умов і охорони праці.

Кабінет Міністрів України забезпечує реалізацію державної політики в сфері охорони праці, виходячи із стану охорони праці в державі, організує розробку загальнодержавних програм відповідно до поліпшення цього стану, затверджує ці програми і контролює їх виконання, визначає функції органів виконавчої влади щодо вирішення питань охорони праці і нагляду за охороною праці.

Для вирішення цих питань при Кабінеті Міністрів України функціонує Національна рада з питань безпечної життєдіяльності населення, яку очолює віце-прем'єр-міністр України.

Держгірпромнагляд України здійснює комплексне управління охороною праці на державному рівні, реалізує державну політику в цій сфері, розробляє за участі відповідних органів державної програми в сфері охорони праці, координує роботу державних органів і об'єднань підприємств із питань безпеки праці, розробляє і переглядає разом з компетентними органами систему показників і обліку умов і безпеки праці, здійснює міжнародне співробітництво з питань охорони праці і нагляд за охороною праці в державі тощо.

Рішення Держгірпромнагляду України, що відноситься до її компетенції, обов'язкові для виконання всіма міністерствами, іншими центральними органами державної виконавчої влади, місцевими державними адміністраціями, місцевими радами народних депутатів і підприємствами.

Фонд соціального страхування від нещасних випадків здійснює профілактику нещасних випадків і профзахворювань, а також координацію всієї страхової діяльності, пов'язаної з охороною праці.

Міністерство праці і соціальної політики України здійснює також державну експертизу умов праці, визначає порядок і здійснює контроль за якістю проведення атестації робочих місць згідно з їх відповідністю нормативним актам про охорону праці, бере участь у розробці нормативних документів про охорону праці.

Інші міністерства і центральні органи державної виконавчої влади як ланки системи управління охороною праці визначають науково-технічну політику галузі з питань охорони праці, розробляють і реалізують комплексні заходи щодо поліпшення безпеки праці, здійснюють методичне керівництво діяльністю підприємств галузі з охорони праці, співробітничать з галузевими профспілками щодо вирішення питань безпеки праці, організовують у встановленому порядку навчання і перевірку знань правил і норм охорони праці керівниками і фахівцями галузі, створюють, у разі необхідності, професійні воєнізовані аварійно-рятувальні формування, здійснюють внутрішній контроль за станом охорони праці.

Для забезпечення виконання перелічених функцій в апаратах міністерств і інших центральних органів державної виконавчої влади створюються служби охорони праці.

Місцеві державні адміністрації й органи місцевого самоврядування в межах підвідомчої їм території забезпечують реалізацію державної політики в сфері охорони праці, формують за участі профспілок місцеві програми заходів щодо поліпшення безпеки, гігієни праці і виробничого середовища, здійснюють контроль за дотриманням нормативних актів про охорону праці. Для забезпечення виконання названих функцій при місцевих органах державної виконавчої влади створюються відповідні структурні підрозділи.

Управлінські структури підприємств забезпечують в умовах конкретних виробництв реалізацію вимог законодавчих і нормативних актів про охорону праці з метою створення безпечних і нешкідливих умов праці, попередження виробничого травматизму і професійних захворювань, вирішують весь комплекс питань з охорони праці, пов'язаних з даним виробництвом. У своїй діяльності стосовно охорони праці управлінські структури підприємств взаємодіють з комісією з питань охорони праці підприємства (за наявності такої), з профспілками підприємства та уповноваженими трудових колективів.

СУОП в умовах конкретної організації, на конкретному об'єкті завжди є багаторівневою системою управління, у якій верхнім рівнем є державне управління, а нижнім - управління охороною праці на конкретному об'єкті. Як проміжні рівні управління можуть виступати відомче, регіональне управління, а також управління в об'єднанні, тресті тощо.

Слід зазначити, що вихідні параметри СУОП визначаються, виходячи з вимог норм, правил, проектної документації, аналізу фактичного стану виробничої ситуації і ряду факторів виробничого середовища, тому СУОП варто віднести до категорії звичайних, багатоконтурних систем, які піддаються програмуванню. Багатоконтурність систем управління в даному випадку пояснюється складністю об'єкта управління, його великою інерційністю, складністю і інерційністю реалізації управлінських впливів.

Правовою основою СУОП є: Конституція України, Кодекс законів про працю України, Закони України «Про охорону праці» і «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві і професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності», накази і розпорядження Президента України, розпорядження і постанови Кабінету Міністрів, Держгірпромнагляд, Міністерства охорони здоров'я, Міністерства праці і соціальної політики, а також інших директивних органів України з питань охорони праці (органи Державного управління охороною праці).

