

## АНОТАЦІЯ

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

Роботу присвячено питанням оцінювання частоти основного тону для медичних діагностичних систем. Цей параметр голосових сигналів є індивідуальним та відображає особливості роботи голосового апарату при формуванні голосних та вокалізованих звуків. Проаналізовано методи оцінювання частоти основного тону та запропоновано метод, який ґрунтується на оцінюванні авто кореляційної функції вибірок з голосового сигналу.

Ключові слова: основний тон, голосовий сигнал, діагностика.

## ABSTRACT

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

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

**Keywords:** tone, voice signal, diagnostics.

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ

АЦП – аналого-цифровий перетворювач;

БО – біооб'єкт;

ОТ – основний тон;

ЧОТ – частота основного тону.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. ЗАДАЧА ДІАГНОСТУВАННЯ ЗА ГОЛОСОВИМ СИГНАЛОМ.....	11
1.1 Голосовий сигнал, як носій діагностичної інформації.....	11
1.2 Загальні відомості про порушення звуковимови.....	13
1.3 Аналіз апаратно-програмного забезпечення, що використовується в області діагностики та корекції порушень звуковимови.....	15
1.4 Висновки до розділу 1.....	23
РОЗДІЛ 2. ПАРАМЕТРИ ГОЛОСОВОГО СИГНАЛУ, ЩО НЕСУТЬ ДІАГНОСТИЧНУ ІНФОРМАЦІЮ.....	25
2.1 Голосовий сигнал як результат роботи голосового апарату.....	25
2.2 Моделі процесу голосотворення.....	30
2.3 Задача оцінювання частоти основного тону.....	33
2.4 Висновки до розділу 2.....	35
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА РЕЄСТРАЦІЯ ГОЛОСОВИХ СИГНАЛІВ.....	36
3.1 Експериментальний відбір голосових сигналів.....	36
3.2 Методи визначення частоти основного тону.....	41
3.3 Висновки до розділу 3.....	45
РОЗДІЛ 4. ВЕРИФІКАЦІЯ МЕТОДУ ОЦІНЮВАННЯ ЧАСТОТИ ОСНОВНОГО ТОНУ.....	46
4.1 Експериментальне вимірювання частоти основного тону голосового сигналу.....	46
4.2 Практична реалізація методу.....	48
4.3 Висновки до розділу 4.....	51
РОЗДІЛ 5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	53
5.1 Методика проведення медико-біологічних досліджень.....	53

	8
5.2 Обґрунтування вибору УДК напряму наукового дослідження.....	56
РОЗДІЛ 6. ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	59
6.1 Науково-технічна актуальність науково-дослідної роботи.....	59
6.2 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи.....	60
6.3 Науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи.....	66
6.4 Висновки до розділу 6.....	70
РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	71
7.1 Охорона праці.....	71
7.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	76
РОЗДІЛ 8. ЕКОЛОГІЯ.....	85
8.1 Актуальність екологічних проблем.....	85
8.2 Шкідливий вплив на довкілля при виготовленні медичних діагностичних систем.....	86
8.3 Заходи охорони довкілля при виготовленні медичних діагностичних систем.....	87
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	90
Бібліографія.....	92
ДОДАТКИ	

## ВСТУП

**Актуальність роботи.** Відомою є задача медичної діагностики стану органів голосового апарату за результатами належного опрацювання голосових сигналів методами, які визначаються адекватною фізичній природі таких сигналів та поставленій задачі математичною моделлю голосових сигналів. Проводиться обґрунтування вибору математичної моделі голосових сигналів, зокрема вокалізованих фрикативних звуків, у вигляді періодично корельованого випадкового процесу. При цьому проводиться опрацювання голосових сигналів синфазним методом, необхідність та коректність застосування якого визначається математичною моделлю таких сигналів у вигляді періодично корельованого випадкового процесу. На першому етапі застосування синфазного методу опрацювання голосових сигналів проводиться обчислення оцінок стаціонарних компонент шляхом формування вибірок значень окремої реалізації голосового сигналу, взятих через період корельованості. При цьому необхідно знати інтервал існування та наближене значення періоду корельованості сигналу.

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

Найпоширенішим методом знаходження ПОТ є автокореляційний. Початкова оцінка ПОТ визначається місцезнаходженням максимального значення автокореляції в межах визначеного інтервалу. Однак відомо, що на

точність обчислення ПОТ за автокореляційною функцією можуть впливати обертони, присутні в сигналі, та гармоніки з вищою амплітудою.

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

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

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

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

*Предмет дослідження:* метод визначення частоти основного тону.

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

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

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

## РОЗДІЛ 1

## ЗАДАЧА ДІАГНОСТУВАННЯ ЗА ГОЛОСОВИМ СИГНАЛОМ

## 1.1 Голосовий сигнал, як носій діагностичної інформації

Один з кількісних підходів до аналізу голосового сигналу заснований на теорії інформації, розробленій Шенноном. Відповідно до цієї теорії голос можна описати його інформаційним змістом або інформацією. Інший спосіб опису голосу полягає в представленні його у вигляді сигналу – акустичного коливання [1-4].

Останнім часом сформувався важливий напрямок навколо поняття сигналу як носія даних. Цей напрям відомий як сигнальна концепція, відповідно до якої основним джерелом інформації про голосовий апарат є голосовий сигнал [1].

Опрацювання сигналу передбачає на перших етапах вибір способу його подання на основі певної математичної моделі з наступним перетворенням одержаного представлення в необхідну форму. На основі такої моделі розробляються методи обробки та проводиться власне обробка таких сигналів. Результатом обробки є аналіз інформаційного вмісту сигналу.

Існують різні способи опису голосового сигналу. В праці [4] ці способи класифіковано на дві групи: параметричний опис та опис у вигляді акустичного коливання.

Параметричний опис ґрунтується на зображенні голосового сигналу, як вихідного відгуку моделі голосотворення. Параметри моделі зазвичай поділяють на параметри збудження і параметри мовного тракту. Другий спосіб опису ґрунтується на зображенні голосового сигналу як акустичного коливання.



Первинний опис сигналу визначає обґрунтування вибору математичної моделі з врахуванням специфіки розв'язаної прикладної задачі. Тому далі розглядатимемо математичні моделі сигналу як акустичного коливання.

Відповідно до акустичної теорії голосотворення Фанта, Фланагана, голосовий апарат включає в себе дві підсистеми – джерело сигналу та артикуляційний апарат [2,3]. Схематично це зображено на рис. 1.1.

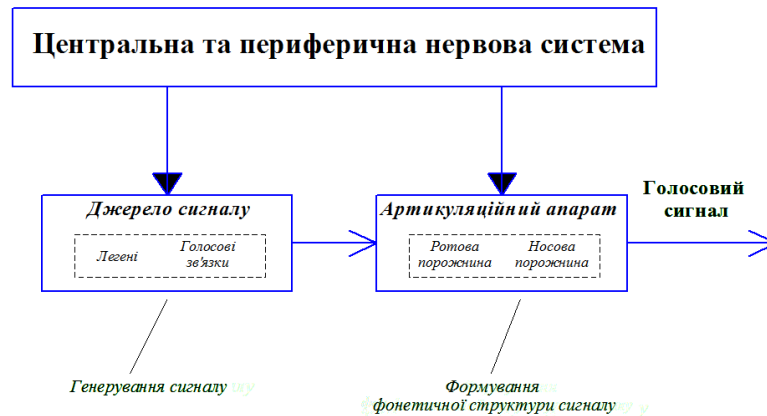


Рис. 1.1 Структурна схема процесу голосотворення

При творенні голосових сигналів, в потоці видихуваного повітря джерело сигналу створює акустичний сигнал з ритмічною структурою, яка визначається основним тоном. Така структура генерується голосовими складками. Останні коливаються під впливом послідовностей нервових імпульсів  $p(t)$  (рис. 2.2, а). Артикуляційний апарат, формує кінцеву структуру сигналу  $x(t)$  (рис. 1.2, а,б).

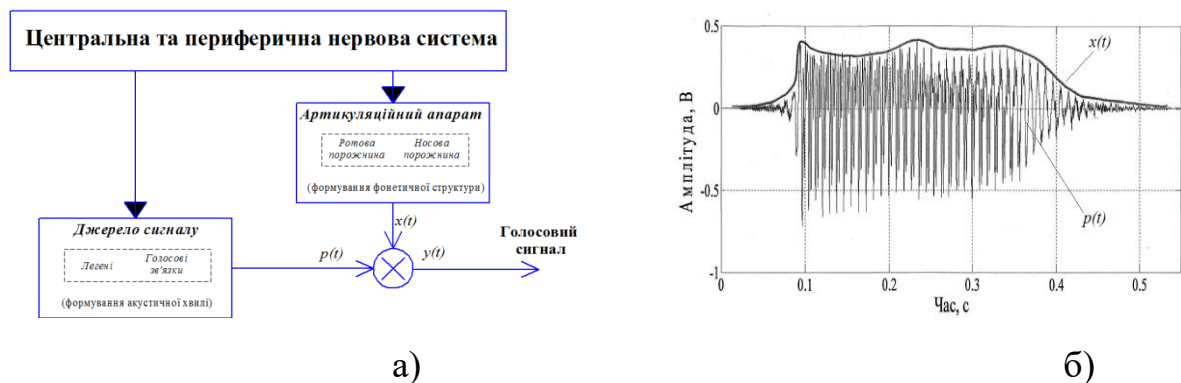


Рис. 1.2 Процес творення голосових сигналів: а) – структурна схема процесу, б) – голосовий сигнал [н], як результат процесу голосотворення

Таким чином сигнал  $y(t)$ , враховуючи методи амплітудної модуляції, можна подати у вигляді:

$$y(t) = p(t) \cdot x(t) \quad (1.1)$$

де  $y(t)$  – голосовий сигнал, що є повідомленням у випадку амплітудної модуляції;  $p(t)$  – несучий сигнал, що відображає роботу голосових складок;  $x(t)$  – обвідний сигнал, що відображає роботу артикуляційного апарату в часі.

Розглянемо детальніше характеристики голосових сигналів, які обчислюються та піддаються аналізу в медичних комп'ютерних системах і є основою поставлення діагнозу, в рамках відповідних їм математичних моделей, що лежать в основі розроблення методів опрацювання голосових сигналів, за допомогою яких і обчислюються ці характеристики в комп'ютерних системах.

## 1.2 Загальні відомості про порушення звуковимови

Найбільш явно вираженим проявом голосової патології є порушення звуковимови [5].

Невідповідність особистої вимови прийнятому для окремої вікової групи значенню та незмінність порушеної вимови в часі її чіткою ознакою наявності патологічних станів голосового апарату чи його органів.

При діагностуванні голосового апарату необхідно приймати до уваги зміни в роботі двох взаємопов'язаних систем, а саме слухової та голосотворення. Оскільки при відсутності слуху людина не може контролювати процес власної звуковимови. Погіршення слуху на певних частотах призводить до поганої вимови цього частотного діапазону в звуках мови. Слухова система чинить свого роду зворотний зв'язок при

голосотворенні. Спостерігатись також можуть незалежні від стану слуху порушення звуковимови, спричинені дезінервацією відповідних м'язів голосового апарату тощо [6].

Порушення звуковимови може проявлятись при вимовлянні практично будь яких звуків, але в більшості випадків для тих звуків, при творенні яких задіюється значна кількість органів голосового апарату. Сюди належать групи свистячих (порушення спостерігається у 22 відсотках випадків), шиплячих (порушення спостерігається у 24 відсотках випадків), дрижачого звуку [р] (порушення спостерігається у 26 відсотках випадків), звуку [л] (порушення спостерігається у 10 відсотках випадків), дзвінких звуків (порушення спостерігається у 45 відсотках випадків), задньопіднебінних звуках (порушення спостерігається у 1 відсотку випадків) - 1 %, і - 1,5%. Порушення вимови голосних звуків практично не спостерігаються. Однак при таких захворюваннях як онкологічні, при виникненні пухлини на голосових складках, порушується їх робота, що проявляється у зміні частоти коливань голосових складок або неоднаковості поливань обох складок, що призводить до виникнення ефекту биття і характерного його прояву в структурі кінцевого звуку.

Завданнями діагностування (частково) та корекції звуковимови займається така область медицини як логопедія, яка визначає три основні рівні порушення вимови [5], а саме повне невміння вимовляти окремі звуки чи складні фрази, неправильне вимовляння звуків в злитній мові та порушення можливості змішування (диференціації) окремих звуків при вмінні вимовляння цих звуків окремо.

Застосування комп'ютеризованих систем в області діагностування порушень роботи голосового апарату та їх корекції дає можливість підвищення ефективності як діагностики так і корекції звуковимови через залучення певних компенсаторних механізмів організму людини [7,8].

При цьому однією з переваг комп'ютерних засобів є те, що комп'ютер може комплектуватися з урахуванням потреб людей з обмеженими можливостями [9].

### 1.3 Аналіз апаратно-програмного забезпечення, що використовується в області діагностики та корекції порушень звуковимови

В 90-ті роки з'явилися перші революційні на той час автоматизовані системи корекції порушеної вимови та часткової діагностики голосового апарату. Призначені вони були для корекції дефектів вимови в основному дітей з порушеною функцією слуху [9]. Основними задачами цих автоматизованих систем були задачі компенсації відсутньої інформації про вимовлені звуки шляхом залучення інших видів відчуттів як форм організації зворотнього зв'язку, зокрема систем зору, тактильно-вібраційних відчуттів тощо.

Діагностування порушень, постановка звуковимови, відпрацювання механізмів голосоутворення, пропедевтичні вправи і гімнастика артикуляції спираліся в основному на тактильні відчуття в мовотвірних органах. Оптичний контроль за станом органів голосового апарату класично здійснювався у вигляді вправ перед логопедичним дзеркалом [9]. Проте останнім часом стрімкий розвиток техніки дозволяє логопедові працювати не на рівні суб'єктивних відчуттів пацієнта, а на основі об'єктивніших комп'ютерних способів оцінювання продукуючої мови і коректувальних вправ. Опосередкований візуальний контроль основних механізмів голосотворення, істотно полегшує багато задач оториноларингології та логопедичної практики.

Спроби візуалізувати голосові сигнали робились давно. Апаратно-програмний комплекс (АПК) "Видима мова III" призначений для коректувальної і всесторонньо направленої розвиваючої роботи з дітьми із порушеними функціями мови, слуху, сенсорномоторних функцій мови [10,11].

Програма системи включає в себе чотирнадцять модулів-підпрограм, та призначена для роботи і з дітьми і з дорослими. Самі модулі побудовані з використанням принципів гри з метою максимального зацікавлення дітей і сприяння намагання їх максимально виконувати поставлені завдання в процесі корекції. В програмі використовуються анімаційні заставки, музичні вставки, що наближає процес корекції до гри.

На рис. 1.3 наведено зовнішній вигляд та вигляд робочого вікна АПК "Видима мова III".

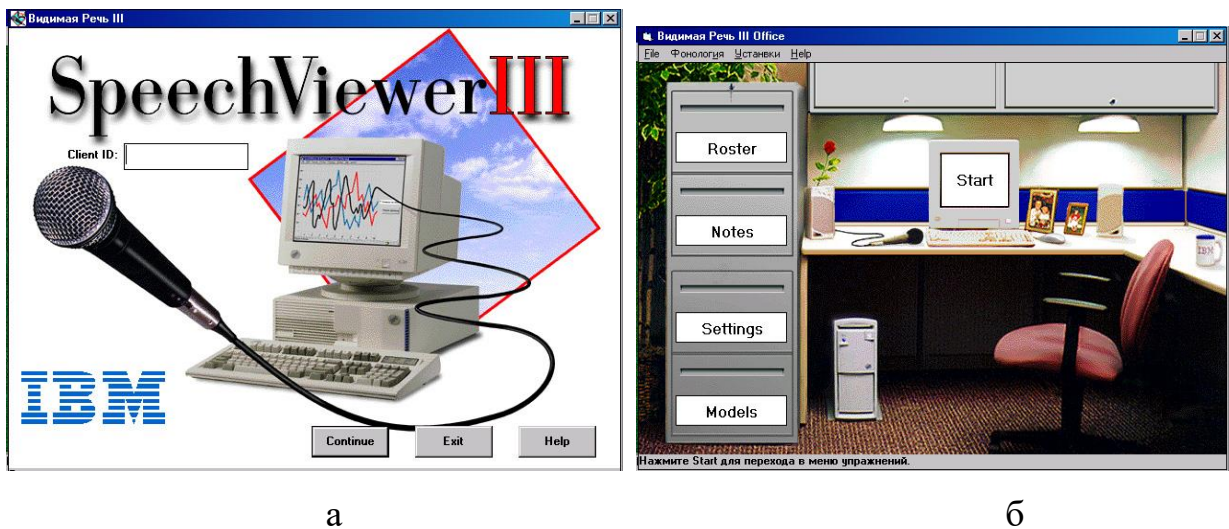


Рис. 1.3 Зовнішній вигляд (а) та вигляд робочого вікна (б) АПК "Видима мова III".

В процесі роботи система проводить відбір та аналіз голосових сигналів, які вимовляє дитина із порушеннями звуковимови. Дальше проходить опрацювання та формування на основі такого опрацювання цікавих для дитини графічних образів, музичних вставок та підказок а також анімованих вставок.

Програма проводить відображення на екрані комп'ютера окремі компоненти мови, такі як параметри дихання під час вимовляння заданих в завданні до кожного модуля звуків, складів чи простих фраз. Також проводиться відображення ознак наявності чи відсутності голосових сигналів,

інтенсивності, часу фонації тощо. Окремо треба відзначити можливість відображення та аналізу частотного складу голосових сигналів, їхньої фонетичної структури [11].

У програмі відображення голосових сигналів, їхніх структурних елементів, часових та частотних параметрів проводиться стабільно та зберігається для можливого наступного візуального чи програмного аналізу лікарем, який визначає курс корекції [11].

Для задачі діагностики важливим є забезпечення можливості аналізу частотного складу голосових сигналів, для чого повністю підходять такі модулі програми «Видима мова», як модуль “Спектр висоти і гучності у фразі” та “Спектр звуку” [11]. Ці модулі на мають відображення у вигляді елементів гри, але працюють за тим принципом, що дитині необхідно повторити еталонний сигнал так, щоб вимовлений голосовий сигнал наближався за часовими, амплітудними параметрами чи огинаючими спектра до тих же характеристик еталонного сигналу, які відображаються на екрані комп’ютера у вигляді графіків, що накладаються, або співставляються. Графіки при цьому є різних кольорів та можуть бути тримірними. При цьому, повторюючи еталонний сигнал від заняття до заняття дитина і лікар можуть слідкувати за тенденцією в процесі корекції а за необхідності оперативно змінювати сам процес корекції звуковимови.

Приклад робочого вікна модуля “Спектр висоти і гучності у фразі” наведено на рис. 1.4, а приклад робочого вікна модуля “Спектр звуку” наведено на рис. 1.5.

