

**В.В. Гніліцький, к.т.н., доц.  
Т.С. Озерчук, аспір.**

*Житомирський державний технологічний університет*

### **АПАРАТНО-ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АНАЛІЗУ АКУСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ГОЛОСУ**

*У статті обґрунтована необхідність створення апаратно-програмного комплексу для діагностики голосу із врахуванням сучасних тенденцій розвитку технологій. Показана ефективність акустичної діагностики, комп'ютерної обробки і візуалізації сигналів.*

**Постановка проблеми.** Захворюваність голосового апарату за даними статистичних досліджень становить 40 %. В останні роки відзначено зростання кількості хворих з дисфонії (хвороба, внаслідок якої голос втрачає дзвінкість).

Найбільш схильні до розладів голосу особи голосо-мовних професій. Неправильна техніка голосоведення і, як наслідок цього, перенапруження голосового апарату є поширеними причинами виникнення порушень, які можуть спричинити за собою професійну непрацездатність.

Невміння володіти своїм голосом, неправильне дихання, нервові перевантаження, часті застуди, навіть прийом певних ліків, порушення охорони та гігієни співочого голосу, психоемоційні моменти – все це фактори, які підвищують ризик виникнення захворювань. Також у людей “голосових” професій на голосових зв'язках нерідко з'являються так звані співочі вузлики. Ці та інші доброякісні утворення рідко перероджуються. Стан голосу залежить не тільки від тривалості “говоріння”, а й від того, як ми це робимо. З кожним роком збільшується кількість професій, які вимагають підвищеного навантаження голосового апарату. У зв'язку з цим зростає потреба в правильній діагностиці та лікуванні осіб з голосовими розладами. Актуальність дослідження до того ж визначається недостатньою розробленістю ефективних методів постановки голосу осіб мовних і вокальних професій.

**Аналіз останніх досліджень.** У даний час для своєчасної та якісної діагностики захворювань голосу застосовують як традиційні (ларингоскопію, рентенографію), так і найсучасніші методи дослідження (макроларингоскопію і фіброскопію) [2], [10]. Кожен з них має певні переваги і недоліки. Але жоден з перерахованих методів не дозволяє оцінювати точно голосові розлади. Тому необхідно проводити пошук нових засобів діагностування або шукати шляхи вдосконалення існуючих.

**Метою роботи** є створення нової, модернізованої, надійної системи для діагностики голосу з сучасною обробкою інформації, її збереженням та візуалізацією.

**Викладення основного матеріалу.** Голос – це сукупність найрізноманітніших за частотою, інтенсивністю і тембром звуків, які видаються людиною за допомогою голосового апарату. Людський голос – явище унікальне. Це безцінний дар, завдяки якому людина отримує можливість висловлювати свої думки, спілкуватися з людьми, які її оточують, досягати визнання у суспільстві, робити кар'єру.

Голосовий тракт людини є складною системою, координація складових якої контролюється вищими відділами головного мозку. Голосовий апарат складається з:

- первинного генератора звуку (гортань);
- енергетичного відділу (легені);
- резонаторів (порожнини носа і носоглотки, глотка, трахеї, бронхи);
- артикуляційного відділу (м'язи шиї, язик, м'яке піднебіння, зуби, нижня щелепа).

Процес голосоутворення базується на тонкому механізмі функціональної кореляції взаємодії зазначених органів з їх біологічними зворотними зв'язками на основі слухового, вібраційно-тактильного й проприоцептивного аналізаторів, функціональний стан яких контролюється й управляється руховими, емоційними й ментальними центрами центральної нервової системи.

Порушення нормальної морфофункціональної структури кожного із цих відділів негативно позначається на процесі голосоутворення й голосоведення, призводить до розвитку функціональних і органічних дисфоній [3].

Аналіз складного звука спрощується при спектральному представленні [5], [8]. Спектр голосу можна поділити на три основних смуги, що відповідають головним мовним компонентам – основі, голосним і приголосним [6]. Більш інформативним методом визначення якості голосу є спектральний аналіз голосних, що дозволяє поряд з характеристиками основного тону оцінити обертоновий і формантний склад звука (являє собою область підсиленних завдяки резонансу обертонів, на спектрах має вигляд “піків”). Кількість і сила звучання обертонів залежить від особливостей будови гортані, а також від величини й форми резонуючих порожнин.

Виникнення обертонів пов'язане з тим, що голосові зв'язки, подібно до струн, коливаються не тільки всією своєю довжиною, роблячи основний тон, але й своїми все коротшими частинами-половинами,

третинами, чвертями. Амплітуда цих парціальних (часткових) коливань дедалі зменшується, а їхня частота зростає (обернено пропорційно довжині хвилі коливань). Гармонійні обертони прикрашають основний тон, а негармонійні (які спостерігаються при різних захворюваннях голосового апарату) погіршують його темброве забарвлення.

В основі визначення гармонійного складу складного коливання найпоширенішим є перетворення Фур'є. Пара перетворень Фур'є визначає зв'язок між аперіодичною функцією часу та її комплексним спектром: для визначення миттєвого спектра на даний момент використовується швидке перетворення Фур'є. Однак ведуться роботи з використання інших підходів для одержання спектральної інформації, наприклад, за допомогою цифрових смугових фільтрів з постійною відносною шириною смуги пропускання. Також перспективним є застосування останніх тенденцій цифрової обробки сигналів у медицині, зокрема звичайного вейвлет-перетворення [9] і різних його модифікацій.