Позитивна дія впровадження систем управління охороною праці (СУОП) на рівні організації як на зниження небезпек і ризиків, так і на продуктивність, нині визнана урядами, роботодавцями і працівниками.

В дослідженнях проводиться реєстрація мовного сигналу з допомогою комп'ютера, а первинним перетворювачем є мікрофон. Оскільки така система в перспективі має використовуватись при ідентифікації користувачів, важливим є питання електробезпеки при роботі з таким і подібним електрообладнанням.



Основне завдання електробезпеки – мінімізувати можливість негативного впливу електричного струму на людину. Досягти цієї мети можна за допомогою таких заходів і засобів:

- безпечною і надійною конструкцією електроустановок;
- організаційними та технічними заходами щодо безпечної експлуатації електроустановок та використання електричної енергії;
- технічними засобами захисту.

В загальному, конструкція електроустановки має відповідати вимогам технічних умов і стандартів. При цьому, залежно від засобів електробезпеки, усі електротехнічні вироби поділяються на 5 класів: 0, 01, I, II, III.

Система для відбору мовних сигналів при їх дослідженнях на етапах проектування і тестування системи мовної ідентифікації користувачів належатиме до 0 або 01 класу електробезпеки, тобто має лише робочу ізоляцію як засіб захисту (клас 0), або у випадку необхідності крім робочої ізоляції на корпусі системи є пристрій для підключення її до заземлювача або нульового захисного провідника (клас 01).

Стан ізоляції струмопровідних частин системи відбору повинен відповідати «Правилам використання електроустановок». Цими «Правилами» передбачене періодичне випробування ізоляції (2 рази на рік у приміщеннях зі складними умовами, підвищеною вологістю і 1 раз на рік у приміщеннях з нормальним середовищем). Ізоляція створює великій опір, який перешкоджає протіканню через неї струму. Опір ізоляції кожної системи має бути не меншим 0,5 МОм. Якщо опір ізоляції знижується на 50% від початкового, ізоляцію міняють.

## ВИСНОВКИ

Проаналізовано основні методи ідентифікації та аутентифікації користувачів, виділено їх плюси та мінуси. Встановлено, що в плані достовірності результатів ідентифікації найкращими є методи, які ґрунтуються на застосуванні біометричних параметрів користувача, що є його індивідуальними параметрами, які викрасти чи підробити практично неможливо. Встановлено, що серед усіх поширених методів біометричної ідентифікації за складністю, вартістю реалізації та доступністю обладнання для цього найпростішим є метод ідентифікації за мовним сигналом. Однак, з розвитком комп'ютерних програм генерування мовних сигналів поширені алгоритми мовної ідентифікації є вразливими, що потребує розроблення кращих, більш ефективних та надійних алгоритмів такої ідентифікації на основі аналізу декількох різних параметрів мовних сигналів.

Проаналізовано природу та особливості творення мовного сигналу для формування вимог до математичної моделі такого сигналу. Встановлено, що в процесі творення голосних та приголосних вокалізованих звуків задіюються голосові складни, які, коливаючись майже періодично, створюють такі ж коливання в структурі цих звуків, що називається основним тоном. Власне значення частоти основного тону використано як першу інформативну ознаку для ідентифікації користувачів, оскільки її значення є індивідуальною характеристикою кожної людини.

Встановлено, що в силу своєї природи мовні сигнали є складними випадковими процесами. Відповідно, математична модель повинна враховувати випадковість, що є присутньою в мовних сигналах, повторюваність в структурі голосних та приголосних вокалізованих звуків та давати можливість сегментації мовного сигналу на окремі звуки для наступної мовної ідентифікації.

Проаналізовано можливість подання мовного сигналу як стаціонарного випадкового процесу. Встановлено, що таке подання мовних сигналів дає можливість врахувати їхню імовірнісну природу, але не має засобів опису коливної структури, яка є притаманна голосним та приголосним локалізованим звукам. Це ускладнює процес сегментації мовних сигналів, на ділянки, що відповідають цим звукам.

Як математичну модель мовних сигналів використано кусково стаціонарний випадковий процес, який відповідає поставленим вимогам, зокрема і дає можливість сегментації мовного сигналу на ділянки, які відповідають голосним та приголосним вокалізованим звукам шляхом застосування методів статистичної обробки стаціонарних випадкових процесів та методу ковзного вікна.