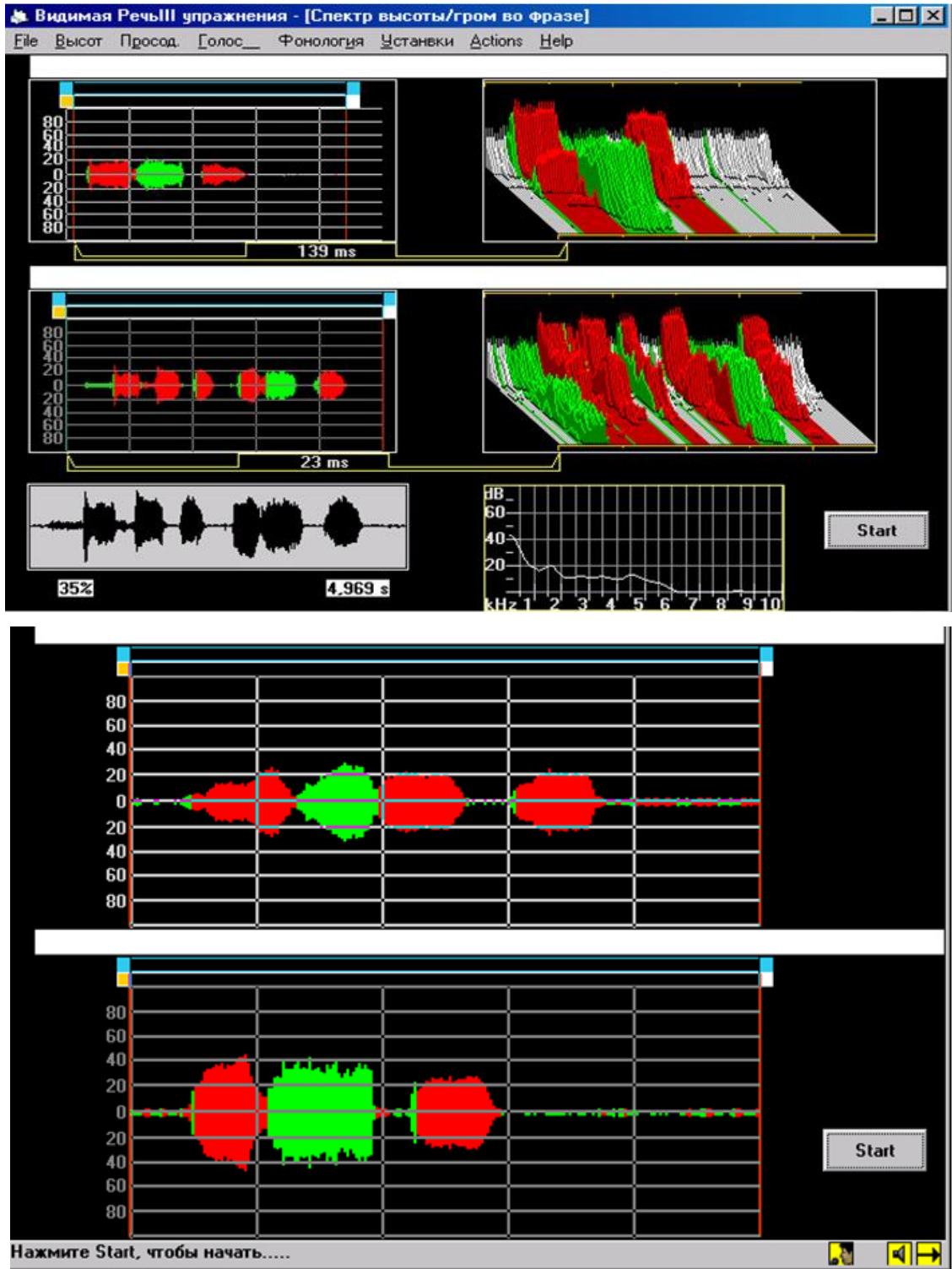


Рис. 1.4 Приклад рабочего вікна модуля “Спектр звуку” - “Спектр висоти/гучності у фразі” [11]

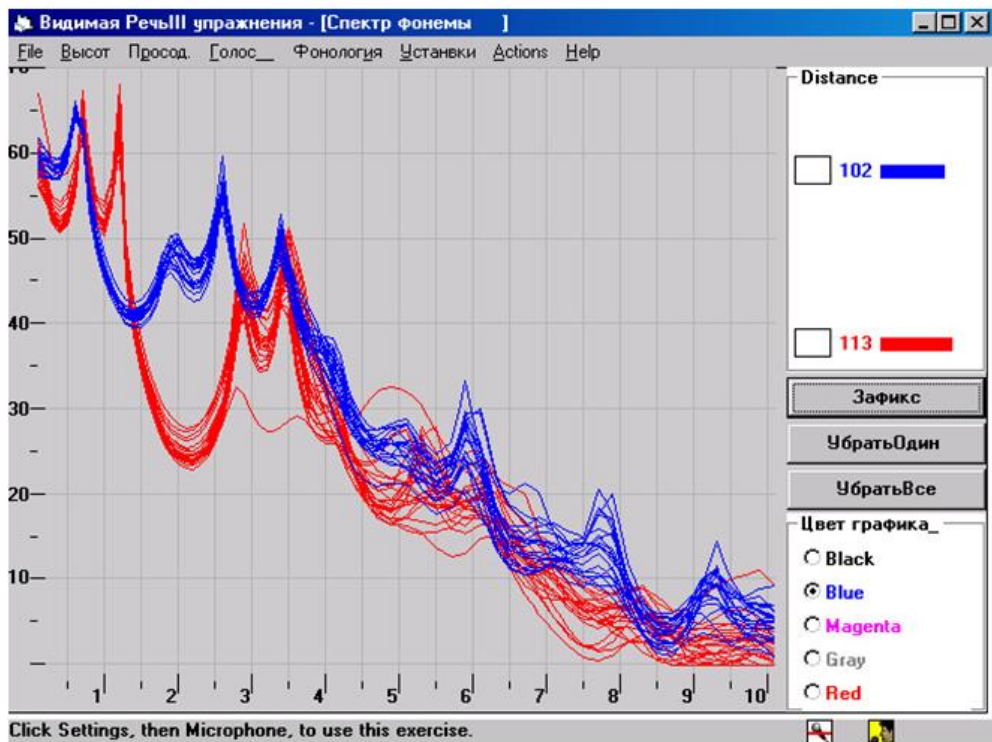
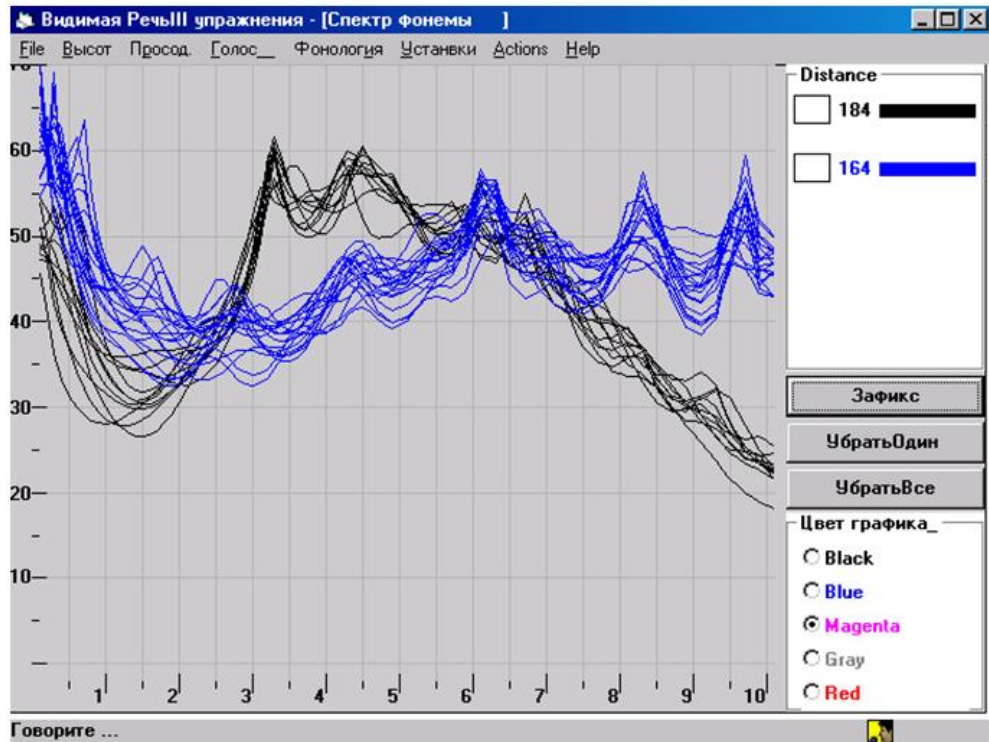


Рис. 1.5 Приклад робочого вікна модуля “Спектр звуку” - “Спектр фонемы” [11]

Іншим прикладом систем корекції звуковимови є так званий “Візуальний тренажер вимови” [10]. Він являє собою програму, яка



розроблялася в центрі “Спеціальні освітні технології” як доступніший за вартістю аналог версій програми “Видима мова” [10]. Ця програма, аналогічно як і “Видима мова”, включає в себе ряд модулів, які дозволяють ефективніше працювати із пацієнтами, зокрема дітьми. Програма може використовуватись самостійно дітьми чи їхніми батьками, і не обов’язково під наглядом лікаря. Програма вимагає набагато простішого центрального і периферійного обладнання для своєї роботи в порівнянні із програмою “Видима мова”.

Іншим прикладом апаратів корекції звуковимови є так звані апарати серії Дельфа. [12-14].

Ці продукти являють собою комп’ютеризовані логопедичні тренажери та призначені для проведення реабілітації інвалідів із втратою чи порушеннями слуху та реалізації функції мови у слабчучючих людей.

Технічно візуалізація звучної мови в даному комплексі досягається за допомогою уловлювання звуків мікрофоном, перетворення їх в додатковому пристрої, передачі сигналу на процесор і подальшому відображенні компонентів звучної мови на екрані комп’ютера у вигляді інформативних образів з елементами анімації. Відображення зберігається на екрані монітора протягом будь-якого часу, необхідного для аналізу проведеної діяльності [14].

Програма дозволяє візуалізувати такі компоненти звучної мови як:

- мовне дихання
- голосоведення
- фонетичне оформлення звучної мови
- темпо-ритмича організація мови.

При цьому на екрані відображається:

- тривалий, стійкий плавний мовний видих для злитного вимовлення;
- активний мовний видих;
- наявність або відсутність голосу;
- сила і висота голосу;
- гучність і тривалість звуку тощо.

Також апаратно-програмні комплекси (АПК), подібно до розглянутих вище, застосовуються і для лікування чи корекції такого порушення як заїкання при вимові. До таких систем належить наприклад АПК «Демосфен» [10]. Робота з системою «Демосфен» направлена на вироблення візуально-кінестетичних, візуальних та інших рефлексорних зв'язків в ЦНС для забезпечення можливості контролю параметрів мови при спілкуванні. В даній програмі за допомогою картинок виконується відображення окремих компонентів мовних сигналів. Ці картинки відкриваються в процесі вимови, анімаційного руху автомобіля, аудіограми тощо.

Розглянуті АПК призначені для проведення реабілітації, корекції процесу мовлення та частової діагностики голосового апарату. Проте, різноманітність порушень розвитку вимагає системного підходу до їх корекції.

Слухо-мовний комплекс ПОЛІФОНАТОР ПФ-03-ВІДЕО+ [10] призначений для проведення корекції слуху і вимови в спеціалізованих закладах, школах, інститутах, а також в логопедичних і судологопедичних кабінетах. Він складається із слухо-мовного тренажера ПФ-03-2 і засобів відображення параметрів звуків, що працює на основі програми «Живий звук». Комплекс успішно застосовують при проведенні коректувальних занять по розвитку слухового сприйняття і вимови з використанням звукової, тактильної і візуальної стимуляції. Завдяки цьому комплекс використовується для удосконалення звуковимови, вокальних навиків як у людей з нормальним слухом так і слабчующих і навіть глухих дітей. При цьому функціональні можливості комплексу дозволяють використовувати його не тільки як «робоче місце» для сурдологопеда або педагога в спеціальних установах, але і як «домашній логопед».

Двоканальний слухо-мовний тренажер СРТ-10 - це універсальний звукопідсилюючий прилад для індивідуальних і фронтальних занять із слабчующими і глухими (дорослими і особливо з дітьми) [10]. Вони можуть використовуватися як в спеціальних педагогічних і медичних установах (у

дитячих садках, школах технікумах, логопедичних, сурдологічних кабінетах), так і для індивідуальних занять з дітьми в домашніх умовах. СРТ-10 призначений для проведення колективних і індивідуальних занять, а також при комунікативному прослуховуванні аудіо, відео телепередач.

Проаналізувавши все вище сказане можна сказати, що практично все апаратно-програмне забезпечення, що використовується в процесі корекції звуковимови та діагностування голосового апарату, призначене для формування зорового тактильного слухового чи інших типів зворотнього зв'язку між голосовим апаратом та ЦНС для забезпечення можливості підлаштування процесу мовлення для досягнення правильної звуковимови.

Система візуалізації голосових сигналів забезпечує їх опрацювання та відображення результатів у зручній для користувача формі на екрані комп'ютера чи в сучасних системах на екрані смартфона. У верхній частині екрану зазвичай відображається зразковий візуалізований голосовий сигнал, в нижній частині – візуалізований голосовий сигнал пацієнта. Методи опрацювання голосових сигналів в медичних комп'ютерних системах лежать в основі побудови програмного забезпечення таких систем.

При цьому проведений аналіз показав, що існуючі АПК з корекції звуковими ви можуть бути використані і в якості діагностичних апаратів. Так порушення роботи голосових складок будуть чітко проявлятися в спектрі голосових сигналів, що являють собою голосні чи локалізовані звуки. А більшість розглянутих АПК мають можливість нехай і поверхневого але оцінювання спектру звуків чи слів. Однак таке оцінювання є чисто візуальним, тому важливим є розроблення методів автоматизованого діагностування голосового апарату, які могли б бути реалізовані у вигляді окремого модуля розглянутих АПК. Для цього необхідно провести аналіз процесу голосотворення та виділити ті ознаки голосу, які несуть діагностичну інформацію.

#### 1.4. Висновки до розділу 1

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

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

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

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

необхідно провести аналіз процесу голосотворення та виділити ті ознаки голосу, які несуть діагностичну інформацію.

## РОЗДІЛ 2

### ПАРАМЕТРИ ГОЛОСОВОГО СИГНАЛУ, ЩО НЕСУТЬ ДІАГНОСТИЧНУ ІНФОРМАЦІЮ

#### 2.1 Голосовий сигнал як результат роботи голосового апарату

Голосовий сигнал, як результат роботи голосового апарату, є кінцевим акустичним продуктом довільних формалізованих рухів дихальних і жувальних органів [2]. Він відноситься до моторних видів поведінки, набутої індивідом в процесі навчання. Голос розвивається, коректується і підтримується під впливом акустичного зворотного зв'язку органів слуху і кінестетичного зворотного зв'язку мускулатури органів голосового апарату [2,3]. Слухова і кінестетична інформації систематизуються і координуються центральною нервовою системою і використовуються для керування мовною діяльністю. Пошкодження будь-якого з цих керуючих механізмів зазвичай знижує ефективність роботи голосового апарату.

Органи, що беруть участь в голосотворенні схематично подані на рис. 2.1, на якому зображено середній профільний розріз голосового тракту дорослої людини [3]. Первинна функція вдихання здійснюється розширенням грудної клітки, зменшенням тиску в легенях і втягуванням повітря через ніздрі, носову порожнину, носоглотку і трахею. У нормальних умовах повітря видихається тим же шляхом. При ковтанні їжі тканинні утворення при вході в трахею піднімаються до надгортанника. Останній закриває вхідний отвір у голосових зв'язок, чим запобігає попаданню їжі в трахею. В цей же час відкривається стравохід, який зазвичай розслаблений і упирається в задню стінку глотки, і їжа потрапляє в шлунок.

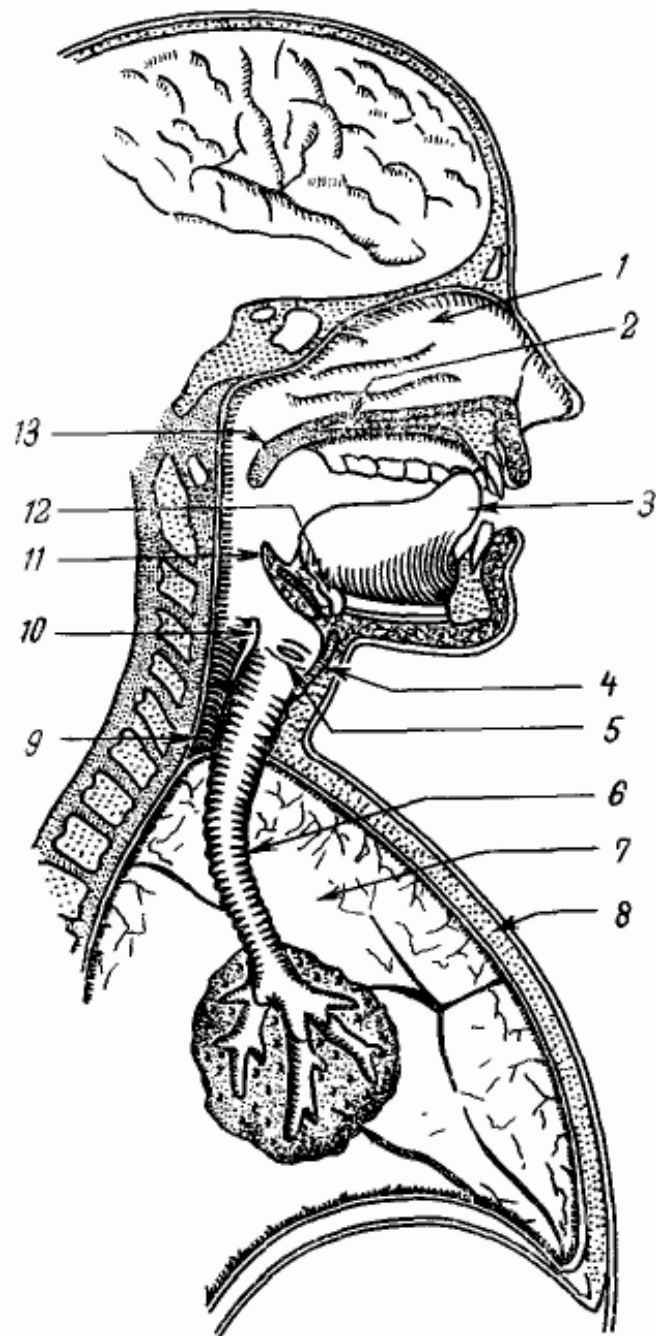


Рис. 2.1. Схематичне зображення голосового апарату людини [2]

1 – носова порожнина, 2 – тверде піднебіння, 3 – язик, 4 – щитовидний хрящ, 5 – голосові зв’язки, 6 – трахея, 7 – легені, 8 – грудна клітка, 9 – стравохід, 10 – кільцеподібний хрящ, 11 – надгортанник, 12 – під’язична кістка, 13 - м’яке піднебіння.

Власне голосовий тракт є трубою з неоднаковою по поздовжній осі площею поперечного перетину. Він на одному кінці закінчується губами, а на

іншому кінці - щілиною біля входу в трахею, що утворена голосовими зв'язками [2]. У дорослого чоловіка довжина голосового тракту приблизно рівна 17 см. При русі артикуляторних органів, а саме губ, щелеп, язика і піднебінної стінки, поперечний перетин голосового тракту змінюється. Наприклад, в передній частині тракту він може змінюватися від нуля (тобто повного закриття) до більш ніж  $20 \text{ см}^2$  [2].

Носовий тракт утворює допоміжний шлях розповсюдження звукових коливань. Він починається у піднебінної стінки і закінчується ніздрями. Носова порожнина дорослого чоловіка має довжину до 12 см і об'єм до  $60 \text{ см}^3$ . На деякій відстані вона розділена носовою перегородкою на дві порожнини. Величина акустичного зв'язку між носовою і ротовою порожнинами визначається розмірами проходу у піднебінної стінки. На рисунку 1 піднебінна завіска опущена. Залежно від величини цього зв'язку звук може випромінюватися як через рот, так і через ніздрі. Зв'язок з носовою порожниною істотним чином впливає на характер звуку, що випромінюється через рот. У дорослого чоловіка поперечний перетин проходу у піднебінної завіски може змінюватися від нуля до приблизно  $5 \text{ см}^2$  [2].

Джерелом енергії при голосотворенні служать мускулатура грудної клітки і черевна мускулатура. Повітря втягується в легені при розширенні грудної клітки і опусканні діафрагми. Він виштовхується з легенів при стисканні грудної клітки і збільшенні легеневого тиску. Для утворення явних звуків мови з мінімальним можливим рівнем потрібний легеневий тиск порядку 4 см водяного стовпа. Для дуже гучних високотональних звуків зазвичай розвивається тиск порядку 20 см вод. ст. В процесі розмови легеневий тиск підтримується на необхідному рівні завдяки безперервному і повільному стисканню грудної клітки [2].

Повітря, яке виштовхується з легенів, рухається трахеєю в глотку. Трахея закінчується утворенням, зображеним на рисунку 2, що називається гортанню. На хрящовій основі гортані закріплені дві плівки із зв'язної і



м'язової тканини – голосові зв'язки. Щілинний прохід між зв'язками називається голосовою щілиною. Пальцеподібні відростки вище голосових зв'язок називаються пальцеподібними хрящами. Ці хрящі підтримують м'язові складки і полегшують регулювання їх натягнення. Основними зовнішніми хрящами горлової «коробки» є передній щитовидний і задній кільцеподібний. Обидва хрящі показані на рис. 2.2.

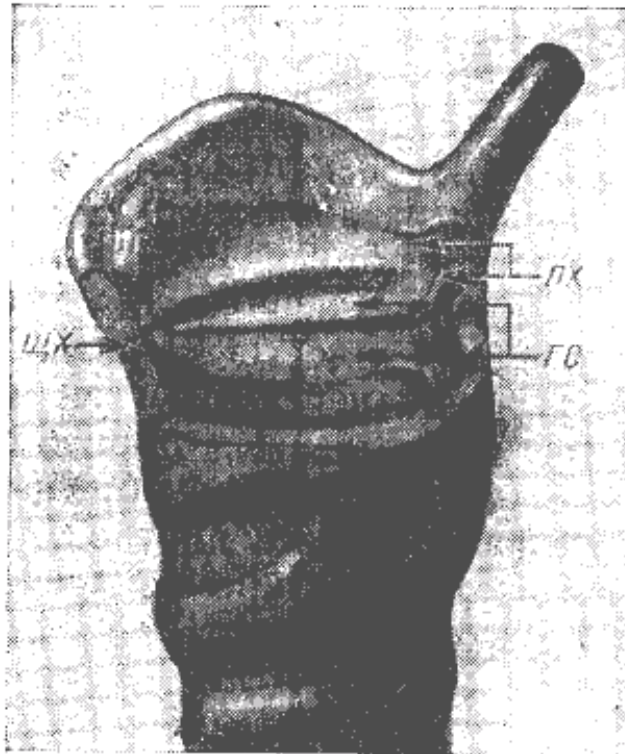


Рис. 2.2. Розріз гортані

Вокалізовані звуки мови утворюються внаслідок коливального руху голосових зв'язок. Якісна картина роботи голосових зв'язок така: спочатку масивні і натягнуті голосові зв'язки зімкнуті. Підзв'язковий тиск зростає до величини, достатньої, щоб розсунути зв'язки з прискоренням в поперечному напрямі. В силу наростання повітряного потоку місцевий тиск в проході між зв'язками падає відповідно до ефекту Бернуллі і виникає зусилля, яке повертає зв'язки в зімкнуте положення. При зближенні зв'язок повітряний потік зменшується, і місцевий тиск зрівнюється з підзв'язковим тиском. Після цього цикл коливань повторяється. Період коливань корелює із пружністю та масою

складок, а також із величиною підзв'язкового тиску [2]. Цей період зазвичай коротший за власний період коливань зв'язок, інакше кажучи, коливання зв'язок є вимушеними [2].

Через прохід із змінною площею поперечного перетину, що утворений зв'язками, які коливаються, поступають квазіперіодичні поштовхи або імпульси повітря, які збуджують стан акустичної системи вище голосових складок. Принцип дії голосових зв'язок в деякому розумінні аналогічний отриманню тону на духовому інструменті, в якому вібруючі язички пропускають квазіперіодичні імпульси повітря, збудливі резонанси рупорної частини [2].

Сила повітряного потоку через голосову щілину як функція часу залежить від площі щілинного проходу. При середній гучності і середній частоті основного тону імпульси, що створюються голосовою щілиною, загалом мають трикутну форму, а відношення тривалості імпульсу до загального періоду коливань складає приблизно від 0,3 до 0,7. Тому частотний спектр імпульсів голосових зв'язок порівняно багатий обертонами або гармоніками. Завдяки приблизно трикутній формі імпульсів, верхні частотні складові зменшуються по амплітуді з швидкістю приблизно 6 дБ на октаву.

Форма імпульсів, що формуються голосовою щілиною, може значно змінюватись при реалізації процесу мовлення. Зокрема, вона залежить від величини основного тону і звукової сили. Амплітуда поперечного зсуву голосових зв'язок і, отже, максимальна площа голосової щілини мало пов'язана з інтенсивністю звуку. Середнє пікове значення площі голосової щілини дорослого чоловіка складає величину порядку 15 мм<sup>2</sup>.

Зважаючи на акустичний імпеданс голосового джерела щодо малого отвору, він загалом великий в порівнянні з акустичним імпедансом з боку голосового тракту. Унаслідок цього зміни в конфігурації тракту відносно мало впливають на силу повітряного потоку через голосову щілину. Використовуючи електричні терміни, можна сказати, що голосова щілина до

певної міри аналогічна генератору струму, підключеному до кола, характеристики якого змінюються в часі [2].

Іншим джерелом акустичного збудження служить турбулентний потік повітря в якій-небудь точці звуження, що утворюється в голосовому тракті [2]. При цьому виникає акустичний шум, що викликає некогерентне збудження голосового тракту. Таке джерело бере участь, наприклад, в утворенні шумних щілинних приголосних. Для формування спектру звуку найбільше значення мають порожнини, що лежать перед звуженням.

Третім джерелом збудження може служити тиск, що створюється в області змикання. При раптовому розкритті змички мовний тракт збуджується в результаті перехідного процесу, що виникає в ній. У першому наближенні неперіодичне збудження може бути представлено як стрибок тиску із спектром, що спадає обернено пропорційно до частоти. Змичка може займати різне положення в частині голосового тракту вище за голосові зв'язки: наприклад, губне, зубне або твердонебне.

Збудження в результаті перехідного процесу може виникатися як за наявності, так і за відсутності коливань голосових зв'язок і відповідно проводити дзвінки (вокалізовані) і глухі (невокалізовані) вибухові звуки мови. Шепітна мова утворюється при заміні вібруючих при звичайній мові голосових зв'язок шумовим джерелом у вигляді турбулентності повітряного потоку у частково зімкнутих голосових зв'язок або у іншому місці звуження в межах голосового тракту.

Проаналізуємо моделі процесу голосотворення для вибору методу оцінювання частоти основного тону.

## 2.2 Моделі процесу голосотворення

Існує ряд способів дискретного представлення мовних сигналів. Як показано на рис. 2.3, ці способи можуть бути розбиті на дві великі групи -

цифрове і параметричне представлення мовного коливання [3,4]. При цифровому представленні після квантування та дискретизації зберігається форма мовного коливання. Параметричне подання розглядає мовний сигнал як відгук моделі голосотворення [4]. Параметри моделі поділяються на параметри збудження (мови, що відносяться до джерела звуків) і параметри голосового тракту (мови, що відносяться безпосередньо до окремих звуків) [4].



Рис. 2.3. Способи представлення мовного сигналу

Найбільш повно роботу голосового апарату при формуванні голосних, вокалізованих та шумових звуків описує цифрова модель (рис. 2.4).

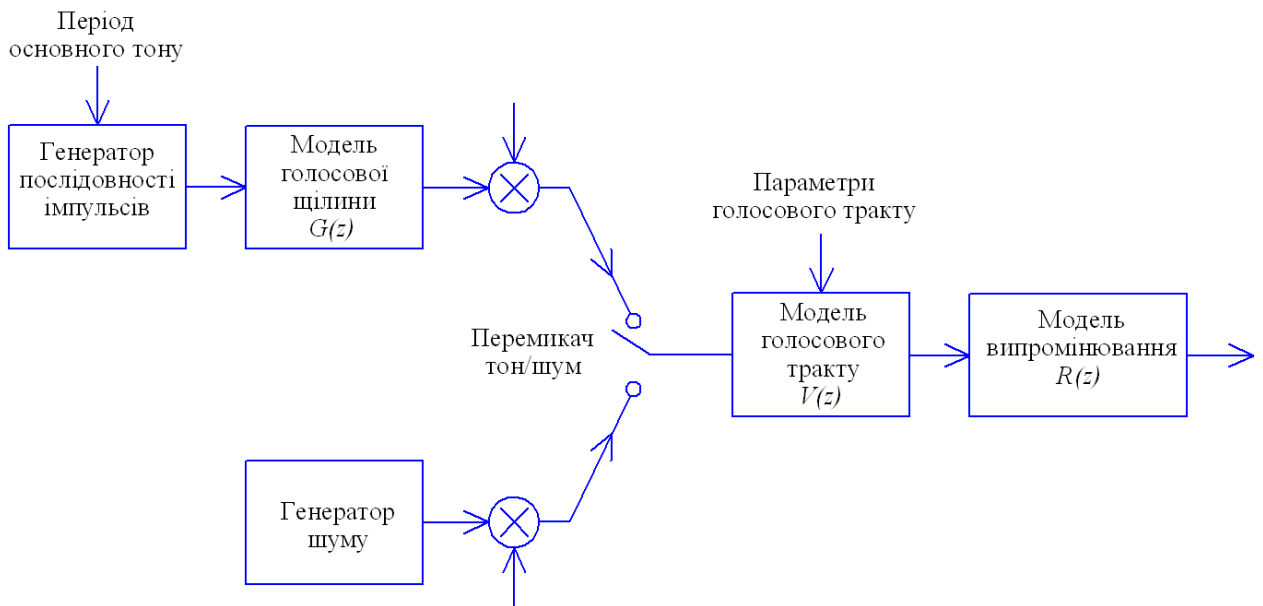


Рис. 2.4. Цифрова модель голосотворення [4]

Тут перемиканням джерел збудження можна змінювати характер сигналу збудження. Голосовий тракт можна представити різним чином. В деяких випадках зручно об'єднати моделі голосового тракту, збудження і випромінювання в одну систему. Зокрема, у випадку аналізу на основі лінійного передбачення моделі голосового збудження, випромінювання і голосового тракту зручно об'єднати разом, записавши загальну передавальну функцію у вигляді

$$H(z) = G(z)V(z)R(z)$$

Ця функція має тільки полюси.

Важливим питанням є з'ясування обмежень цієї моделі. Можна виділити декілька обмежень. Перше полягає в характері зміни параметрів. Для голосних звуків параметри змінюються досить повільно і в цьому випадку модель виявляється достатньо точною. При вимовленні, наприклад, вибухових звуків модель вже не є адекватною. Слід підкреслити, що використання понять «Передавальна функція» і «частотна характеристика» припускає «короткочасний» аналіз сигналу. Таким чином, передбачається, що параметри

моделі постійні на інтервалах 10-20 мс. Передавальна функція  $V(z)$  добре відображає структуру звуків, для яких параметри повільно змінюються в часі [4]. Друге обмеження полягає у відсутності нулів передавальної функції, необхідних для точного опису носових і фрикативних звуків. Це обмеження має більше значення для носових звуків і дещо менше для фрикативних. При необхідності нулі можна ввести в передавальну функцію моделі. Третє обмеження полягає в спрощеному дихотомічному розділенні типів збудження: вокалізоване або невокалізоване; таке розділення не відповідає вокалізованим фрикативним звукам. Усунути це обмеження шляхом простого складання сигналів збудження двох типів не вдається, оскільки для фрикативних звуків імпульси основного тону корельовані з шумовим збудженням. Нарешті, ще одним недоліком моделі, зображеної на рис. 2.4, є те, що імпульси голосового збудження повторюються з періодом, кратним інтервалу дискретизації  $T$ .

### 2.3 Задача оцінювання частоти основного тону

Важливою характеристикою вокалізованих звуків є частота основного тону (ЧОТ) - частота коливань голосових складок або частота першої гармоніки спектра вокалізованих звуків [2].

У вокалізованих звуків спектр є дискретним з великим числом гармонік (до 40), які мають частоту, кратну ЧОТ. ЧОТ змінюється в межах від 60-70 Гц для низьких чоловічих голосів і до 450-500 Гц для високих жіночих голосів [2-4]. Середня частота основного тону для чоловічих голосів 140 Гц, для жіночих - 250 Гц. Повільна зміна частоти основного тону при вимові створює емоційне забарвлення і називається інтонацією. Приклад густини розподілу ймовірності частоти основного тону представлений на рис. 2.5:

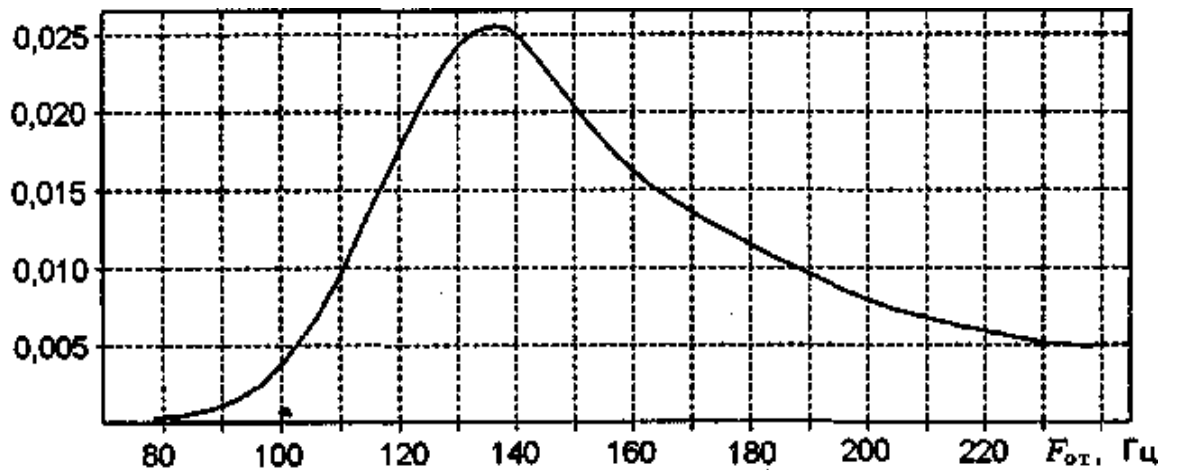


Рис. 2.5. Густина розподілу ймовірності частоти основного тону [3]

Спектр мови - залежність середнього протягом тривалого часу спостереження спектрального рівня мови від частоти. Спектральний склад звуків мови дуже різний. Кожному звуку мови відповідає свій розподіл енергії по частотному діапазону, що називається формантним малюнком. Формантні частоти, на яких відбувається максимальне збільшення амплітуди спектральних складових, утворюють формантні області частотного діапазону. Наприклад, для голосних і дзвінких приголосних (вокалізованих звуків мови) енергетичний спектр (формантний малюнок) має вигляд, представлений на рис. 2.6:

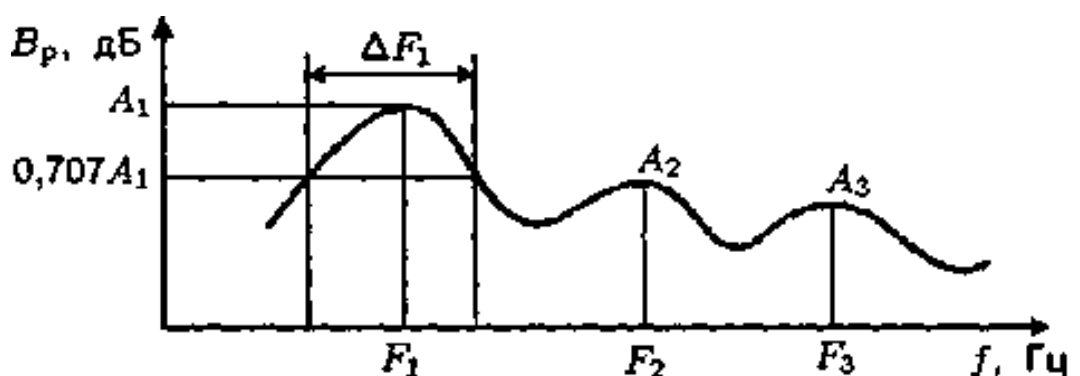


Рис. 2.6. Формантний малюнок вокалізованих звуків [3]

Форманта характеризується амплітудою  $A$ , частотою  $F_i$ , і шириною смуги  $\Delta F_i$ . (На рис. 2.6  $A_1$ - $A_3$  - амплітуди формант;  $F_1$ - $F_3$  - частоти формант;

$\Delta F_1$  - ширина першої форманти). Різні звуки мають різну кількість формант: голосні - до чотирьох формант, глухі приголосні до 5-6 формант. Найбільш інформативні перші три форманти:  $F_1$ ,  $F_2$  і  $F_3$ . Перші дві (основні) форманти визначають звук мови, а інші (допоміжні) характеризують індивідуальне для кожної людини забарвлення, тембр мови. Деякі звуки чітко розпізнаються по одній першій форманті  $F_1$  ( [a], [o], [y] ). Це відбувається тому, що низькі частоти володіють великою енергією. Формантний малюнок глухих звуків виражений слабо. У них спектр не дискретний, а суцільний і характеризується тільки обвідною спектра.

#### 2.4 Висновки до розділу 2

Проаналізовано природу голосового сигналу, як результату роботи голосового апарату, що є кінцевим акустичним продуктом довільних формалізованих рухів дихальних і жувальних органів.

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

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

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



## РОЗДІЛ 3

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА РЕЄСТРАЦІЯ ГОЛОСОВИХ СИГНАЛІВ

#### 3.1. Експериментальний відбір голосових сигналів

На рис. 3.1 зображено схему активного експерименту для відбору голосових сигналів.