Розроблено метод трьохкомпонентної мовної ідентифікації користувачів, що включає в себе: аналіз значення частоти основного тону користувача; рандомний вибір користувачем тестового слова – пароля для ідентифікації; визначення ділянок мовного сигналу (тестового слова), які відповідають голосним та приголосним вокалізованим звукам, а також оцінювання тривалостей цих ділянок і їхніх співвідношень у вимовленому тестовому слові. Розроблено відповідні алгоритми для визначення таких інформативних ознак мовного сигналу.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Біометрія / М.П. Горошко, С.І. Миклуш, П.Г. Хомюк. – Львів : Вид-во "Камула", 2004. – 236 с.
2. Б. П. Русин, Я. Ю. Варецький. Біометрична аутентифікація та криптографічний захист. – Львів: Коло, 2007. – 287 с.
3. Paul Benjamin Lowry, Jackson Stephens, Aaron Moyes, Sean Wilson, and Mark Mitchell (2005). «Biometrics, a critical consideration in information security management», in Margherita Pagani, ed. Encyclopedia of Multimedia Technology and Networks, Idea Group Inc., pp. 69–75.
4. Біометричні технології в ХХІ столітті та їх використання правоохоронними органами: посібник / В. П. Захаров, В. І. Рудешко; Львів. держ. ун-т внутр. справ. – 2-ге вид., допов. – Львів: ЛьвДУВС, 2015. – 491 с.
5. Ричард Э. Смит. Аутентификация: от паролей до открытых ключей. Authentication: From Passwords to Public Keys First Edition. – М.: Вильямс, 2002. – С. 432
6. А.А. Шелупанов, С.Л. Груздев, Ю.С. Нахаев. Аутентификация. Теория и практика обеспечения доступа к информационным ресурсам. Authentication. Theory and practice of ensuring access to information resources.. – М.: Горячая линия – Телеком, 2009. – С. 552.
7. Шнайер Б. Прикладная криптография. Протоколы, алгоритмы, исходные тексты на языке Си . Applied Cryptography. Protocols, Algorithms and Source Code in C. – М.: Триумф, 2002. – 816 с.
8. А.А. Гладких, В.Е. Дементьев. Базовые принципы информационной безопасности вычислительных сетей.. – Ульяновск: УЛГТУ, 2009. – С. 156.
9. Tardo J. and K. Alagappan. SPX: Global Authentication Using Public Key Certificates. – M.California, 1991. – С. pp.232-244.
10. <https://www.thalesgroup.com/en/markets/digital-identity-and-security/government/inspired/biometrics>

11. <https://www.jumio.com/what-is-biometric-authentication/>
12. <https://www.recogtech.com/en/knowledge-base/5-common-biometric-techniques-compared>
13. [https://en.wikipedia.org/wiki/Speaker\\_recognition](https://en.wikipedia.org/wiki/Speaker_recognition)
14. <https://www.nec.com/en/global/techrep/journal/g18/n02/180218.html>
15. <https://www.phonexia.com/en/blog/7-benefits-of-voice-biometric-authentication-in-call-centers/>
16. <https://www.1kosmos.com/biometric-authentication/voice-authentication/>
17. <https://biz30.timedoctor.com/voice-authentication/>
18. Фланаган Джеймс. Анализ, синтез и восприятие речи : пер. с англ. / Джеймс Фланаган ; [под ред. Пирогова А. А.]. – М. : “Связь”, 1968. – 396 с.
19. Фант Гунер. Акустическая теория речеобразования : пер. с англ. / Гунер Фант ; [под ред. Григорьева В. С.]. – М. : Наука, 1964. – 284 с.
20. Пиппард А. Физика колебаний и волн : пер. с англ. / А. Пиппард. – М.: Высш. шк., 1985. – 456 с.
21. Рабинер Лоренс. Цифровая обработка речевых сигналов : пер. с англ. / Л. Рабинер, Р. Шафер ; [под ред. М. В. Назарова, Ю. Н. Прохорова]. – М. : Радио и связь, 1981. – 496 с.
22. Максимов Е.М. Актуальные задачи речевой акустики / Е.М. Максимов, Ю.Н. Ромашкин, С.А. Лопатина // Речевые технологии. – 2008. – №2. – С. 66-71.
23. Маркел Дж. Д. Линейное предсказание речи : пер. с англ. / Дж. Д. Маркел, А. Х. Грэй ; [ под ред. Ю. Н. Прохорова, В. С. Звездина]. – М., Связь, 1980. – 308 с.
24. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика: учеб. для вузов / А.Н. Ремизов, А.Г. Максина, А.Я. Потапенко. – 4-е изд., перераб. и дополн. – М. : Дрофа, 2003. – 560 с.: ил. – ISBN 5-7107-5001-8
25. Физическая акустика. Под ред. У. Мэзона / пер. с англ. ; [под ред. Л.Д. Розенберга.]. – М. : Мир, 1966. – 589 с.