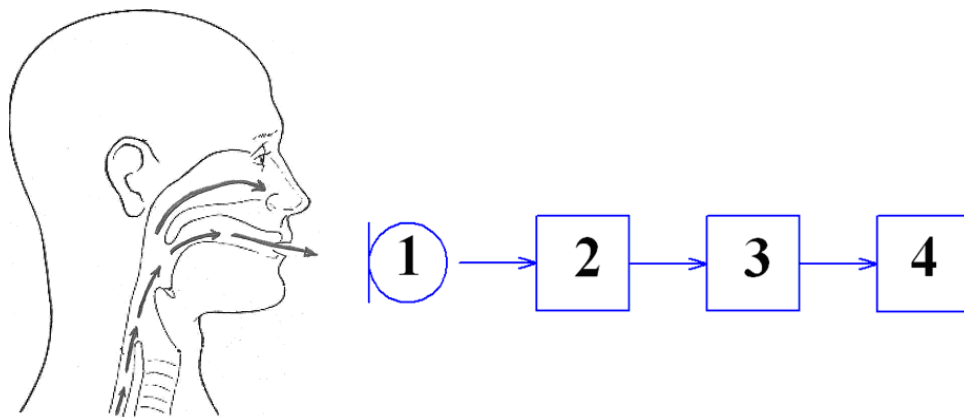


Рис. 3.1 Схема активного експерименту для відбору та опрацювання голосових сигналів: 1 – мікрофон; 2 – звукова картка комп’ютера; 3 – модуль обробки голосового сигналу; 4 – засоби виведення результатів опрацювання

З допомогою мікрофона 1 акустичний голосовий сигнал пацієнта переводиться в сигнал зміни напруги пропорційно цьому сигналу та надходить на один із входів звукової картки 2 персонального комп’ютера (ПК). Після необхідного опрацювання (3) сигнал відображається на екрані монітора (4).

Важливим є питання обґрунтування вибору конкретного типу мікрофона та його технічних характеристик з метою врахування суттєвих з точки зору діагностичної цінності характеристик голосових сигналів та забезпечення коректності результатів їх наступного опрацювання [16].

Основними характеристиками мікрофонів, за якими проводиться їх

вибір для тих чи інших задач, є [17]:

- чутливість, як відношення напруги на виході мікрофону до звукового тиску, що діє на нього;
- динамічний діапазон;
- діапазон відтворюваних частот та форма частотної характеристики в цьому діапазоні;
- характеристика направленості. Що являє собою залежність чутливості мікрофону від кута між його акустичною віссю і напрямом на джерело звуку.

Одним з найважливіших параметрів мікрофона є характеристика направленості. За цим параметром усі мікрофони можуть бути ненаправленими, дво- і односторонньо направленими.

При реєстрації голосових сигналів доцільним є застосування фузьконаправленого мікрофона, що зменшить негативний вплив зовнішніх акустичних завад.

Основною вимогою до частотної характеристики є те, щоб вона була максимально рівномірна в заданому діапазоні частот.

Оскільки мікрофон буде застосовуватись для запису голосових сигналів різного типу, а для поставленої основним є збереження інформації про значення частоти основного тону, тому частотна характеристика мікрофона повинна бути максимально рівномірною в діапазоні частот існування частоти основного тону, тобто в діапазоні 50-400 Гц.

Проаналізувавши вигляд частотних характеристик електретних, електродинамічних та конденсаторних мікрофонів встановлено, що в зазначеному діапазоні частот максимально рівномірною є частотні характеристики електретних та конденсаторних мікрофонів. Однак, враховуючи температурну залежність характеристик електретних мікрофонів прийнято рішення про використання конденсаторних мікрофонів. З наявних для досліджень використано мікрофон типу МКЭ-2, характеристики якого наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

## Основні характеристики мікрофона МКЭ-2 [6]

Тип мікрофона	Номинальний діапазон частот, Гц	Нерівномірність АЧХ, Дб	Внутрішній опір, Ом	Чутливість холостого ходу, мВ/Па	Рівень власних шумів, Дб
МКЭ-2	50-16000	12	200	1,5	>24

Відібраний з допомогою мікрофона голосовий сигнал у вигляді зміни напруги оцифровується АЦП звукової карточки комп'ютера. При цьому необхідно вибрати оптимальне значення частоти дискретизації та розрядності такого АЦП.

Достатнім при записі голосових сигналів є 16-розрядне подання таких сигналів.

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

На рис. 3.2-3.5 наведено вибірки з реєстрограм ряду експериментально відібраних голосових сигналів.

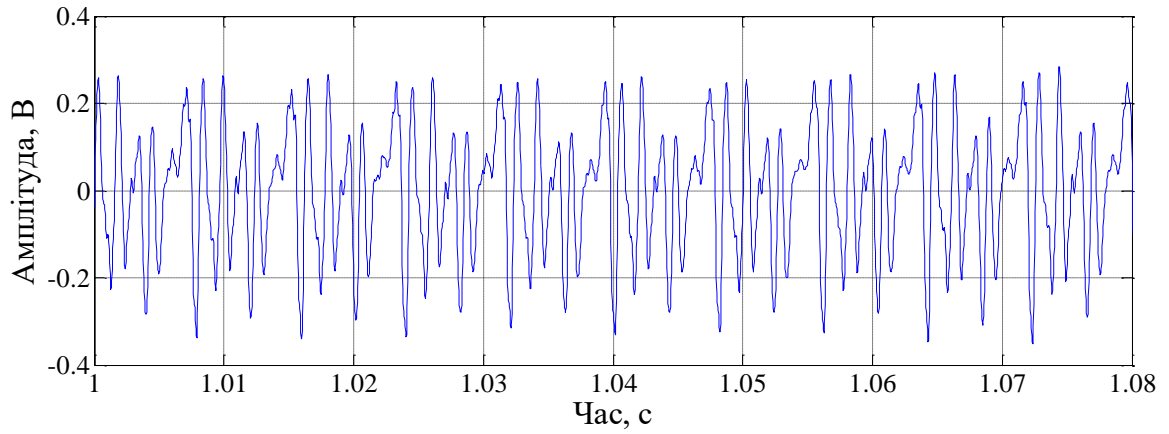
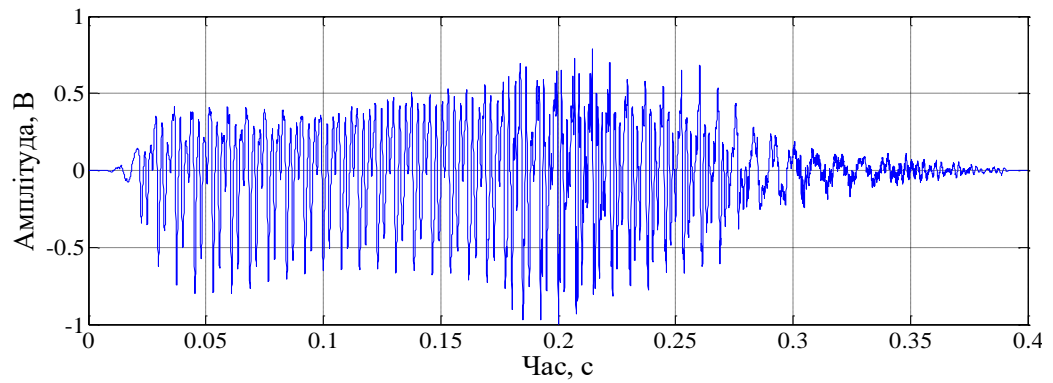
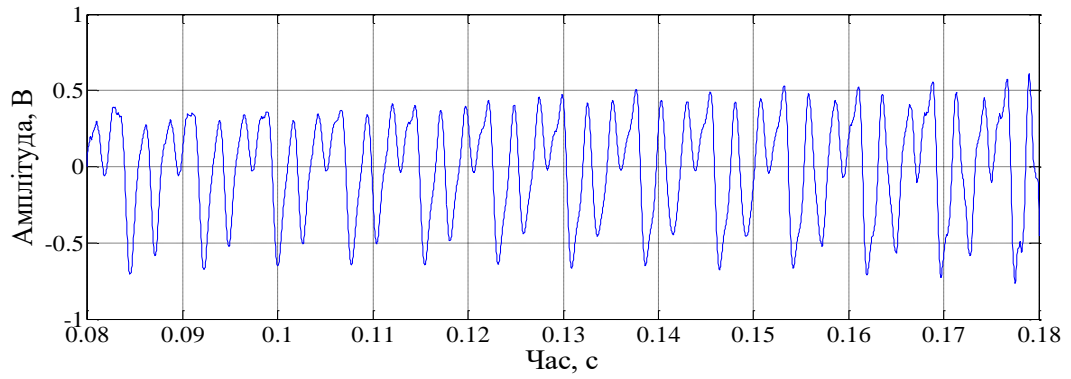


Рис. 3.2. Вибірка з реєстрограми голосного звуку [а]

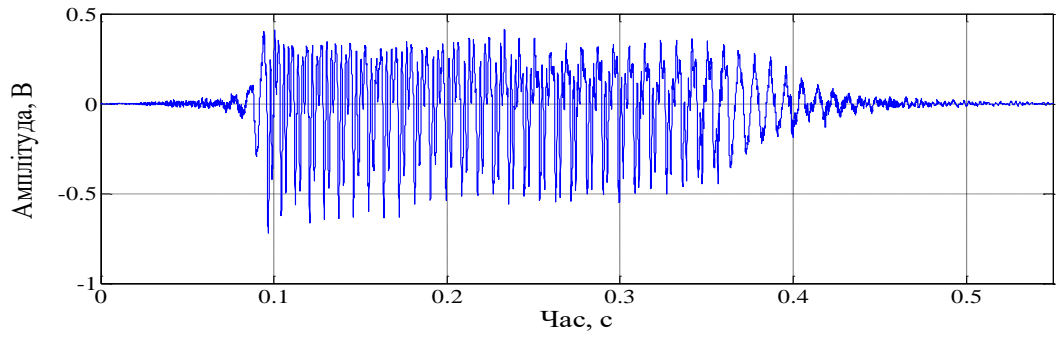


а

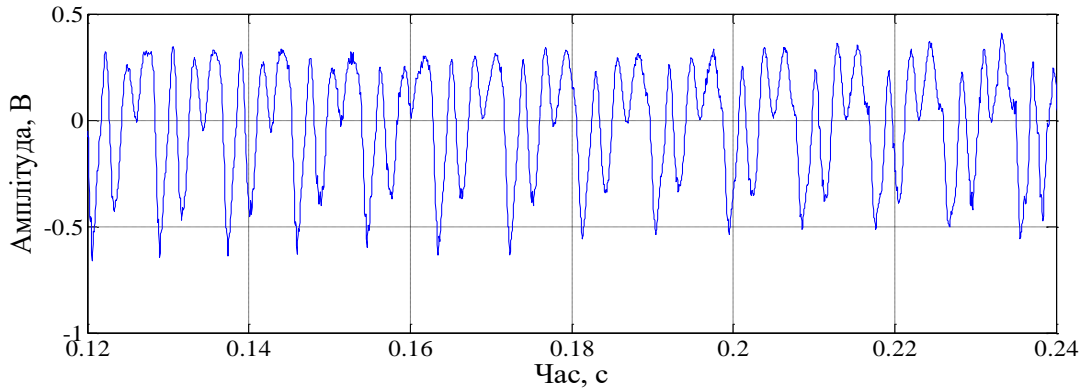


б

Рис. 3.3 Реєстрограма приголосного звуку [л] (а) та вибірка з неї (б)

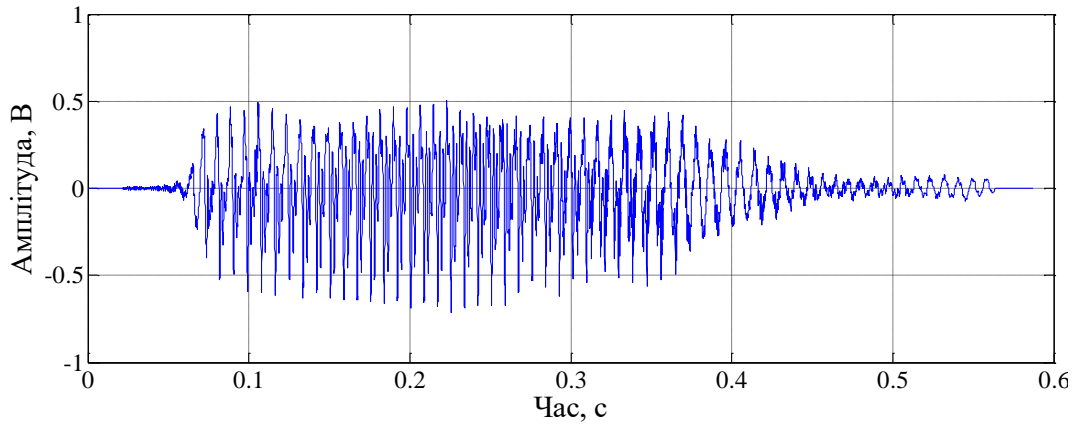


а

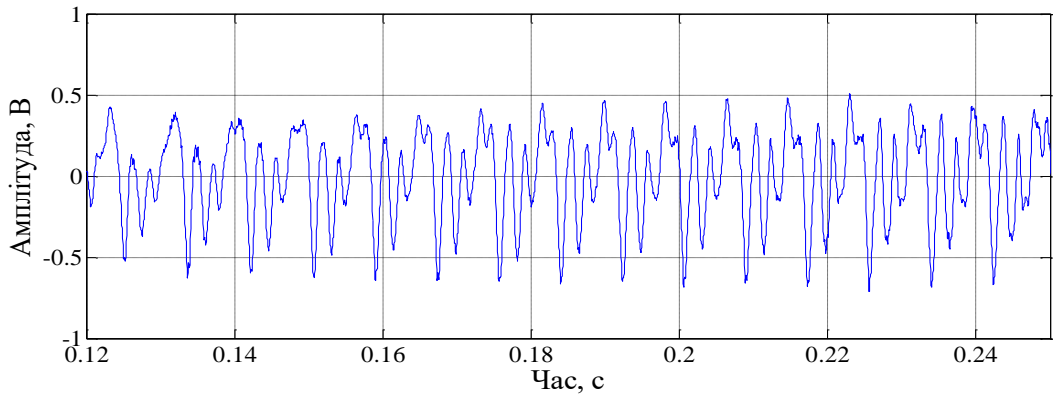


б

Рис. 3.4 Реєстрограма приголосного звуку [н] (а) та вибірка з неї (б)



а



б

Рис. 3.5 Реєстрограма приголосного звуку [п] (а) та вибірка з неї (б)

Відібрані голосові сигнали (рис. 3.2-3.5) використаємо для виділення ознак частоти основного тону [18].

### 3.2 Методи визначення частоти основного тону

Найпростішим методом знаходження ПОТ є піковий метод [4, 19], що ґрунтується на оцінюванні часової структури голосового сигналу. Алгоритм знаходження передбачає пошук на першому вокалізованому сегменті звуку значення ПОТ і початок кожного періоду, що знаходиться за максимумами амплітуди. Далі в області можливого значення основного тону знаходять наступний максимум сигналу. Відстань між максимумами приймають за значення ПОТ на даному кроці. Цей метод є ефективним у випадку сигналів без шуму за наявності першої або другої-третьої гармонік основного тону, дуже чутливий до задання меж максимального і мінімального допустимих значень ПОТ.

Іншим поширеним методом оцінювання періоду основного тону є кепстральний метод [4, 19]. Кепстральне (гомоморфне опрацювання) проводять в чотири етапи, а саме порцію відліків оцифрованого голосового сигналу зважують з допомогою вагового вікна. Найчастіше використовують вікно Хемінга

$$K(x)=(0,54+0,46\cos\pi x)\cdot U(1-|x|).$$

Далі, зважену порцію обробляють прямим перетворенням Фур'є. На наступному етапі обчислюють логарифми амплітуд гармонік. Отримані результати обробляють зворотнім перетворенням Фур'є (результат називається кепстром):

$$C(n) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \log |X(e^{i\omega})| e^{i\omega n} d\omega.$$

Наявність вираженого максимуму в кепстрі в діапазоні від 2 мс до 20 мс вказує на те, що досліджувана ділянка сигналу є вокалізованою, а розміщення максимуму визначає період аналізованого сигналу. Для визначення кепстра виконують зворотне перетворення Фур'є комплексного логарифма спектра потужності сигналу на ділянці аналізу.

Метод виділення основного тону за Рабінером-Гоулдом [4] ґрунтується на знаходженні ПОТ за відстанню між максимумами, мінімумами та максимумами та мінімумами часової реалізації сигналу. Отримані три поточні оцінки тривалості періоду ОТ розглядають спільно для поточного, попереднього і подальшого періодів ОТ. Всі оцінки порівнюють і за оцінку поточного періоду ОТ приймають ту, яка найчастіше зустрічається в даній сукупності оцінок ОТ.

У випадку фільтрового методу знаходження ПОТ сигнал до початку аналізу фільтрують вузькосмуговим фільтром нижніх частот. Для чоловічого голосу смуга пропускання повинна становити від 50 до 250 Гц, для жіночого голосу – від 70 до 450 Гц, тобто діапазон можливих значень частоти основного тону. Далі проводять опрацювання піковим методом.

В праці [19] описується метод визначення ЧОТ, що ґрунтується на принципах лінійного передбачення, так званий алгоритм SIFT, суть якого полягає в знаходженні максимального піка в автокореляційній функції. Структурна схема модифікованого алгоритму, описаного в праці [20], наведена на рис. 3.6.

На першому етапі з допомогою еліптичного фільтра нижніх частот виділяється частотний діапазон від 0 до 1 кГц, що містить ЧОТ. В праці [20] пропонується замість фільтра нижніх частот послідовно виконати пряме ДПФ, виділення нижніх частот і зворотне ДПФ.



Рис. 3.6. Структурна схема модифікованого алгоритму SIFT

Далі, з врахуванням теореми Котельникова проводиться зниження частоти дискретизації до 2 кГц шляхом проріджування сигналу. Проріджений сигнал опрацьовується методом лінійного передбачення (використовуючи автокореляційний варіант). Результатом опрацювання є визначення коефіцієнтів лінійного передбачення, на основі яких обчислюється похибка передбачення. Наступним етапом є обчислення автокореляційної функції похибки передбачення та знаходження її максимумів, що відповідає виділенню максимумів в спектрі голосового сигналу.

Найбільш широко вживаним методом знаходження періоду основного тону є автокореляційний [20-24]. Відповідно до цього методу наближене значення періоду основного тону можна знайти з автокореляційної функції в межах визначеного інтервалу [19]:



$$y(t) = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x(t)x(t-\tau)d\tau,$$

де  $\tau$  – пробний період,  $T$  – інтервал оцінювання.

Початкова оцінка ПОТ визначається часовою відстанню між максимальними по амплітуді значеннями автокореляційної функції в межах визначеного інтервалу (рис. 3.7). Значення періоду основного тону визначається з виразу:

$$T = M(T_n), \quad n \in Z,$$

де  $T_n$  – проміжні значення ПОТ, знайдені за автокореляційною функцією,  $M(\cdot)$  – символ математичного сподівання.

На рис. 3.7 наведено оцінки вибірки автокореляційної функції реєстрограми звуку [л].

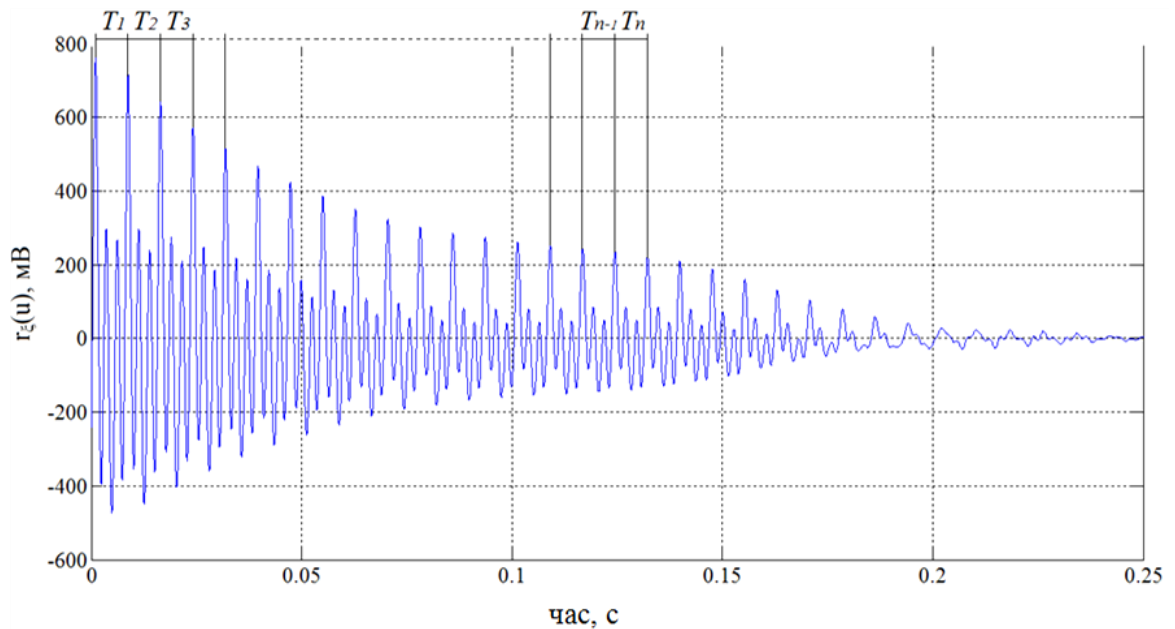


Рис. 3.7. Знаходження періоду основного тону звуку [л] за оцінками його автокореляційної функції

Автокореляційний метод знаходження частоти основного тону використаємо для удосконалення.

### 3.3. Висновки до розділу 3

Проведено обґрунтування параметрів мікрофона та АЦП звукової карточки для відбору голосових сигналів.

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

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

Автокореляційний метод знаходження частоти основного тону використано для наступного удосконалення.

## РОЗДІЛ 4

### ВЕРИФІКАЦІЯ МЕТОДУ ОЦІНЮВАННЯ ЧАСТОТИ ОСНОВНОГО ТОНУ

#### 4.1 Експериментальне вимірювання частоти основного тону голосового сигналу

Проведення таких вимірювань базується на таких припущеннях:

- 1) частота основного тону голосу людини знаходиться в межах 20-400 Гц;
- 2) для якісної передачі голосового сигналу досить використовувати смугу частот 20 Гц - 5 кГц.

Використовуючи обґрунтований в попередньому розділі тип мікрофона і програму Matlab, можна ввести голосовий сигнал в комп'ютер з допомогою наступної команди:

```
Y = wavrecord (15000); % Частота дискретизації 11025 Гц
```

Далі потрібно виділити з голосового сигналу фрагмент з голосним звуком. Для цього застосовується модуль SPTool:

Дальше проводиться аналіз записаного сигналу і знаходяться межі найдовшого голосного звуку (рис.4.1). Необхідно записати координати маркерів, які відповідають цим межам.

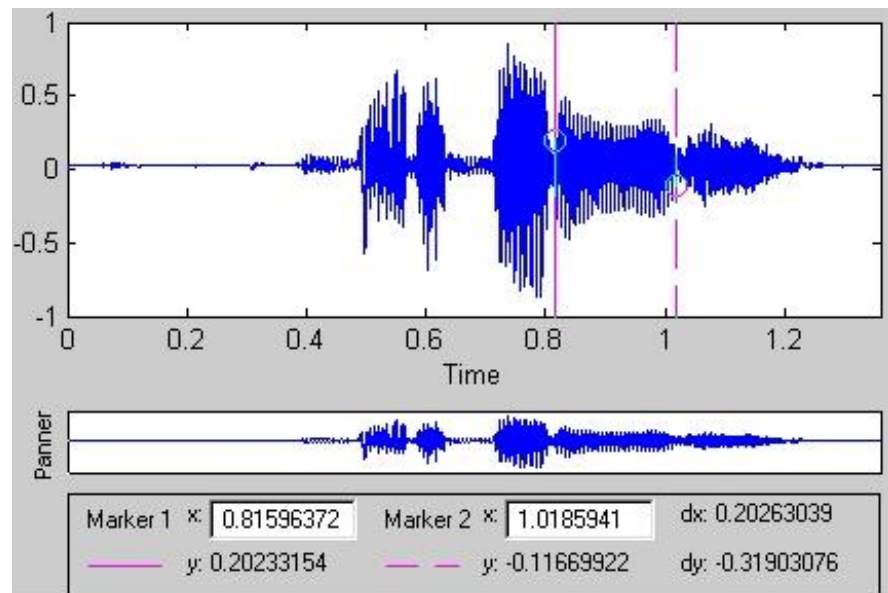


Рис.4.1. Вікно модуля SPTool із голосовим сигналом

Текст програми формування масиву чисел виділеного фрагмента з голосового сигналу наведено в Додатку А.

Імпортуючи отриманий масив в робочий простір програми SPTool, можна візуально і на слух проконтролювати отриманий фрагмент (рис.4.2).

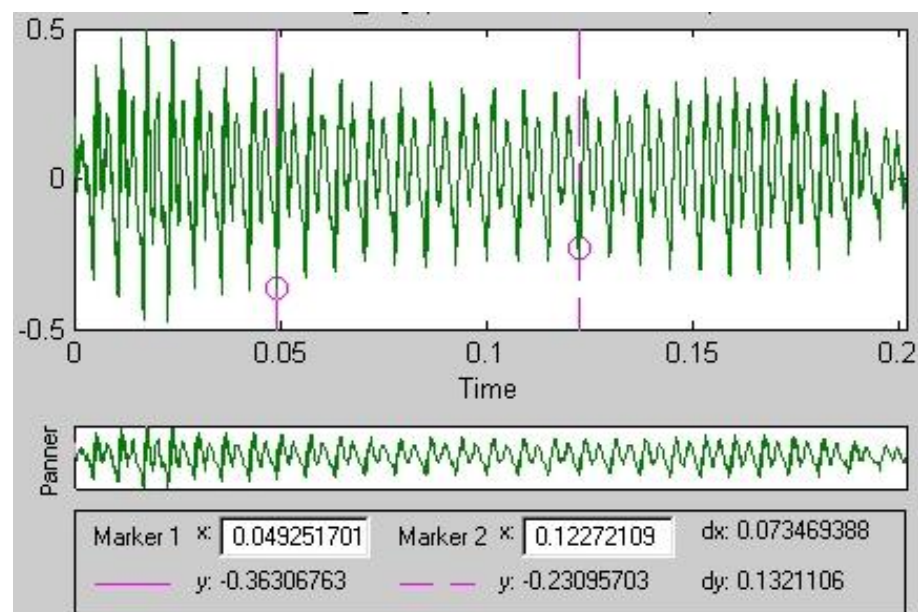


Рис. 4.2. Імпортований масив в робочий простір програми SPTool

На наступному етапі проводиться автокореляційний аналіз виділеного фрагмента і проводиться оцінювання частоти основного тону.

Результат обчислення кореляційної функції за командою `xcorr` імпортовано в середовище `SPTool`, де за допомогою вертикальних маркерів (рис.4.3) можна провести вимірювання періоду коливань.

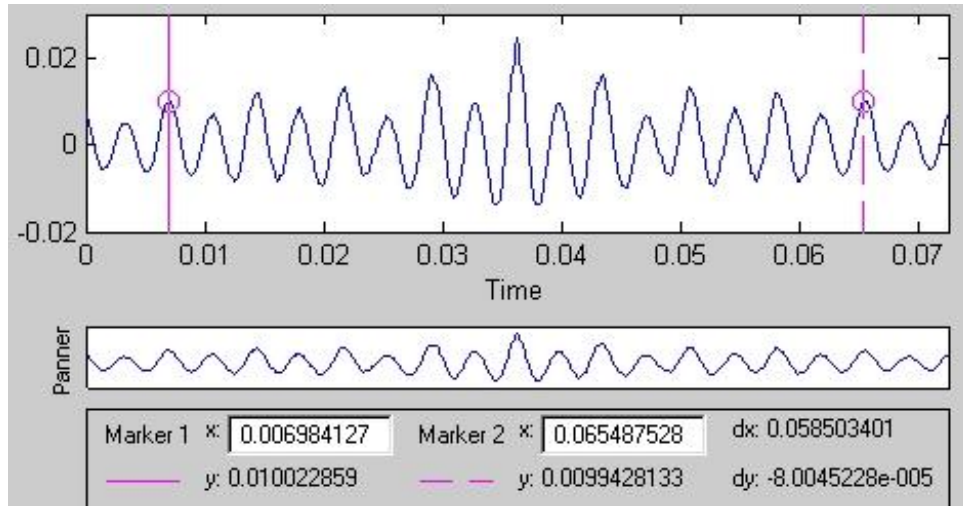


Рис. 4.3. Результат обчислення кореляційної функції в середовищі `SPTool`

В результаті таких вимірювань отримано оцінку частоти основного тону:  $= 137$  Гц.

Аналіз рис. 4.3 показує, що вимірювання частоти основного тону в такий спосіб є складним, оскільки крім основного тону в голосному звуці присутні обертони - гармоніки з кратними частотами. Більш того, як показує практика вимірювань, потужність обертонів може бути вище потужності основного тону. Тому, вимірюючи частоту основного тону, легко помилитися, прийнявши період коливання обертонів за період основного тону.

## 4.2 Практична реалізація методу

Для вирішення проблеми усунення впливу обертонів на результат обчислення частоти основного тону потрібно обчислити перетворення Фур'є

від кореляційної функції. Гармоніки, з яких складається функція кореляції, перетворюються на спектральні піки, рознесені по частотам. Таким чином виконується розділення частоти основного тону та частот розміщення обертонів шляхом отримання розподілу спектральної густини потужності голосового сигналу. Пара перетворень Вінера-Хінчина - це пара перетворень Фур'є, що зв'язують між собою функцію кореляції і спектр густини потужності стаціонарного випадкового процесу:

$$\begin{cases} P(f) = \int_{-\infty}^{\infty} K(\tau) \exp(-j2\pi f\tau) d\tau, \\ K(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} P(f) \exp(j2\pi f\tau) df \end{cases} \quad (4.1)$$

Оцінка спектру густини потужності виглядатиме дещо гірше від очікуваного спектру, вона відрізнятиметься від дійсного спектру на величину помилки вимірювань, що містить систематичну і випадкову складові.

Оцінку спектральної густини потужності, з урахуванням співвідношень (4.1), можна сформулювати у вигляді:

$$\bar{P}(f) = \int_{-T}^T \bar{K}(\tau) \cdot e^{-j2\pi f\tau} d\tau, \quad (4.2)$$

де  $\bar{K}(\tau)$  - оцінка кореляційної функції.

Систематична складова похибки оцінки (4.2) зумовлена тим, що тривалість  $T$  відрізка спостережуваного процесу є скінченною.

Отриманий спектр потужності голосового сигналу наведено на рис. 4.4.

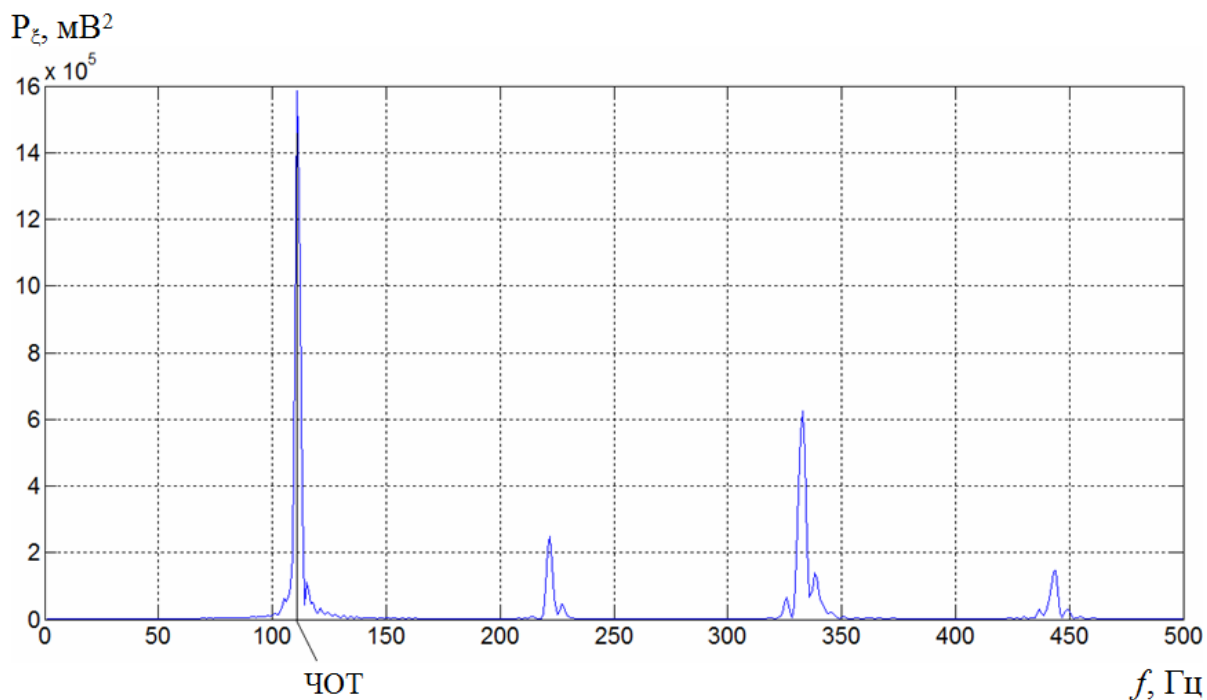


Рис. 4.4. Спектр густини потужності звуку [л].  $F_0=112$  Гц

На рис. 4.4 перший максимум характеризує відмовідно до формантного аналізу першу форманту, а центральна частота цієї форманти відповідає частоті основного тону. Вона рівна 112 Гц. Відповідно ПОТ рівний 8,93 мс. Прийmemo період корельованості рівним 8,93 мс.

Оскільки частота основного тону є мінливою для окремих людей та для різних реалізацій сигналу одної людини, знаходження частоти основного тону треба виконувати кожного разу окремо [99].

Для автоматичного пошуку частоти основного тону запропонованим методом розроблено програмне забезпечення в середовищі Matlab, текст програми наведено в Додатку Б, блок-схема її має вигляд, зображений на рис. 4.5.

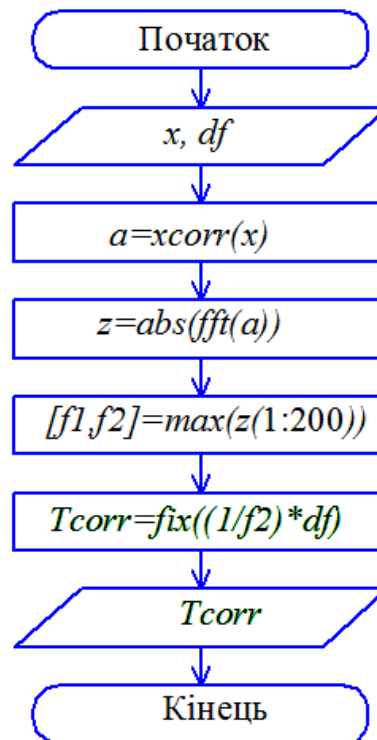


Рис. 4.5. Блок-схема програмної реалізації методу знаходження періоду корельованості голосового сигналу

Відповідно до рис. 4.5, вхідний голосовий сигнал – послідовність випадкових значень реалізації сигналу, присвоюється змінній  $x$ .  $df$  – значення частоти дискретизації сигналу. З допомогою вбудованої команди  $xcorr$  числиться оцінка автокореляційної функції сигналу  $x$ . Далше, числиться оцінка розподілу спектральної густини потужності та координат першої форманти в діапазоні 1÷400 Гц, що і будуть відповідати частоті основного тону.

#### 4.3 Висновки до розділу 4

Проведено експериментальне вимірювання частоти основного тону голосового сигналу в середовищі Matlab з використанням авто кореляційного методу.



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

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

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

## РОЗДІЛ 5

### СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

#### 5.1 Методика проведення медико-біологічних досліджень

У розділі наведено обґрунтовано структуру системи для відбору голосових звуків для оцінювання частоти основного тону для медичних діагностичних систем.

Перед початком проведення експерименту для відбору голосових звуків необхідно провести його планування. Воно передбачає таку організацію експериментальних досліджень, яка дасть можливість зібрати необхідні дані, використати для їх аналізу статистичні методи і зробити об'єктивні висновки. Проведення експерименту, відповідно, повине включати наступні етапи:

- формулювання задачі. На цьому етапі необхідно зкоректувати всі уявлення про мету експерименту;
- вибір факторів і рівнів. На цьому етапі необхідно визначити незалежні змінні і фактори, які будуть досліджуватися в експерименті, а також значення та рівні цих факторів;
- проведення експерименту;
- аналіз даних.

Перші два етапи проведення експерименту були розглянуті і проаналізовані в першому та другому розділах. На третьому етапі необхідно провести вибір схеми активного експерименту для проведення відбору сигналів та обґрунтувати характеристики технічних засобів, що в неї входять.

Акустичний сигнал від суб'єкта перетворюється мікрофоном в електричний та подається на вхід звукової картки комп'ютера. Після попереднього опрацювання сигнал відображається на екрані монітора.

Важливим є питання обґрунтування вибору конкретного типу мікрофона та його технічних характеристик з метою врахування суттєвих з

точки зору діагностичної цінності характеристик голосових звуків та забезпечення коректності результатів їх наступного опрацювання.

Відбір виконується мікрофонами електродинамічного типу. Необхідно розглянути вимоги, яким повинен відповідати мікрофон для реєстрації цих звуків та обґрунтувати вибір конкретного його типу.

#### 5.1.1. Обґрунтування вибору типу мікрофона.

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

- чутливість - відношення напруги на виході мікрофона до звукового тиску, що діє на нього;
- динамічний діапазон - різниця між рівнями граничного звукового тиску і власних шумів;
- робочий частотний діапазон;
- 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. Графічно її зображають в полярних координатах у вигляді діаграми направленості в горизонтальній площині.

За виглядом характеристики направленості мікрофони поділяють на три основні типи: ненаправлені, двосторонньо і односторонньо направлені. Для прикладу, в Додатку Б наведено характеристики направленості поширених мікрофонів МКЭ-2 та МД-78. Перший є мікрофоном конденсаторного типу, другий – електродинамічного.

Для відбору звуків необхідно використати ненаправлений або односторонньо направлений мікрофон, 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.

Аналізуючи частотний діапазон ряду електродинамічних мікрофонів, встановлено, що їх частотний діапазон становить в середньому 60-12 кГц, тоді як у випадку приголосних звуків важливим є діапазон низьких частот 20-200 Гц, де розміщуються перші форманти, а у випадку свистячих звуків – частоти до 14 кГц. Крім того, виявлено, що в області низьких частот мікрофони мають значний спад частотної характеристики, що призводить до зниження амплітуди першої форманти, яка для чоловічого голосу може знаходитись на частотах в діапазоні 70-200 Гц.