26. Исакович М.А. Общая акустика : учеб. пособ. / М.А. Исакович. – М. : Наука, 1973. – 496 с.
27. Сорокин В.Н. Фундаментальные исследования речи и прикладные задачи речевых технологий / В.Н. Сорокин // Речевые технологии. – 2008. – №1. – С. 18-49.
28. Бархатов А.Н. Акустика в задачах. Учеб. рук-во. : для вузов / А.Н. Бархатов, Н.В. Горская, А.А. Горюнов и др. ; [под ред. С.Н. Гурбатова, О.В. Руденко.]. – М. : Наука, 1996. – 336 с. – ISBN 5-02-014742-7.
29. Карпов О.Н. Качественный анализ связи амплитудно-частотных параметров речевого сигнала, геометрических размеров резонаторов и входных речеодразовательных воздействий речеобразовательной системы / О.Н. Карпов, А.О. Карпов // Автоматическое распознавание и синтез речевых сигналов. Сб. науч. Тр. АН УССР, Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова. – К., 1989. – С. 89-93.
30. Сорокин В.Н. Потери в речевом тракте / В.Н. Сорокин // Акустический журнал. – 1977. Т. XXIII – С. 939-946.
31. Физиология речи. Восприятие речи человеком / Л.А. Чистович., А. В. Венцов., М. П. Гранстрем и др. – Ленинград, изд-во Наука, 1976. – 388 с.
32. Медведев О. Н. Разработка методов эффективного кодирования речи на основе новых моделей источника речеобразования : автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук : 05.12.13 “Системы, сети и устройства телекоммуникаций” / Медведев Олег Николаевич ; Моск. техн. ун-тет. связи и информатики – М., 2007. – 19 с.
33. Леонов А. С. Артикуляторный ресинтез гласных / А. С. Леонов, И. С. Макаров, В. Н. Сорокин, А. И. Цыплихин // Информационные процессы. – 2003. – Т. 3, №2. – С. 73-82.
34. Фониатрия и фонопедия / Л.Б. Дмитриев, Л.М. Телелева, С.Л. Таптапова, И.И. Ермакова. – М. : Медицина, 1990. – 272 с.

35. Рамишвили Г.С. Автоматическое опознавание говорящего по голосу / Г.С. Рамишвили. – М. : Радио и связь, 1981. – 224 с.
36. Атал Б.С. Автоматическое опознавание дикторов по голосам / Б.С. Атал // ТИИЭР – Т. 64, №4. – 1976. – С.48-66.
37. Яир Э. Об использовании спектра мощности основного тона для оценивания голосового тремора / Э. Яир, И. Гат // ТИИЭР. – 1988. – Т. 76, №9. – С. 120-129.
38. Голубинский А.Н. Методика расчёта параметров модели речевого сигнала в виде импульса АМ-колебания с несколькими несущими частотами для случая модуляции суммой гармоник // Системы управления и информационные технологии. — 2008. — № 4.1. — С. 156—161.
39. Бендат Дж. Прикладной анализ случайных данных : пер. с англ. / Дж. Бендат, А. Пирсол. – М. : Мир, 1989. – 540 с. – ISBN 5-03-001071-8.
40. Кудрявцев Л.Д. Курс математического анализа. В двух томах: учебник для студентов университетов и вузов / Л.Д. Кудрявцев. – М. : Высшая школа, 1981, т II. – 584 с.
41. Математическая энциклопедия / [под ред. И.М. Виноградова.]. – М. : Советская энциклопедия. В 5 томах, 1984.
42. Петунин Ю.И. Приложение теории случайных процессов в биологии и медицине / Ю.И. Петунин. – К. : Наукова думка, 1981. – 320 с.
43. Мышкис А.Д. Элементы теории математических моделей. Изд. 3-е, исправленное / А.Д. Мышкис. – М. : КомКнига, 2007. – 192 с. – ISBN 978-5-484-00953-4
44. Булинский А.В. Теория случайных процессов / А.В. Булинский, А.Н. Ширяев. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 408 с. – ISBN 5-9221-0335-0
45. Гихман И.И. Введение в теорию случайных процессов : учеб. пособ. / И.И. Гихман, А.В. Скороход. – Изд. 2-е. – М. : Наука, 1977. – 568 с.
46. Вентцель А.Д. Курс теории случайных процессов : учеб. пособ. / А.Д. Вентцель. – 2-е изд. доп. – М. : Наука. Физмат, 1996. – 400 с.

47. Вентцель Е.С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения : учеб. пособие для вузов / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – 2-е изд., стер. – М. : Высш. Шк., 2000. – 383 с. : ил. – ISBN 5-06-003831-9

48. Волков И.К. Случайные процессы : учеб. для вузов / И.К. Волков, С.М. Зуев, Г.М. Цветкова ; [под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко]. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. – 448 с. – ISBN 5-7038-1267-4

49. Винер Н. Нелинейные задачи в теории случайных процессов / Н. Винер ; пер. с англ. М. Хазен. – М. : Издательство иностранной литературы, 1961. – 158 с.