На основі проведеного аналізу приймаємо рішення про використання для відбору голосових звуків мікрофона конденсаторного МКЭ-2.

Сигнал з мікрофона подається на вхід звукової карти, де проходить попереднє опрацювання та оцифрування сигналу. Проведемо обґрунтування основних параметрів АЦП звукової картки.

5.1.2. Обґрунтування вибору параметрів АЦП звукової картки. Основними параметрами АЦП звукових карток є розрядність та частота дискретизації вхідного сигналу.

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.

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. Прийнятним вважається 16-розрядне представлення сигналу, що є на сьогодні стандартним для відтворення звуку, записаного в цифровій формі. 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.

Вибір частоти дискретизації сигналу проведемо на основі теореми про відліки та технічних характеристик мікрофона.

Людський голос здатний відтворити звук, частотою до 20 кГц. Враховуючи те, що вибраний для запису звуків мікрофон, згідно з паспортними даними, працює в діапазоні частот до 16 кГц, частота дискретизації повинна становити не менше 32 кГц.

## 5.2 Обґрунтування вибору УДК напряму наукового дослідження

Універсальна десяткова класифікація (УДК) є міжнародною системою класифікації документів. Вона відповідає найістотнішим вимогам до класифікації (міжнародність, універсальність) та надає можливість відобразити новітні досягнення науки й техніки без будь-яких суттєвих змін в її структурі. Такої гнучкості не має жодна з існуючих систем класифікації.

Наявність детально розробленої системи допоміжних таблиць визначників, здатність відобразити нові поняття за допомогою розподілу рубрик від загального до конкретного також роблять систему УДК гнучкою. Це

дає змогу багатоаспектно розкривати зміст матеріалів за допомогою комбінування індексів. Застосування визначників безмежно розширює можливості класифікації та відкриває нові для детальної класифікації матеріалу.

В основі структури УДК – принцип десяткових дробів. Для позначення рубрик застосовують арабські цифри, зрозумілі в усіх країнах, що робить УДК загальнодоступною міжнародною системою. Десятковий принцип структури дає змогу безмежно розширювати її за допомогою приєднання нових цифрових позначень до існуючих, не змінюючи системи загалом.

Індекси УДК побудовані так, що кожна наступна цифра, що приєднується до індексу, не змінює попереднє значення, а лише уточнює, позначаючи конкретніше поняття.

Отже, тема наукового дослідження включає у своїй структурі дві сторони:

Тема включає у своїй структурі дві сторони:

- 1) Медична (голосові сигнали).
- 2) Метод статистичного опрацювання

Згідно з класифікатором УДК (сайт - <http://teacode.com/online/udc/>), **медична сторона** класифікується наступною послідовністю дій, при виборі номера:

- 1) УДК 61 - Медицина. Охорона здоров'я. Пожежна справа;
- 2) УДК 612 - Фізіологія. Порівняльна фізіологія;
- 3) УДК 612.78 - Голосовий апарат. Голос. мова

**А технічна сторона** класифікується наступною послідовністю:

- 1) УДК 51 - математика
- 2) УДК 519.2 - Теорія ймовірностей і математична статистика
- 3) УДК 519.21 - Теорія ймовірностей і випадкові процеси
- 4) УДК 519.218 - Випадкові процеси спеціального виду

Отже, загальний номер УДК буде мати наступний номер:

**УДК 612.7:519.218**

Отже, у розділі описано методику проведення медико-біологічного дослідження та обґрунтовано вибір УДК тематики за напрямом наукового дослідження

## РОЗДІЛ 6

### ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

#### 6.1 Науково-технічна актуальність науково-дослідної роботи

Наукові дослідження, які є основою наступних стадій інноваційних процесів, класифікують по трьом видам: фундаментальні, пошукові та прикладні.

Фундаментальні дослідження проводять з метою отримання систематизованих даних щодо певної науково-технічної проблеми, виявлення нових закономірностей і принципів розвитку світу, обґрунтування нових понять, створення нових теорій.

Пошукові дослідження розвивають фундаментальні розробки з метою їх практичної використання, тобто вони спрямовані на конкретний науково-технічний результат.

Прикладні наукові дослідження, в свою чергу, базуються на пошукових і проводяться для розробки нових чи удосконалення існуючих технологічних процесів; створення матеріалів з особливими властивостями; принципово нових зразків машин, обладнання, приладів, оснащення, високотехнологічних наукомістких виробництв.

І, нарешті, розробки – технологічні, дослідно-конструкторські, проектні, організаційні роботи, які включають створення техніко-економічної документації для освоєння нововведень (нових технологій, нової продукції та виробництв, споруд, прогресивних методів організації та управління виробництвом) та їх дослідно-експериментального випробування.

Основне завдання економічного обґрунтування – довести, що тема досліджень, яку опрацьовує магістрант, має, перш за все, наукову, технічну, а також економічну, соціальну або екологічну значущість і сприяє тим самим зростанню темпів науково-технічного прогресу в цілому. З цією метою



акцентується увага на масштабах виробництва і використання продукції, на підвищення якості або удосконалення виробництва якої направлена тема магістерської роботи.

У разі, коли дослідження має фундаментальний або фундаментально-пошуковий характер необхідно висвітлити науково-технічне значення даної сфери знань та перспективи, які розкривають дослідження по темі магістерської роботи.

Ця частина економічного розділу повністю формується на основі критичного опрацювання фахових публікацій останніх років, які присвячені питанням, що стосуються теми дослідження. Всі викладки цієї частини повинні спиратись на конкретні кількісні оцінки експлуатаційних та технологічних властивостей матеріалів та виробів, обсягів їх виробництва та використання, режимів технологічних процесів, ринкової вартості виробів та технологічних матеріалів, сировини, енергоресурсів тощо з відповідним посилками в тексті на першоджерела.

Результатом цього розділу має стати чітко сформульована науково-технічна проблема, на вирішення якої повинна бути направлена дана дослідницька робота. Таким чином, сформульована проблема і тема науково-дослідницької роботи повинні знаходитись у логічній єдності між собою.

## 6.2 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи

Розрахунок усіх витрат організації-виконавця НДР, пов'язаних з виконанням теми, дає можливість встановити її собівартість або кошторисну вартість. Кошторис розробляє виконавець робіт на основі календарного плану проведення досліджень і затверджує замовник або орган, що забезпечує фінансування робіт. Як правило, кошторис складається до початку виконання робіт і тому називається плановим.

Встановлення величини витрат на проведення робіт по темі в розрізі типових статей кошторисної вартості (калькуляції собівартості) НДР наводяться нижче.

6.2.1 Витрати на оплату праці. Витрати за цією статтею включають заробітну плату безпосередніх виконавців теми, а заробітна плата адміністративно-управлінського персоналу, працівників дослідних виробництв включаються в кошторисну вартість теми через статтю «Накладні витрати». Крім цього, слід враховувати, що для тем, які фінансуються за рахунок держбюджету прибуток не планується і тому в дану статтю витрат включається тільки основна заробітна плата (без премій та інших виплат, що здійснюються із прибутку). Витрати на оплату праці розраховують на основі даних про трудомісткість окремих робіт по темі (табл. 6.1) та посадових окладів безпосередніх їх виконавців.

Таблиця 6.1

## Трудомісткість робіт по темі НДР

Найменування робіт по темі дослідження	Трудомісткість за виконавцями, людино-днів					
	Провідний науковий співробітник	Старший науковий співробітник	Молодший науковий співробітник	Інженер	Лаборант	Студент
1. Уточнення та конкретизація завдань по темі дослідження	2	2	1	–	–	2
2. Аналіз науково-технічних публікацій з теми	1	2	3	–	–	7
3. Розроблення математичної моделі сигналу	3	3	4	–	–	5
4. Розроблення Компонентного методу опрацювання сигналу	3	3	4	–	–	5
5. Експериментальні дослідження сигналу	2	2	2	2	2	2
6. Формування звіту по НДР	5	7	7	7	7	7
Разом за виконавцями теми	16	20	21	9	9	28

Подальші розрахунки витрат на оплату праці проводиться за алгоритмом, зрозумілим із табл. 6.2.

Середньоденна заробітна плата за категоріями виконавців розраховується шляхом ділення їх посадового місячного окладу на 21,2 (де 21,2 – усереднене число робочих днів за місяць).

Таблиця 6.2

## Розрахунок витрат на оплату праці

Посада виконавців теми	Планова трудомісткість, люд-днів	Заробітна плата, грн		
		Посадовий місячний оклад	Середньоденна зарплата	Усього за виконавцями
1.Провідний науковий співробітник	15	4289,70	202,34	3035,10
2.Старший науковий співробітник	18	3334,80	157,30	2831,40
3. Молодший науковий співробітник	19	1802	85	1615
4. Інженер	8	1683	79,39	635,12
5. Лаборант	8	1302	61,42	491,36
6. Студент	28	1302	61,42	1719,76
Разом оплата праці з теми				10327,74

6.2.2 Відрахування на соціальні заходи. До цієї статті витрат належать виплати у вигляді єдиного соціального внеску, які здійснює організація – виконавець теми в пенсійний фонд в розмірі 37,26%, що становить 3848,12 грн. від загальних витрат на оплату праці.

Базою вказаного нарахування слугують загальні витрати на оплату праці по темі (табл.6.2).

6.2.3 Обладнання, необхідне для проведення досліджень. В даній статті враховують вартість усіх видів матеріалів, необхідних для проведення НДР, з вирахуванням вартості зворотних відходів.

Тематика дослідницьких робіт, які виконуються на факультеті контрольно-вимірювальних та радіокомп'ютерних систем, передбачає використання, перш за все, комп'ютерної діагностичної системи, комп'ютерів для опрацювання кардіосигналів сигналів та формування матеріалів звітності, оргтехніки та інші.

Розрахунки зведено за формою у табл.6.3

Таблиця 6.3

Розрахунки витрат на обладнання

Найменування обладнання	Одиниця виміру	Кількість	Ринкова ціна за одиницю, грн	Сума,грн.
1. ПК (системний блок, монітор, клавіатура, мишка, кабель живлення)	шт	1	8200	8200
2. Принтер лазерний	шт	1	1600	2200
3. Кабель для підключення до ПК	шт	1	120	120
Загальні витрати на матеріали				10520

6.2.4 Енергоносії для проведення досліджень. На підприємстві електроенергія використовується для освітлення, живлення медобладнання, комп'ютерної техніки та оргтехніки.

$$Z_{cm} = \sum_{i=1}^n P_i \cdot k_i \cdot t_i \cdot C_i, \quad (6.1)$$

де  $P_i$  – витрата  $i$ -го виду матеріального ресурсу, натуральні одиниці;

$C_i$  - ціна за одиницю  $i$ -го виду матеріального ресурсу, грн;

$k_i$  – коефіцієнт використання потужності  $i$ -го виду матеріального ресурсу;

$t_i$  – час роботи  $i$ -го виду матеріального ресурсу;

$i$  - вид матеріального ресурсу;

$n$  - кількість видів матеріальних ресурсів.

Якщо для проведення НДР використовується електрообладнання, то необхідно розрахувати витрати на електроенергію за формою (6.1), наведеною в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4

Витрати на електроенергію

Найменування обладнання	Паспортна потужність, Вт	Коефіцієнт використання потужності	Час роботи обладнання для розробку АІС, год	Ціна електроенергії, Грн/ (кВт/год)	Сума, грн.
ПК (системний блок, монітор, клавіатура, мишка, кабель живлення)	265	0,5	102	2,5	4700,63
Принтер лазерний	700	0,25	3	1,25	656,25
Лампи розжарювання (освітлення)	150	0,85	10	1,25	1593,75
РАЗОМ витрати на електроенергію					6950,63

6.2.5 Витрати на службові відрядження. Дані витрати складаються із фактичних витрат на службові відрядження штатних працівників, зайнятих виконанням НДР: витрат на проїзд до місця відрядження і назад; витрат на проживання у готелі; добових витрат, які розраховуються на кожний день перебування у відрядженні, враховуючи час перебування в дорозі, та деякі інші.

Під час виконання НДР здійснюються ряд відряджень, які пов'язані із доповідями на конференціях, які наведено у таблиці 6.5.

## Приблизні витрати на службові відрядження

Тип відрядження	Кількість	Приблизна вартість відрядження
Конференція	5	1000
Здача звітів НДР	1	200
Впровадження результатів НДР	3	300
Всього	—	1500

6.2.6. Розроблення планової калькуляції кошторисної вартості теми. Планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі складається на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних (табл.6.6).

Таблиця 6.6

## Планова калькуляція кошторисної вартості НДР

Найменування статей витрат	Сума, грн	Обґрунтування
1	2	3
1.Витрати на оплату праці	10327,74	Відповідно до розрахунків
2.Відрахування на соціальні заходи	3848,12	Відповідно до діючих загальнодержавних нормативів
3.Обладнання для проведення досліджень	30890	Відповідно до розрахунків
4.Енергоносії для проведення досліджень	4615,22	Відповідно до розрахунків
5.Витрати на службові відрядження	1500	Відповідно до розрахунків
6.Інші невраховані прямі витрати по темі	5118,1	10% від суми прямих розрахованих витрат по темі
7.Кошторисна вартість теми	56299,19	Сума попередніх статей

Кінцевим результатом науково-дослідницьких робіт є досягнення наукового, науково-технічного, економічного, соціального, екологічного та інших видів ефектів.

Науковий ефект від виконання теми передбачає приріст наукових знань у певній сфері науки, а науково-технічний ефект характеризує можливість використання цих наукових знань в інших наукових напрямках та при розробці

принципово нових технічних рішень. Економічний ефект відображає потенціал НДР в досягненні кращого співвідношення результатів виробництва до витрат і має прогнозний характер. Соціальний ефект заводитьсь до збільшення числа робочих місць, поліпшення умов праці та побуту, скорочення тривалості робочого тижня, розвитку охорони здоров'я, науки, культури, освіти. Екологічний ефект полягає в поліпшенні стану навколишнього середовища, зменшенні електромагнітного та іонізуючого випромінювання тощо.

### 6.3 Науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи

Економічна оцінка фундаментальних і пошукових НДР у вартісному вимірі, як правило, неможливо, бо ймовірність доведення результатів таких досліджень до конкретного практичного застосування невелике. Для таких досліджень рекомендується визначати науковий та науково-технічний ефект, який враховує результати наукових досліджень та їх значущість для прискорення науково-технічного прогресу та розвитку національної економіки.

Науковий та науково-технічний ефект рекомендується оцінювати коефіцієнтом науково-технічної ефективності ( $E_{нт}$ ) за допомогою формули:

$$E_{нт} = \frac{\sum B_i \cdot B_{ij}}{\sum B_i \cdot B_{ij}^{\max}}, \quad (6.2)$$

де  $B_i$  – нормативні значення коефіцієнтів вагомості факторів науково-технічної ефективності (табл. 6.7);

$B_{ij}$  – середнє значення балу, який виставляється експертами  $i$ -му фактору;

$B_{ij}^{\max}$  – максимально можливе значення балу (табл. 6.8);

$i$  – порядковий номер фактору;

$j$  – відповідна характеристика  $i$ -го фактора.

Нормативні значення коефіцієнтів вагомості факторів науково-технічної ефективності наведені в табл. 6.7.

Таблиця 6.7

Нормативні значення коефіцієнтів вагомості факторів  
науково-технічної ефективності

Фактори ( $i$ )	Коефіцієнти вагомості ( $B_i$ )
1.Новизна очікуваних або одержаних результатів	0,25
2.Глибина наукового опрацювання	0,16
3.Ступінь ймовірності успіху	0,09
4.Перспективність використання результатів	0,25
5.Масштаб можливої реалізації результатів	0,15
6.Завершеність одержаних результатів	0,10
Разом	1,00

Характеристика факторів науково-технічної ефективності НДР наведена в табл. 6.8.

Таблиця 6.8

Характеристика факторів науково-технічної ефективності НДР

Фактор наукової та науково-технічної ефективності	Характеристика фактора	Оцінка фактора	
		Якісна	Бальна $A_{ij}^{\max}$
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
1.Новизна одержаних або передбачуваних результатів	Одержані принципово нові результати, раніше невідомі в науці, розроблена нова теорія, відкрита нова закономірність	Висока	10
	Встановлені деякі часткові закономірності, методи, способи, які дозволяють створити принципово нові види техніки	Середня	7
	Позитивне вирішення поставлених задач на підставі простих узагальнень, аналіз зв'язків між факторами, розповсюдження відомих наукових принципів на об'єкти	Недостатня	3
	Опис окремих елементарних фактів, передача та поширення отриманих раніше результатів, реферативні огляди	Тривіальна	1



## Продовження таблиці 6.8

1	2	3	4
2.Глибина наукового опрацювання	Проведена значна кількість експериментів по нетрадиційним методикам, виконані складні теоретичні розрахунки, підтверджені експериментальними даними	Істотна	10
	Проведена обмежена кількість розрахунків по відомим методикам, виконані теоретичні розрахунки невисокої складності, частково перевірені експериментальними даними	Середня	6
	Проведена недостатня кількість експериментів, виконані прості теоретичні розрахунки без експериментальної перевірки	Несуттєва	1
3.Стінь ймовірності успіху	Висока ймовірність повного вирішення поставлених задач НДР	Значна	10
	Середня ймовірність вирішення більшості експериментальних або теоретичних задач	Помірна	6
	Низька ймовірність вирішення поставлених задач, отримання позитивних результатів сумнівне	Незначна	1
4.Масштаб використання результатів	Результати можуть бути використані в багатьох наукових напрямках, мають значення для розвитку суміжних наук	Широкий	10
	Результати можуть бути використані в конкретному науковому напрямку при розробці нових технічних рішень, спрямованих на суттєве підвищення продуктивності суспільної праці	Достатньо широкий	8
	Результати будуть використані при проведенні наступних НДР, при розробці нових технічних рішень в конкретній галузі	Достатній	5
5.Ступінь реалізації результатів	Строк впровадження, роки: До 2	Висока	10
	До 4	Середня	7
	До 6	Достатня	4
	Більше 6	Недостатня	2
6.Завершення одержаних результатів	Авторське свідоцтво, стаття в фаховому виданні, методика, інструкція, класифікатор, стандарти, нормативи.	Висока	10
	Технічне завдання на прикладну НДР	Середня	8
	Рекомендації, розгорнутий аналіз, пропозиції	Достатня	6
	Огляд, інформаційне повідомлення	Недостатня	3

Кількісна оцінка факторів науково-технічної ефективності НДР здійснюється експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначається як середньоарифметичне. Отримані результати зводять за формою табл. 6.9.

Таблиця 6.9

## Результати розрахунків науково-технічної ефективності НДР

Фактори науково-технічної ефективності	Характеристика фактора	Розрахунок $B_{ij}$			$B_{ij}^{\max}$
		Експертні оцінки		$B_{ij}$	
		1	2		
1.Новизна очікуваних або одержаних результатів	Встановлені деякі часткові закономірності, методи, способи, які дозволяють створити принципово нові види техніки	3	3	3	10
2.Глибина наукового опрацювання	Проведена обмежена кількість розрахунків по відомим методикам, виконані теоретичні розрахунки невисокої складності, частково перевірені експериментальними даними	6	6	6	10
3.Ступінь ймовірності успіху	Середня ймовірність вирішення більшості експериментальних або теоретичних задач	6	6	6	10
4.Перспективність використання результатів	Результати можуть бути використані в багатьох наукових напрямках, мають значення для розвитку суміжних наук	10	10	10	10
5.Масштаб можливої реалізації результатів	До 2 років	10	10	10	10
6.Завершеність одержаних результатів	Рекомендації, розгорнутий аналіз, пропозиції	6	6	6	10

Розраховане за формулою 6.2 значення  $E_{нт}$  буде відображати рівень наукової та науково-технічної ефективності конкретної теми фундаментального чи пошукового дослідження:

$$E_{нт} = \frac{0.25 \cdot 3 + 0.16 \cdot 6 + 0.09 \cdot 6 + 10 \cdot 0.25 + 10 \cdot 0.15 + 6 \cdot 0.1}{1 \cdot 10} = 0,685 .$$

Загальну оцінку магістерської НДР можна здійснити, користуючись даними табл. 6.10.