50. Vyacheslav Nykytyuk, Vasyl Dozorskyi, Oksana Dozorska. Detection of biomedical signals disruption using a sliding window. Scientific journal of the Ternopil National Technical University. 2018. Vol. 91. № 3. P. 125–133.

51. Дозорський В.Г. Обґрунтування структури системи відбору акустичних сигналів для задач медичної діагностики систем дихання та голосотворення / М.В. Бачинський, В.Г. Дозорський, І.Ю. Дедів // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – Хмельницький : ХНУ, 2011. – №3. – С.192-195.

52. Jang V.H. The past, present and future of speech processing / V.H. Jang // IEEE Signal processing magazine. – May 1998. – P. 24-48.

53. Михайлов В.Г. Из истории исследований преобразования речи / В.Г. Михайлов // Речевые технологии. – 2008. – №1. – С. 93-113.

54. Федоров Е.Е. Выделение длины периода основного тона речевого сигнала. / Е.Е. Федоров // Искусственный интеллект. – 2004, №1. – С. 237-242. – ISSN 1561-5367.

55. Пирогов А.А. Устройство для автоматического определения частоты основного тона. Реестр изобретений СССР. Авторское свидетельство №129739 с приоритетом от 08.06.1958 г. Бюллетень изобретений и товарных знаков. 1960. № 13. С. 38.



56. Аграновский А.В. Теоретические аспекты алгоритмов обработки и классификации речевых сигналов / А.В. Аграновский, Д.А. Леднов. – М. : Радио и связь, 2004. – 164 с. – ISBN 5-256-01743-8.

57. Баронин С.П. Автокорреляционный метод выделения основного тона речи / С.П. Баронин // Сб. трудов Гос. НИИ Мин. связи СССР. Вып. 3(24) – М., 1961. С. 93–102.

58. Баронин С.П. Автокорреляционный метод выделения основного тона речи. Пятьдесят лет спустя / С.П. Баронин // Речевые технологии. – 2008. – №2. – С. 3-13.

59. Гитлин В.Б. Совместный алгоритм выделения основного тона речи по методам GS и автокорреляционной функции спектра / В.Б. Гитлин, Д.А. Лузин // Речевые технологии. – 2008. – №3. – С. 36-43.

60. Сидоров И.Н. Отечественные и зарубежные микрофоны и телефоны. Справочное пособие / И.Н. Сидоров. – М. : Горячая линия-Телеком, 2004. – 283 с.: ил. – (Массовая радиобиблиотека; Вып.1273). – ISBN 5-93517-18-5

61. Козюренко Ю.И. Звукозапись с микрофона / Ю.И. Козюренко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Радио и связь, 1988. – 112 с.: ил. – (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1112). – ISBN 5-256-00107-8

62. Основи охорони праці: Підручник / За ред. К.Н. Ткачука і М.О. Халімовського. – К.: Основа, 2006. – 448 с.

63. Vasyl Dozosky, Oksana Dozorska, Vyacheslav Nykytyuk, Evhenia Yavorska, Leonid Dedit. The Method of Selection and Pre-processing of Electromyographic Signals for Bio-controlled Prosthetic of Hand. 2020 IEEE 15th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT). Volume 1, Lviv-Zbarazh, Ukraine 23-26 September 2020. P. 188-191.

# ДОДАТКИ

**Тези конференції**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ**

**МАТЕРІАЛИ****ІХ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ****«ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ,  
СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»**