Таблиця 6.10

Загальна оцінка наукової та науково-технічної ефективності  
фундаментальних та пошукових НДР

Загальна оцінка наукової та науково-технічної ефективності		Можливі рекомендації по результатам виконання НДР
Розраховане значення $E_{nt}$	Загальна якісна оцінка ефективності	
0,91-1,00	Відмінно	Оформлення авторського свідоцтва, публікація у фаховому виданні, продовження досліджень по даній тематиці
0,76-0,90	Дуже добре	
<b>0,61-0,75</b>	<b>Добре</b>	<b>Рекомендації можуть бути сформульовані після ретельного аналізу отриманих результатів</b>
0,36-0,60	Достатня	Переглянути технічне завдання у разі продовження досліджень по даній темі
Менш 0,35	Незадовільна	Здійснити всебічний аналіз отриманих результатів по темі

#### 6.4 Висновки до розділу 6

У розділі на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних встановлено, що планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі становить 56299,19 грн., а кількісна оцінка науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи, яка здійснюється експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначається як середньоарифметичне, що складає 0,685 від максимального числа 1, а рекомендації по результатам виконання НДР можуть бути сформульовані після ретельного аналізу отриманих результатів.

## РОЗДІЛ 7

## ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

## 7.1 Охорона праці

Під час виконання магістерської роботи на тему: «Метод оцінювання частоти основного тону для медичних діагностичних систем» використовується персональний комп'ютер, як основна складова для опрацювання голосових сигналів, тому у розділі розглянуто питання охорони праці під час роботи з персональним комп'ютером (ПК).

Розглянемо загальні вимоги до обладнання робочого місця з ПК.

1. Робоче місце для працюючих з відео терміналами (моніторами) необхідно необхідно розташувати таким чином, щоб до поля зору працюючого не потрапляли вікна, освітлювальні прилади, поверхні які мають властивість віддзеркалювання. Поверхня робочого столу не повинна бути полірованою. Для попередження відблисків на екрані відео моніторів, особливо влітку та у сонячні дні, екран відео монітора слід розміщувати так, щоб світло від вікна падало збоку, бажано зліва.

2. Екран монітору ПК повинен знаходитись від очей користувача (надалі оператора)

на відстані не менше 500 – 700 мм. Кут зору в межах 10-40 градусів. Найбільш раціональним є розташування екрану перпендикулярно до лінії зору оператора.

3. ПК повинен розташовуватися на відстані не ближче 1 метра від джерела тепла.

4. Клавіатура повинна розміщуватися на поверхні столу або спеціальній підставці на відстані 100-300 мм від краю, повернутого до користувача. Кут нахилу панелі клавіатури до горизонтальної поверхні повинен бути в межах від 5 до 15 градусів.

5. Висота робочої поверхні стола повинна бути в межах 680-800 мм.

6. Крісло повинно забезпечувати операторові зручні умови праці та фізіологічну раціональну робочу позу в процесі праці. Крісло повинно забезпечувати можливість регулювання висоти поверхні сидіння, кут нахилу спинки та висоту спинки.

7. Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють відблиски на екрані відео монітора на вікнах повинні бути встановлені сонцезахисні пристрої. Екран відео монітора повинен розміщуватись так, щоб світло від вікна падало на робоче місце збоку, бажано зліва.

8. Як джерело штучного освітлення в приміщеннях, де встановлено ПК, бажано використовувати люмінесцентні лампи. Можливе застосування ламп розжарювання в світильниках місцевого освітлення. Освітленість робочого місця у горизонтальній площині на висоті 0,8 м від рівня підлоги повинна бути не менш 400 лк. Вертикальна освітленість у площині екрану не більше 200 лк. Для зменшення напруженості зору необхідно забезпечити достатньо рівномірне розподілення яскравості робочої поверхні відео монітора та навколишнього простору.

9. У приміщеннях для роботи ПК необхідно проводити щоденне вологе прибирання та регулярне провітрювання протягом робочого дня. Видалення пилу з екрану необхідно проводити не рідше 1 разу на день.

10. Для захисту оператора від електромагнітних випромінювань і електростатичних полів, які створює відео монітор необхідно використовувати захисні екрани.

11. Згідно ГОСТ 12 1 005-85 “Воздух рабочей зоны. Общин санитарно-гигиенические требования” температура навколишнього середовища повинна бути в межах 18-22 градусів С , відносна вологість повітря близько 55 % швидкість руху повітря – 0,1-0,2 м сек.

12. Користувачам ПК слід носити одяг природних матеріалів або комбінованих природних і штучних волокон.

### *Вимоги безпеки перед початком роботи за ПК*

1. Перед початком роботи працівник повинен зовнішнім оглядом перевірити цілісність корпусів системного блоку, відео монітора, принтера, клавіатури.
2. Перевірити цілісність кабелів живлення, місць їх підключення (розеток електромережі, продовжувачів електромережі, розгалужувальних коробок, штепсельних вилок).
3. Підготувати своє робоче місце, прибравши речі, які можуть заважати при виконанні роботи.
4. Ввімкнути живлення ПК.
5. У випадку, якщо після ввімкнення ПК не проходить загрузка або комп'ютер не виходить на робочий режим, працівник повинен повідомити керівника чи спеціаліста відділу інформаційних технологій.
6. При виявленні ушкодження або яких-небудь інших недоліків повідомити безпосереднього керівника. Не приступати до роботи без його вказівки.

### *Вимоги безпеки під час роботи.*

1. Необхідно стійко розташувати всі складові пристрої на столі, в тому числі і клавіатуру. Разом з тим повинна бути передбачена можливість переміщення клавіатури. Її розташування і кут нахилу повинні відповідати побажанням користувача ПК. Якщо в конструкції клавіатури не передбачений простір для опору долонь, то її слід розташовувати на відстані не менше 100 мм від краю столу в оптимальній зоні моніторного поля. При роботі на клавіатурі слід сидіти прямо, не напружуватись.
2. Для зменшення несприятливого впливу на користувача пристроїв типу "миша" (вимушена поза, необхідність постійного контролю за якістю дій) слід забезпечити вільною більшу площу поверхні столу для переміщення "миші" і зручного упору ліктьового суглоба.
3. Не припустимі сторонні розмови, роздратовуючи шуми тощо.

4. Періодично при вимкненому ПК слід видаляти злегка зволоженою мильним розчином хлопко-паперовою салфеткою пил з поверхонь апаратури. Екран і захисний екран протирають ватою, зволоженою спиртом.

Не дозволяється використовувати рідинні або аерозольні засоби чистки поверхонь ПК.

5. Для зменшення негативного впливу на стан здоров'я працівників різних факторів ризику, пов'язаних з роботою на ПК, передбачаються додаткові регламентовані перерви для відпочинку користувачів ПК:

- через кожний час безперервної роботи – 10 хвилин;
- через кожні 2 години – 15 хвилин.

При можливості слід чергувати зміну діяльності з іншою, не пов'язаною з роботою на ПК.

6. З метою зменшення негативного впливу монотонності доцільно застосовувати чергування операцій введення тексту і введення даних (зміна змісту і темпу роботи) і т.п.

7. При виконанні роботи (більше 20 хвилин), коли втручання користувача в роботу програми не потрібне, бажано вимикати живлення відео монітора.

8. Для підтримки загального тону м'язів, профілактики кістково-м'язових порушень, зорового дискомфорту та інших несприятливих суб'єктивних почуттів під час регламентованих перерв необхідно виконувати комплекси рекомендованих вправ для очей, для хребта, для рук.

Кількість мікро пауз до 1-2 хвилин слід визначити індивідуально. Форма та зміст перерв можуть бути різними виконання допоміжних робіт, не пов'язаних з роботою ПК, приймання їжі, виконання рекомендованих вправ.

Виконання фізичних вправ протягом дня рекомендується індивідуально, залежно від почуття втоми. Гімнастика повинна біти на корекцію вимушеної пози покращення кровообігу, часткову компенсацію, дефіциту рухової активності.

9. Про виявлені несправності (іскріння, пробоїв, запаху гару, ознак горіння тощо) негайно припинити роботу, відключити все обладнання від електромережі і терміново повідомити безпосереднього керівника або спеціаліста по ремонту ПК.

*Вимоги безпеки при закінченні роботи на ПК.*

1. Закінчити і зберегти в пам'яті ПК файли, які знаходились у роботі. Виконати всі дії для коректного завершення роботи в оперативній системі.

2. Вимкнути принтер та інші периферійні пристрої, вимкнути системний блок. При наявності пристрою безперебійного живлення (ПБЖ) вимкнути його живлення.

3. Вимкнути ПК кнопкою «POWER» та вийняти штепсельну вилку кабелю живлення з розетки

4. Накрити клавіатуру кришкою для попередження попадання в неї пилу.

5. Навести порядок на робочому місці.

*Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях*

1. Якщо після ввімкнення ПК відчувається запах горілого або при доторканні до металевих частин ПК відчувається дія електричного струму, потрібно негайно відключити ПК від електромережі та повідомити про це своєму керівникові.

2. У випадку виникнення пожежі негайно розпочати гасіння наявними засобами пожежогасіння і повідомити за телефоном 101 (міська пожежна охорона) та начальнику ДПД підприємства. Пам'ятайте, що загашувати електроустановки слід вуглекислотними вогнегасниками, сухим піском, щоб уникнути ураження електричним струмом.

3. При отриманні травми припинити роботу, надати першу медичну допомогу, викликати швидку медичну допомогу за телефоном 103, при необхідності доставити в лікарняний заклад.

4. Конкретні дії щодо надання першої допомоги постраждалому при різних ураженнях описані в інструкції № 03-ОП «Про надання першої (



долікарської) медичної допомоги при нещасних випадках», яка вивчається робітниками підприємства при проходженні первинного та послідуєчих інструктажів з питань охорони праці.

5. У разі виникнення інших аварійних ситуацій слід припинити роботу і повідомити про це керівника робіт.

Отже, при виконанні магістерської роботи необхідно дотримуватись правил охорони праці при роботі з ПК, а саме: загальних вимог до обладнання робочого місця з ПК, вимог безпеки перед початком роботи за ПК, вимог безпеки під час роботи, вимог безпеки при закінченні роботи на ПК, вимог безпеки в аварійних ситуаціях.

## 7.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

7.2.1 Забезпечення стійкості роботи об'єктів зв'язку, радіомовлення і телебачення до дії вражаючих факторів надзвичайних ситуацій

У разі виникнення надзвичайних ситуацій в населених пунктах, на об'єктах складається обстановка, обумовлена впливом вражаючих факторів. Під обстановкою розуміють сукупність впливу вражаючих факторів на території району, населеного пункту, об'єкта, що впливають на безпеку життєдіяльності робітників, службовців і населення.

Обстановка характеризується масштабами, ступенем впливу вражаючих факторів на місцевість, атмосферу, будівлі та споруди, на безпеку життєдіяльності і т.д.

За характером обстановка може бути інженерної, хімічної, радіаційного, бактеріологічного, комбінованої і т.д.

Оцінка обстановки - це вивчення і аналіз чинників і умов, що виникають в результаті надзвичайних ситуацій і впливають на безпеку людей і функціонування об'єктів зв'язку. При оцінці обстановки проводиться збір і

обробка інформації, що дає можливість визначити масштаби поразки і їх вплив на безпеку людей.

Результатом оцінки обстановки є прийняття рішення керівником підприємства, міста, щодо вибору оптимального режиму захисту людей, при якому забезпечуються найменші втрати від впливу вражаючих факторів.

Основними методами оцінки обстановки є прогнозування і розвідка.

Під прогнозуванням розуміють деякий дослідний процес, в результаті якого виробляється судження про майбутній стан об'єкта у випадках впливу на нього вражаючих факторів.

Найбільш точним методом є метод оцінки обстановки за даними розвідки - метод розвідки. В цьому випадку збір даних про вплив вражаючих факторів проводиться методом візуального або інструментального спостереження. Метод дуже точний, але може застосовуватися тільки після того, як подія вже станеться.

Для проведення розвідки на об'єктах можуть створюватися нештатні розвідувальні формування: розвідувальні групи і ланки, пости радіаційного та хімічного спостереження (ПРХН).

Дані розвідки і спостереження збираються і обробляються в комісіях з надзвичайних ситуацій (штабу ЦО НС).

Під інженерної обстановкою розуміють сукупність наслідків впливу вражаючих факторів, що виникають в результаті надзвичайних ситуацій і викликають руйнування, пожежі і загибель людей, тварин, рослинності.

Даними для оцінки інженерної обстановки є:

- Відомості про найбільш можливі стихійні лиха в даному районі, можливих аваріях, які можуть статися на самому об'єкті або поблизу нього;
- Можливі вражаючі фактори, які можуть виникнути в результаті НС;
- Міцності будівель, споруд, ліній зв'язку, радіоелектронної апаратури, комунально-енергетичних мереж і т.д.

Вплив ударної і сейсмічної хвиль на будівлі, споруди, апаратуру оцінюються межею стійкості, під яким розуміють максимальний надлишковий тиск у фронті ударної хвилі, що викликає слабкі руйнування або мінімально-надлишковий тиск у фронті ударної хвилі, що викликає середні руйнування. Це така величина надлишкового тиску, після дії якого будівлі, споруди, апаратура можуть бути відновлені в мінімально короткі терміни.

Під хімічної обстановкою розуміють сукупність наслідків хімічного зараження місцевості ОР і СДОР, що впливають на безпеку персоналу і населення, стійкість функціонування об'єктів і дії рятувальних формувань.

Під радіаційною обстановкою розуміють сукупність наслідків радіоактивного забруднення місцевості, надають впливу на безпеку населення, персоналу, на функціонування об'єктів зв'язку, роботу рятувальних формувань.

Радіаційна обстановка характеризується: масштабами забруднення, характером РЗМ, тобто радіонуклідом складу і рівнями радіації на місцевості.

Радіаційний захист визначається допустимими дозами опромінення Ддоп.

Всі режими захисту включають три послідовні етапи:

I етап - укриття в протирадіаційних укриттях (ПРУ) з припиненням роботи на об'єкті;

II етап - укриття в ПРУ вільної зміни і позмінна робота за графіком у виробничих приміщеннях;

III етап - позмінна робота в виробничих приміщеннях з відпочинком вдома і з обмеженим перебуванням людей на відкритій місцевості (не більше 1-2 год. На добу).

При проектуванні об'єктів і споруд зв'язку необхідно передбачати забезпечення роботи об'єктів не тільки в нормальних (штатних), але і в екстремальних умовах, викликаних надзвичайними ситуаціями.

Екстремальні ситуації для функціонування об'єктів зв'язку можуть створюватися в результаті різких змін температури, надлишкового тиску, електромагнітних та іонізуючих випромінювань, шкідливих забруднень навколишнього середовища. Ці зміни можуть призводити до різних деформацій, пошкоджень, руйнувань, змін екологічної рівноваги навколишнього середовища, негативним емоційним явищам, виникненню епідемій, втрати працездатності, загибелі людей та інших катастрофічних явищ (до катастроф і катастрофічних наслідків відносять стихійні лиха, великі аварії, військові конфлікти та епідемії, при яких виникає небезпека для життя людей).

В даний час при проектуванні об'єктів і пристроїв зв'язку повинні розглядатися питання експлуатації не тільки в штатних, а й в екстремальних умовах, тому на випадок різних НС повинні розроблятися практичні рекомендації по відновленню працездатності об'єктів зв'язку та їх елементів.

Об'єкти, споруди та системи зв'язку займають важливе місце в економіці країни, так як їх нормальна робота забезпечує управління господарською та іншою діяльністю в будь-яких умовах, а тому одним із найважливіших завдань є забезпечення сталого їх функціонування в надзвичайних умовах.

Для підвищення стійкості роботи об'єктів зв'язку передбачається здійснення комплексу інженерно-технічних заходів ГО НС (ІТМ ГО НС), які повинні проводитися на всіх об'єктах зв'язку.

Під об'єктами зв'язку розуміють будівлі, споруди, транспортні засоби, в яких розміщуються підприємства зв'язку з обладнанням та обслуговуючим персоналом. До них відносяться: вузли зв'язку, різні лінії зв'язку з каналобразующою апаратурою, що обслуговуються і не обслуговуються підсилювальні пункти, телефонні станції, радіорелейні, тропосферних, супутникові лінії зв'язку, радіоцентри, центри радіомовлення і телебачення, радіотрансляційні вузли, промислові підприємства, що випускають апаратуру зв'язку та ін.

Під стійкістю функціонування об'єктів зв'язку розуміють їх здатність працювати в нештатних, т. Е. Надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу, а при порушеннях їх роботи - це здатність відновлювати працездатність в найкоротші терміни.

Поняття стійкість функціонування об'єктів зв'язку по суті включає два поняття: фізичну (статичну) і оперативну стійкості.

під *фізичної стійкістю* об'єктів зв'язку або їх елементів розуміють фізичну міцність його будівель, споруд, обладнання, різних пристроїв до впливу вражаючих факторів, які можуть виникнути у випадках НС.

під *оперативної стійкістю* функціонування систем зв'язку розуміють забезпечення сталого управління господарською та іншою діяльністю у випадках НС, а у випадках порушення роботи систем зв'язку - це здатність відновлювати зв'язок в найкоротші терміни.

Основні вимоги, виконання яких веде до підвищення стійкості функціонування об'єктів зв'язку:

- зниження можливих втрат і руйнувань від впливу вражаючих факторів, викликаних стихійними лихами, виробничими аваріями і військовими діями;
- створення оптимальних умов для відновлення зруйнованих, пошкоджених об'єктів в мінімально короткі терміни;
- забезпечення безпеки життєдіяльності людей.

Для підвищення стійкості електропостачання об'єкту необхідно мати дублюючі і аварійні джерела електропостачання, тому на об'єктах зв'язку має бути не менше двох вводів від незалежних джерел, обов'язково з різних сторін, і підведення електроенергії повинно здійснюватися підземним кабелем. Крім того, об'єкти зв'язку повинні мати свої автономні джерела електроживлення (акумуляторні батареї, дизельелектричні станції і т. Д.), Що включаються автоматично при виході з ладу основних джерел живлення.

Водопостачання об'єкта стійко тоді, коли воно здійснюється від декількох незалежних систем водопостачання або від декількох вододжерел, рознесених відносно один одного на безпечні відстані.

Міжміські магістральні кабельні лінії зв'язку повинні прокладатися поза зонами можливих слабких руйнувань.

Вузли зв'язку державної мережі зв'язку повинні розміщуватися в захисних спорудах і поза зонами можливих руйнувань і катастрофічних затоплень. Узли зв'язку повинні мати можливість передачі транзитних каналів на інші магістральні лінії зв'язку в обхід великих міст і важливих об'єктів і на вузли зв'язку Міністерства зв'язку та інформатизації та інших центральних органів виконавчої влади.