**8–9 грудня 2021 року**

**ТЕРНОПІЛЬ  
2021**

<b>Н.С. Таванець, В.В. Никитюк</b> СПОСІБ ГОЛОСОВОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ КОРИСТУВАЧА <b>N. Tavanets, V. Nykytyuk</b> THE METHOD OF VOICE IDENTIFICATION OF THE USER	84
<b>М. Тимків, О. Яскілка</b> АНАЛІЗ ЗАСТОСУНКІВ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ІНОЗЕМНИХ МОВ <b>M. Tymkiv, O. Yaskilka</b> ANALYSIS OF APPLICATIONS FOR THE STUDY OF FOREIGN LANGUAGES	85
<b>Д.Ю. Дзюба, Л.П. Дмитроца</b> ПРИСТРОЇ З ФІЗИЧНОЮ НЕКЛОНОВАНОЮ ФУНКЦІЄЮ (PUF) <b>D. Dziuba, L. Dmytrotsa</b> DEVICES WITH PHYSICAL NON-CLONED FUNCTION (PUF)	86
<b>Ж.Ж. Захем, В.Б. Савків</b> РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ВІРТУАЛЬНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПРАЦІВНИКІВ ВИРОБНИЦТВ НА БАЗІ VR.AR ТА AI <b>J. Zakhem, V. Savkiv</b> DEVELOPMENT AND RESEARCH OF A VIRTUAL SECURITY SYSTEM FOR PRODUCTION WORKERS BASED WITH THE HELP OF VR.AR AND AI	87
<b>Т. Скуржанський, О.Б. Назаревич</b> ОДНОШАРОВИЙ ПЕРЦЕПТРОН ЯК ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ АНАЛІЗУ ГАЗОСПОЖИВАННЯ <b>T. Skurzhanyskyi, O. Nazarevych</b> SINGLE LAYER PERCEPTRON AS A TOOL FOR GAS CONSUMPTION ANALYSIS	88
<b>Д. Корж, Д. Радчук, М. Тимків А. Колесник, Т. Зошук</b> РІЗНИЦЯ МІЖ «ТРАДИЦІЙНИМИ» ТА «РОЗУМНИМИ» МІСТАМИ <b>D. Korzh, D. Radchuk, M. Tymkiv, A. Kolesnyk, T. Zoshchuk</b> THE DIFFERENCE BETWEEN “TRADITIONAL” AND “SMART” CITIES	90
<b>Д. Корж, Д. Радчук, О. Ліщук, А. Колесник, Т. Зошук</b> РОЗУМНА СИСТЕМА ЕЛЕКТРОННОГО ЗДОРОВ'Я ДЛЯ ВІДСТЕЖЕННЯ ТА МОНИТОРИНГУ ПАЦІЄНТІВ, ПЕРСОНАЛУ В РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ <b>D. Korzh, D. Radchuk, O. Lishchuk, A. Kolesnyk, Zoshchuk T.</b> SMART ELECTRONIC HEALTH SYSTEM FOR TRACKING AND MONITORING OF PATIENTS, PERSONNEL IN REAL TIME	92
<b>М. Тимків, О. Яскілка</b> АНАЛІЗ ЗАСТОСУНКІВ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ІНОЗЕМНИХ МОВ <b>M. Tymkiv, O. Yaskilka</b> ANALYSIS OF APPLICATIONS FOR THE STUDY OF FOREIGN LANGUAGES	91
<b>О.І. Тимчак, І.Ю. Дедів</b> АЛГОРИТМ ВИДІЛЕННЯ ТА РОЗПІЗНАВАННЯ ОБЛИЧЧЯ <b>O.I. Tymchak, Dediv.</b> ALGORITHM OF SELECTION AND FACE RECOGNITION	93

УДК 004:057.087

**Н.С. Таванець, студент групи СНм-61, В.В. Никитюк, канд. техн. наук – Ph.D**  
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

### **СПОСІБ ГОЛОСОВОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ КОРИСТУВАЧА**

UDC 004:057.087

**N. Tavanets student, V. Nykytyuk, Ph.D.**

### **THE METHOD OF VOICE IDENTIFICATION OF THE USER**

Актуальною сьогодні в області ІТ технологій є реалізація способів перевірки відповідності наданих прав доступу та користування даними відповідним користувачам, що полягає в ідентифікації та аутентифікації користувачів. Оскільки процедура ідентифікації користувача є особливо важливим складовим етапом процесу аутентифікації, що полягає в перевірці автентичності, то основною є задача ідентифікації користувача на основі використання певних ідентифікаторів, для підтвердження прав доступу та користування відповідними сервісами. Сьогодні існує велика кількість добре відпрацьованих способів ідентифікації користувачів, які полягають в використанні таких опосередкованих ідентифікаторів, як, наприклад, паролі або спеціальні пристрої ідентифікації, які є безпосередньою частиною користувача.

В першому випадку достовірність ідентифікації знижується через можливість втрати пароля, його підбору третіми особами (що висуває підвищені вимоги до вмісту та розміру пароля та можливості того, що користувач його просто забуде), або втрати пристроїв ідентифікації, таких, як картки доступу, спеціальні ключі доступу тощо.

В другому випадку використовуються біометричні показники особи, які давали б можливість однозначної її ідентифікації. До таких методів належать методи ідентифікації за зображенням особи (портретом), відпечатками пальців, рисунком папілярних ліній долоні, зображеннями сітківки ока, рисунком кровоносних судин сітківки ока, рисунком райдужної оболонки ока, параметрами голосу, почерком та способом написання, кутом нахилу ручки, швидкістю та темпом клавіатурного введення тексту тощо.

Усім цим способам притаманні, як переваги так і недоліки. Так, в перших двох випадках необхідними є дорогі високочутливі сканери, а на достовірність результату ідентифікації впливатиме стан шкіри на пальцях чи долонях, наявність пошкоджень, порізів, подряпин тощо. Найбільш точними є методи ідентифікації за сітківкою ока та рисунком райдужної оболонки. Але такі методи потребують високочутливих камер та точності в процесі отримання відповідних зображень а також часу на обробку таких зображень.

Метод голосової ідентифікації є найпростішим із розглянутих попри те, що не вимагає дорогих технічних засобів для проведення ідентифікації та відрізняється високою достовірністю самої ідентифікації. Так, для відбору голосових сигналів може бути використаний комп'ютерний мікрофон чи гарнітура, а обробка проводиться безпосередньо середовищем, для доступу до якого і проводиться ідентифікація. Однак, враховуючи високі динамічні параметри голосу та широкий частотний склад, різні методи голосової ідентифікації дають різні значення достовірності ідентифікації. Так, проведення ідентифікації за параметрами огинаючої голосового сигналу, частоти основного тону або спектрального складу відрізняється підвищеною можливістю помилкової ідентифікації.

Міністерство освіти і науки України,  
 Тернопільський національний технічний університет  
 імені Івана Пулюя  
 Маріборський університет (Словенія)  
 Технічний університет в Кошице (Словаччина)  
 Каунаський технологічний університет (Литва)  
 Львівський національний університет  
 імені Івана Франка,  
 Гірничо-металургійна академія ім. Станіслава Сташиця (Польща)  
 Луцький національний технічний університет,  
 Чернівецький національний університет  
 імені Юрія Федьковича,  
 Вроцлавський економічний університет (Польща)  
 Університет технологій та економіки  
 імені Хелени Ходковської (Польща)  
 Донбаська державна машинобудівна академія



*Студентське наукове товариство*



**V МІЖНАРОДНА**  
**студентська науково - технічна конференція**  
**"ПРИРОДНИЧІ ТА ГУМАНІТАРНІ**  
**НАУКИ.**

**"АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ"**

28-29 квітня 2022 р.

*(збірник тез конференції)*

*Тернопіль 2022*

*V Міжнародна студентська науково - технічна конференція  
"ПРИРОДНИЧІ ТА ГУМАНІТАРНІ НАУКИ. АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ"*

Ношкालюк А. <b>РОЗРОБКА ІНТЕРАКТИВНИХ 3D МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ У ВІРТУАЛЬНОМУ НАВЧАЛЬНОМУ СЕРЕДОВИЩІ</b>	<b>49</b>
Таванець Н. <b>МЕТОД ТРЬОХКОМПОНЕНТНОЇ ГОЛОСОВОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОСОБИ</b>	<b>50</b>
Галичак А. <b>СУЧАСНЕ МИСТЕЦТВО</b>	<b>52</b>
Якимчук С. <b>УКРАЇНСЬКІ ІСТОРИКО-КУЛЬТУРНІ ПАМ'ЯТКИ У ВОЄННИЙ ЧАС</b>	<b>54</b>
Гончарук К. <b>МОМЕНТ СУЧАСНОГО ТАНЦЮ В МИНУЛОМУ АБО МИНУЛОГО - В СУЧАСНОМУ</b>	<b>56</b>
Михалюк І. <b>ПОБУДОВА ЧИСЕЛЬНОГО РОЗВ'ЯЗКУ ЗАДАЧІ ПРО КОЛИВАННЯ СКІНЧЕНОЇ СТРУНИ</b>	<b>58</b>
Федак Л. <b>ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ</b>	<b>60</b>
Шаблій А. <b>МЕТОДИКА НАБЛИЖЕНОГО РОЗВ'ЯЗАННЯ РІВНЯНЬ ГІПЕРБОЛІЧНОГО ТИПУ</b>	<b>61</b>
Олійник Т. <b>МОДЕЛЮВАННЯ ОБОЛОНКИ ДВОЯКОЇ ГАУССОВОЇ КРИВИЗНИ</b>	<b>63</b>
Шимків Р. <b>ЗАДАЧА КОШІ ДЛЯ ОДНОВИМІРНОГО НЕОДНОРІДНОГО ХВИЛЬОВОГО РІВНЯННЯ</b>	<b>65</b>
Завацький Н. <b>ЧИСЕЛЬНЕ РОЗВ'ЯЗАННЯ ОДНОВИМІРНОЇ ЗАДАЧІ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ</b>	<b>67</b>
Ларочкін А. <b>КЕРУВАННЯ ПРУЖНИМИ ДЕФОРМАЦІЯМИ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ</b>	<b>69</b>
Гавліч Д., Кучерявий Є. <b>АНАЛІЗ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА ОБРОБКУ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ ШНЕКОВИМИ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ</b>	<b>70</b>
Замостний В., Савіцький Д. <b>ВПЛИВ ІНЕРЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВУЗЛІВ ВЕРСТАТА НА КЕРОВАНІСТЬ ПОЗИЦІЮВАННЯ ВИКОНАВЧИХ ОРГАНІВ</b>	<b>71</b>

*V Міжнародна студентська науково - технічна конференція  
"ПРИРОДНИЧІ ТА ГУМАНІТАРНІ НАУКИ. АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ"*

УДК 004:057.087

Таванець Н. – ст. гр. СНм-61

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

## **МЕТОД ТРЬОХКОМПОНЕНТНОЇ ГОЛОСОВОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОСОБИ**

Науковий керівник: к.т.н. Никитюк В.В.