7.2.2 Організація та проведення оповіщення робітників і службовців підприємства та населення з використанням систем автоматизованого і централізованого оповіщення цивільного захисту на об'єкті що проектується

**оповіщення** - доведення сигналів і повідомлень органів управління ЦЗ про загрозу та виникнення НС, аварій, катастроф, епідемій, пожеж тощо до центральних і місцевих органів виконавчої влади, підприємств, установ, організацій та населення;

**система оповіщення** - комплекс організаційно-технічних заходів, апаратури і технічних засобів оповіщення, апаратури, засобів та каналів зв'язку, призначених для своєчасного доведення сигналів та інформації про виникнення НС до центральних і місцевих органів виконавчої влади, підприємств, установ, організацій та населення.

### **Оповіщення про загрозу або виникнення НС (Стаття 30)**

1. Оповіщення про загрозу або виникнення НС полягає у своєчасному доведенні такої інформації до органів управління ЦЗ, сил ЦЗ, суб'єктів господарювання та населення.

2. Оповіщення про загрозу або виникнення НС забезпечується шляхом:

1) функціонування загальнодержавної, територіальних, місцевих автоматизованих систем централізованого оповіщення про загрозу або виникнення НС, спеціальних, локальних та об'єктових систем оповіщення;

2) централізованого використання телекомунікаційних мереж загального користування, у тому числі мобільного (рухомого) зв'язку, відомчих телекомунікаційних мереж і телекомунікаційних мереж суб'єктів господарювання в порядку, встановленому Кабінетом Міністрів України, а також мереж загальнонаціонального, регіонального та місцевого радіомовлення і телебачення та інших технічних засобів передавання (відображення) інформації;

3) автоматизації процесу передачі сигналів і повідомлень про загрозу або виникнення НС;

4) функціонування на об'єктах підвищеної небезпеки автоматизованих систем раннього виявлення НС та оповіщення;

5) організаційно-технічної інтеграції різних систем централізованого оповіщення про загрозу або виникнення НС та автоматизованих систем раннього виявлення НС та оповіщення;

6) функціонування в населених пунктах, а також місцях масового перебування людей сигнально-гучномовних пристроїв та електронних інформаційних табло для передачі інформації з питань ЦЗ.

3. Встановлення сигнально-гучномовних пристроїв та електронних інформаційних табло покладається на органи місцевого самоврядування, суб'єкти господарювання. Місця встановлення сигнально-гучномовних пристроїв та електронних інформаційних табло визначаються органами місцевого самоврядування, суб'єктами господарювання.

4. Оператори та провайдери телекомунікації, телерадіоорганізації зобов'язані забезпечити підключення технічних засобів мовлення до автоматизованих систем централізованого оповіщення з установленням

спеціального обладнання для автоматизованої передачі сигналів та повідомлень про загрозу або виникнення НС.

5. Порядок організації оповіщення про загрозу або виникнення НС та організації зв'язку у сфері ЦЗ визначається положенням, яке затверджується Кабінетом Міністрів України.

### **Інформування у сфері ЦЗ (Стаття 31)**

1. Інформацію з питань ЦЗ становлять відомості про НС, що прогнозуються або виникли, з визначенням їх класифікації, меж поширення і наслідків, а також про способи та методи захисту від них.

2. Органи управління ЦЗ зобов'язані надавати населенню через засоби масової інформації оперативну та достовірну інформацію, зазначену в частині першій цієї статті, а також про свою діяльність з питань ЦЗ, у тому числі в доступній для осіб з вадами зору та слуху формі.

3. Керівники суб'єктів господарювання, що експлуатують потенційно небезпечні об'єкти та об'єкти підвищеної безпеки, зобов'язані систематично та оперативно оприлюднювати інформацію про такі об'єкти в офіційних друкованих виданнях, на офіційних веб-сайтах, інформаційних стендах та в будь-який інший прийнятний спосіб.

4. Інформація має містити дані про суб'єкт, який її надає, та сферу його діяльності, про природу можливого ризику під час аварій, включаючи вплив на людей та навколишнє природне середовище, про спосіб інформування населення у разі загрози або виникнення аварії та поведінку, якої слід дотримуватися.

5. Оприлюднення інформації про наслідки ЦЗ здійснюється відповідно до законодавства про інформацію.

Підприємства електрозв'язку забезпечують на договірних умовах експлуатаційно-технічне обслуговування апаратури і технічних засобів оповіщення та зв'язку ЦЗ, що належить до сфери управління центральних та



місцевих органів виконавчої влади, знаходяться в пунктах управління, на підприємствах, в установах і організаціях.

Експлуатаційно-технічне обслуговування апаратури і технічних засобів оповіщення та зв'язку ЦЗ повинно забезпечувати підтримання їх у готовності до виконання завдань у разі загрози або виникнення надзвичайних ситуацій та забезпечення сталого управління заходами ЦЗ.

Відповідальність за збереженість апаратури і технічних засобів оповіщення та зв'язку ЦЗ і їх технічну готовність несуть керівники підприємств, установ, організацій (у тому числі органів МВС), де встановлено ці засоби. Відповідальність за технічну готовність апаратури і технічних засобів оповіщення та зв'язку ЦЗ, виконання організаційно-технічних заходів з попередження несанкціонованого запуску несуть підприємства електрозв'язку, що прийняли ці засоби на експлуатаційно-технічне обслуговування.

Категорично забороняється самостійно проводити відключення (перенесення на інше місце) апаратури і технічних засобів оповіщення та зв'язку ЦЗ без дозволу відповідного органу ЦЗ та НС. За самовільне відключення систем оповіщення посадові особи притягаються до відповідальності згідно із законодавством.

Для здійснення контролю за станом готовності систем централізованого оповіщення черговими службами органів ЦЗ та НС передаються контрольні сигнали (команди). Порядок та час їх передавання визначаються спеціальною інструкцією.

Отже, в підрозділі з безпеки в надзвичайних ситуаціях розглянуто такі важливі питання як: забезпечення стійкості роботи об'єктів зв'язку, радіомовлення і телебачення до дії вражаючих факторів надзвичайних ситуацій; організація та проведення оповіщення робітників і службовців підприємства та населення з використанням систем автоматизованого і централізованого оповіщення цивільного захисту на об'єкті що проектується.

## РОЗДІЛ 8 ЕКОЛОГІЯ

### 8.1 Актуальність екологічних проблем

Враховуючи глобальні та регіональні екологічні чинники і сучасні екологічні проблеми, зважаючи на зростання потреб суспільства у використанні природних ресурсів, на часі нагальним стає охорона навколишнього середовища.

Екологічна криза вже ступила на поріг третього тисячоліття, призводячи до загибелі джерел, великих і малих річок, деградації Чорного і Азовського морів, забруднення Дніпровських та інших водосховищ, озер та ставків. Через діяльність промислових підприємств і транспорту потерпають від задухи міста, від хімічного забруднення та ерозії втрачають родючість орні землі, збільшується кількість кислотних опадів, назавжди зникають деякі види рослин і тварин. Хворіють і вмирають люди, зменшується народжуваність, а серед тих, хто з'являється на світ – все більша кількість дітей із вродженими вадами, вадами розвитку, розумово відсталих та неповноцінних.

Біосфера сьогодні не спроможна подолати навалу екологічного бруду, її хворий, отруєний організм вже не здатний до ефективного самоочищення, саморегулювання й самовідновлення – він продовжує забруднюватися, що призводить до жахливих катаклізмів.

Відвернення глобальної екологічної кризи, відновлення природи сьогодні є найважливішим завданням людської спільноти. Вирішення цієї нагальної проблеми потребує відповідних змін в екологічній стратегії і тактиці, і, в першу чергу, в свідомості людей, вихованні в них екологічного світогляду та запровадження екологічної освіти.

## 8.2 Шкідливий вплив на довкілля при виготовленні медичних діагностичних систем

Технологічний процес виробництва електроміографічної системи складається з ряду типових операцій, що використовуються при виготовленні радіоапаратури будь-якого виду:

- штампування металічних частин корпусу;
- травлення друкованої плати;
- свердління отворів;
- промивка друкованих плат;
- маркування фарбою, покриття лаком;
- пайка, флюсування.

Кожна з вище перерахованих операцій використовує в своєму процесі хімічні речовини, залишки, відходи або випари які потребують нейтралізації для зменшення впливу на навколишнє середовище і здоров'я людей.

Механічні операції виготовлення деталей корпусу, штампування, свердління отворів друкованої плати створюють, перш за все, теплове забруднення, залишки використаних матеріалів: пластмаси, металеві стружки, металевого пилю, абразивного пилю, мономерів та органічних компонентів.

Операція травлення друкованої плати включає в себе нанесення захисної маски, а травлення покриття кислотними розчинами. Травлення такими розчинами потребує використання води для промивки, а це забруднює воду сполуками міді. Злив такої води заборонений, бо вона є небезпечною для оточуючого середовища.

Операція промивки друкованих плат в своєму процесі використовує спирто-бензинову суміш. При цьому в повітря виділяються пари спирту і бензину.

Великої уваги, в плані екології, потребують операції пайки друкованих плат. В процесі пайки використовуються переважно олов'яно-свинцевий припой та флюс – каніфоль. Як результат, в повітря попадають пари олова і свинцю, які є дуже шкідливими для навколишнього середовища.

Операція лакування і фарбування потребує використання лаку та, в основному, фарб на нітроемалевій основі. Сушка деталей після лакування проводиться в сушильних шафах (має місце надлишок тепла, який необхідно відводити) або на повітрі. В кожному випадку виділяються шкідливі випари розчинників лаку (епоксидні смоли), які потребують нейтралізації.

### 8.3 Заходи охорони довкілля при виготовленні медичних діагностичних систем

Одним з важливих при плануванні виробництва системи та розробці технології виготовлення складових частин апарату є оцінка і розрахунок впливу процесу на навколишнє середовище. Порівнюється величина граничнодопустимих норм і концентрацій з об'ємами викидів, що утворюються в процесі виробництва, плануються і впроваджуються заходи по-зменшенні відходів для кожної операції технологічного процесу.

Оскільки важливим є раціональне використання води для промивки в процесі травлення друкованих плат (та в інших операціях), створюють спеціальне каскадне використання води в спеціальних ваннах. Такий захід дає помітну економію води. Воду, забруднену іонами міді, очищають багатьма методами. Основним є реагентна очистка, в процесі якої додається реагент (гідроксид кальцію), що зв'язує мідь. Далі вода фільтрується і, для раціонального використання, знову використовується в технологічному процесі. Використовується також спосіб коагуляції – очищення води від колоїдних розчинів, що сприяє укрупненню частинок міді. Далі використовуються фільтри.

Процес, де наявні механічні операції, що створюють теплове, пилове забруднення, потребують наявності протяжно-витяжної вентиляції, зволоження повітря робочої зони. Вентиляційна система обладнується системою фільтрів, які затримують шкідливі для навколишнього середовища пил і тепло.

Операції лакування і фарбування друкованих плат, при виробництві проектного приладу, використовують методи нанесення матеріалу, які дозволяють зменшити до мінімуму викиди (нанесення пензликом малими кількостями). Крім того дані операції виконуються на спеціально обладнаних витяжною вентиляцією дільницях і закритих приміщеннях.

Оскільки операція пайки друкованих плат розділена на багато операцій (пайка окремих елементів), які виконуються на окремих робочих місцях, кожен робоче місце обладнується витяжною вентиляцією. Для зменшення шкідливих викидів в атмосферу (парів свинцю) використовується потужна вентиляційна система, яка складається з кількох ступенів.

Використання найновіших досягнень елементної бази при виробництві проектного приладу дозволило скоротити до мінімуму кількість дискретних елементів, для встановлення яких необхідно було б використати надлишок матеріалів.

З метою захисту довкілля ефективним є введення в дію окремих виробничих потужностей з охорони навколишнього середовища, до них відносяться:

- станції для очищення стічних вод;
- системи оборотного водопостачання;
- установки для вловлювання і знешкодження шкідливих речовин з повітря;
- підприємства і полігони з утилізації, знешкодження і захоронення токсичних промислових, побутових та інших відходів.

Оскільки безвідходне виробництво на даному етапі НТР неможливе, необхідно створювати ефективне очищення та утилізацію відходів виробництва, раціонально використовувати матеріали та природні ресурси, оскільки вони є запорукою існування всього живого на Землі.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В результаті виконання дослідження отримано наступні результати.

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

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

Проведено аналіз апаратно-програмного забезпечення, що використовується в області діагностики та корекції порушень звуковимови і встановлено, що існуючі АПК з корекції звуковими ви можуть бути використані і в якості діагностичних апаратів. Так порушення роботи голосових складок будуть чітко проявлятися в спектрі голосових сигналів, що являють собою голосні чи локалізовані звуки. А більшість розглянутих АПК мають можливість нехай і поверхневого але оцінювання спектру звуків чи слів. Однак таке оцінювання є чисто візуальним, тому важливим є розроблення методів автоматизованого діагностування голосового апарату, які могли б бути реалізовані у вигляді окремого модуля розглянутих АПК. Для цього необхідно провести аналіз процесу голосотворення та виділити ті ознаки голосу, які несуть діагностичну інформацію.

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

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

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

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

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

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



## Бібліографія

1. Шадріна Галина Михайлівна. Математична модель мовного сигналу для біотехнічної системи реабілітації функції мовного апарату : дис. ... канд. техн. наук: 01.05.02 / Шадріна Галина Михайлівна / Тернопільський держ. технічний ун-т ім. Івана Пулюя. – Тернопіль, 2001. – 172 с. - Бібліогр.: с. 134-146.
2. Фланаган Джеймс. Анализ, синтез и восприятие речи : пер. с англ. / Джеймс Фланаган ; [под ред. Пирогова А. А.]. – М. : “Связь”, 1968. – 396 с.
3. Фант Гунер. Акустическая теория речеобразования : пер. с англ. / Гунер Фант ; [под ред. Григорьева В. С.]. – М. : Наука, 1964. – 284 с.
4. 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.
5. Правдина О. В. Логопедия: учеб. пособ. / О. В. Правдина. – М., "Просвещение", 1973. – 272 с.
6. Поваляева М.А. Справочник логопеда / М.А. Поваляева. – Ростов-на-Дону: “Феникс”, 2002. – 448 с.
7. Компьютерные средства визуального контроля произношения в работе логопеда. <http://www.logoped.ru/profi/index.htm>
8. <http://logopedia.com.ua/Zvukovymova/zvukovymova4.htm>
9. Компьютерные средства обучения: проблемы разработки и внедрения. [www.logopunkt.ru](http://www.logopunkt.ru)
10. Компьютерные средства визуального контроля произношения в работе логопеда. [www.logoped.ru](http://www.logoped.ru)
11. Князева С.И. Использование программно-аппаратного комплекса (ПАК) “Видимая речь” при коррекции и автоматизации произносительных навыков глухих и слабослышащих школьников. – <http://dcnit.com.ua>

12. Сурдологопедический тренажер "Дэльфа-130". – <http://delfa.ru>
13. Техническая спецификация «Сурдологопедический тренажер «Дэльфа-130» и «Логопедический тренажер «Дэльфа-142» (версия 1.5 и 2.0). <http://www.satr.kz>
14. Логопедический тренажер "Дэльфа-142". – <http://delfa.ru>
15. Бачинський М.В. 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.
16. 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
17. 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
18. Голубинский А.Н. К вопросу о выделении модулирующего колебания из огибающей речевого сигнала / А.Н. Голубинский, О.М. Булгаков // Вестник Воронежского института МВД России. – Воронеж, 2009. – № 4. – С. 108-116.
19. 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.
20. Федоров Е.Е. Выделение длины периода основного тона речевого сигнала. / Е.Е. Федоров // Искусственный интеллект. – 2004, №1. – С. 237-242. – ISSN 1561-5367.
21. 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.

22. 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.

23. 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.

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

25. 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.

# ДОДАТКИ

УДК 519.218:612.78

**А. Іскра, Р. Небожук, Л. Дедів**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## **МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ПЕРІОДУ ОСНОВНОГО ТОНУ ГОЛОСОВИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ МЕДИЧНИХ ДІАГНОСТИЧНИХ СИСТЕМ**

В праці [1] розглядається задача медичної діагностики стану органів голосового апарату за результатами належного опрацювання голосових сигналів методами, які визначаються адекватною фізичній природі таких сигналів та поставленій задачі математичною моделлю голосових сигналів. Проводиться обґрунтування вибору математичної моделі голосових сигналів, зокрема вокалізованих фрикативних звуків, у вигляді періодично корельованого випадкового процесу. В працях [2,3] проведено опрацювання голосових сигналів синфазним методом, необхідність та коректність застосування якого визначається обґрунтованою у праці [1] математичною моделлю таких сигналів у вигляді періодично корельованого випадкового процесу. На першому етапі застосування синфазного методу опрацювання голосових сигналів проводиться обчислення оцінок стаціонарних компонент шляхом формування вибірок значень окремої реалізації голосового сигналу, взятих через період корельованості. При цьому необхідно знати інтервал існування та наближене значення періоду корельованості сигналу.

В працях [2,3] припущено, що значення періоду корельованості буде близьким або рівним значенню періоду основного тону (ПОТ), і відповідно задача пошуку періоду корельованості зведеться до задачі визначення ПОТ. Найпростішим методом знаходження ПОТ є піковий метод [4], що ґрунтується на оцінюванні часової структури голосового сигналу. Також, відомим є кепстральний метод обчислення основного тону [4]. В праці [4] описується метод визначення ПОТ, що ґрунтується на принципах лінійного передбачення. Однак, розглянутим методам притаманні недоліки, зокрема низька точність значення ПОТ.

Найпоширенішим методом знаходження ПОТ є автокореляційний. Початкова оцінка ПОТ визначається місцезнаходженням максимального значення автокореляції в межах визначеного інтервалу. Однак відомо, що на точність обчислення ПОТ за автокореляційною функцією можуть впливати обертони, присутні в сигналі, та гармоніки з вищою амплітудою. Для вирішення проблеми пропонується обчислити перетворення Фур'є від кореляційної функції. Гармоніки, з яких складається функція кореляції, перетворюються на спектральні піки, рознесені по частотам. Таким чином вирішується проблема розділення основного тону та обертонів і, відповідно, одержується оцінка спектральної густини потужності сигналу.

Оскільки ПОТ є змінним для різних дикторів, необхідно проводити обчислення періоду корельованості для кожної реалізації сигналу.

### **Література**

1. Драган, Я. Обґрунтування математичної моделі фрикативного звуку у вигляді періодично корельованого випадкового процесу / Я. Драган, Є. Яворська, В. Дозорський // Вісник Тернопільського національного технічного університету. – Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2010. – Т15. – №3. – С. 159–164.
2. Дозорський, В. Синфазний метод статистичного опрацювання фрикативних звуків для задач діагностики голосового апарату / В. Дозорський // Вісник Сумського державного університету. Технічні науки. – Суми : видавництво СумДУ, 2012. – № 3. – С. 16–21.
3. Драган, Я. Метод опрацювання фрикативних звуків для діагностики захворювань органів голосового апарату на ранніх стадіях / Я. Драган, В. Дозорський // Вісник Національного університету “Львівська політехніка”. Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – Львів : НУЛП, 2011. – № 694. – С. 376–382.
4. 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.