Tavanets N.

*Ternopil Ivan Puluj National Technical University*

## **THE METHOD OF THREE-COMPONENT VOICE IDENTIFICATION OF A PERSON**

Supervisor: V. Nykytyuk, Ph.D.

Ключові слова: ідентифікація, голос, контроль доступу

Keywords: identification, voice, access control

Особливо актуальними сьогодні в області ІТ технологій є задачі ідентифікації та аутентифікації осіб з метою, зокрема, обмеження або надання їм доступу до визначених інформаційних ресурсів, баз даних тощо. Враховуючи сучасні тенденції до розроблення різноманітних методів ідентифікації та аутентифікації осіб домінуючою сьогодні є група біометричних методів, функціонування яких ґрунтуються на всебічному використанні принципів біометрії, яку можна означити як найбільш практичний засіб ідентифікації та аутентифікації осіб надійним і швидким способом за допомогою унікальних біологічних характеристик. При цьому попри подібність суть ідентифікації та аутентифікації є різною. Біометрична аутентифікація порівнює дані про характеристики особи з біометричним «шаблоном» цієї особи, щоб визначити схожість. При цьому, спочатку зберігається еталонна модель. Збережені дані потім порівнюються з біометричними даними особи, яка підлягає аутентифікації. Біометрична ідентифікація полягає у визначенні особистості людини. В цьому випадку метою є отримання елемента біометричних даних від цієї особи. Це може бути фотографія їхнього обличчя, запис голосу або зображення відбитка пальця. Ці дані потім порівнюються з біометричними даними кількох інших осіб, які зберігаються в базі даних.

В роботі проводиться розроблення методу трьохкомпонентної голосової ідентифікації осіб. На початковому етапі проводиться реєстрація голосового сигналу, що являє собою вимовлене особою тестове слово, за яким при кожному наступному зверненні буде проводитись ідентифікація особи. Унікальними для ідентифікації будуть як саме тестове слово, так і індивідуальні біометричні параметри голосу особи. Зокрема проводиться виділення ділянок голосового сигналу, які відповідають голосним та приголосним вокалізованим звукам та оцінювання значення частоти основного тону. Для ідентифікації на наступних етапах будуть використані значення цієї частоти та тривалості ділянок голосних та приголосних вокалізованих звуків, що і будуть біометричними параметрами особи. Метод опрацювання ґрунтується на представленні голосового сигналу як кусково-стаціонарного випадкового процесу, для якого окремі стаціонарні ділянки відповідатимуть окремим звукам.

Власне метод опрацювання ґрунтується на застосуванні ковзного вікна, яке транслюється по реєстрограмі голосового сигналу. В межах кожного вікна проводиться оцінювання наявності ознак основного тону з використанням методів формантного



## Додаток Б

## Текст програми визначення частоти основного тону

```
f=data(100000:125000);  
t=(0:(length(f)-1))./44100;  
figure(4);  
plot(f)  
grid on  
figure(5);  
plot(t,f)  
grid on  
c=xcorr(f);  
N=length(c);  
y=fft(c,N);  
g=abs(y)/N*2;  
figure(6);  
plot(g)  
grid on  
[f1,f2]=max(g(166:1000));  
k=f2+166
```

## Додаток В

**Текст програми опрацювання мовного сигналу розробленим  
методом**

```
x1=data;
xr=x1.*1.55;
t1=(0:(length(x1)-1))./44100;
figure(1);
plot(t1,xr);
grid on;
tau=221;
m=0;
for k=0:4030
    x12=xr((k*tau+1):(k*tau+2205));
    z1=xcorr(x12);
    fd=44100;
    N=length(z1);
    y1=fft(z1,N);
    y=abs(y1)/N*2;
    df=fd/N;
    f=0:df:fd-df;
    n1=fix(166/df);
    n2=fix(240/df);
    hh=mean(y(n1:n2));
    if hh>=0.1
        gg=1;
    else
        gg=0;
    end
end
```

```
m=m+1;  
b(m)=gg;  
r(m)=hh;  
end  
figure(2)  
plot(b)  
grid on  
figure(3)  
plot(r)  
grid on
```