Фонація мовних звуків, переважно голосних, викликає вібрацію тіла, що утягує резонанси й співзвуччя голосоутворюючого апарату. Вібрації тіла несуть інформацію як про морфофункціональний стан органів голосоутворення й голосоведення, так і про вплив даної патології на голос [1].

Характерною властивістю резонатора є те, що він реагує на певну частоту звука, що збігається з його власним тоном або з парними і непарними обертонами. Чим менший розмір резонатора (обсяг повітря), тим вищий власний тон резонатора (чим вища частота звуку, тим коротша довжина хвилі). При будь-якому захворюванні порожнини носа й біляносових пазух їх обсяг змінюється убік зменшення або збільшення, змінюється пружність слизової оболонки, знижується рефлекторна активність закінчень трійчастого нерва. Тому навіть клінічно мало виражені захворювання носа й біляносових пазух в осіб голосо-мовних професій викликають погіршення якості голосу: зниження звучності, зменшення в голосі "металу", поява некрасивих відтінків і матовості [4].

Для вивчення можливості виявлення патології голосоутворюючої системи за акустичними показниками мовного сигналу зусиллями Житомирського державного технологічного університету й Інституту отоларингології ім. А.С. Коломийченка АМН України на основі комплексного використання апаратних і програмно-алгоритмічних засобів розробляється апаратно-програмний комплекс. Даний комплекс призначений для введення, обробки, збереження, візуалізації та визначення основних параметрів акустичних коливань (голосу), з метою подальшого аналізу голосу в нормі та при порушеннях голосоутворення, а також поліпшення якості діагностики та лікування голосових порушень.

При створенні комплексу необхідно вирішити такі завдання:

- створити апаратний комплекс пристроїв отримання сигналів від хворого для їх подальшої обробки та зберігання;
- розробити програмне забезпечення для фільтрації сигналу;
- розробити програмне забезпечення, яке буде представляти інформацію лікарю;
- створити банк даних пацієнта із включенням попередніх необхідних обстежень;
- удосконалити підсистему імпорту/експорту записів пацієнта з відповідними введеннями даних та результатами їх аналізу;
- зберегти масиву акустичних записів сигналів для кожного з пацієнтів для надання можливості проведення порівняльного аналізу зміни показників голосоутворення в часі (до і після лікування);
- розробити програмне забезпечення для попередньої діагностики пацієнта, яка оцінює його стан і видає лікарю рекомендацію з лікування.

Для обробки голосу необхідно попередньо записати його в оперативну пам'ять комп'ютера. Як відомо, мовний сигнал формується й передається в просторі у вигляді звукових хвиль. Джерелом мовного сигналу служить мовостворюючий тракт, що збуджує звукові хвилі в пружному повітряному середовищі. Приймачем сигналу є мікрофон, пристрій для перетворення звукових коливань в електричні. Чутливим елементом мікрофону будь-якого типу є пружна мембрана, що втягується в коливальний процес під впливом звукових хвиль. Мембрана пов'язана з елементом, що перетворить коливання мембрани на електричний сигнал. З виходу мікрофона сигнал подається на вхід звукової карти персонального комп'ютера.

Сигнал можна ефективно оброблювати цифровими методами, а саме методом цифрової фільтрації. Фільтрацію можливо виконати за допомогою цифрових фільтрів. Її також застосовують для спектрального оцінювання заданого сигналу [7]. Спектр дозволяє виявити в складному звуці обертони (верхній тон: якщо основний тон має висоту 100 Гц, то обертони матимуть висоту 200, 400, 800, 1600 Гц і т. д.) з частотами від 40 до 20000 Гц – практично весь чутний для людського вуха діапазон частот. Графічне відображення, що виходить при розкладанні звука на екрані, має назву спектра звука, а окремі піки, що складаються з групи обертонів і впливають на розпізнавання мовних звуків, мають назву формантів.

Припускається, що в кожній голосній міститься один, два характеристичних тони – одна, дві форманти. Але детальні дослідження показали, що їх у голосній більше: три, чотири і навіть п'ять. Кожна з цих мовних формант впливає на розпізнавання звуків, однак найважливішими виявляються перші дві.

Визначальними в розпізнаванні голосних звуків є перші дві форманти. Наприклад, за даними звука, що відповідає літері *А*, – це приблизно 700 і 1200 Гц, для *О* – 400 і 800 Гц, для *У* – 300 і 700 Гц, для *І* – це 200 і 2200 Гц, для *И* – 300 і 1900 Гц, для *Є* – 400 і 1 600 Гц. У різних людей форманти в одних і тих самих голосних звуках трохи відрізняються за своїм частотним положенням – висотою, шириною та інтенсивністю (у дитячому та жіночому голосі всі форманти трохи вищі, ніж у чоловічому). Індивідуальні особливості формант, а також присутність у голосі ще й інших специфічних для кожної людини обертонів якраз і визначають неповторний, властивий тільки її голосу тембр.

До апаратної частини входить персональний комп'ютер (ПК) з необхідними характеристиками або ноутбук та модуль введення акустичних коливань до ПК. Модуль введення сигналів має такі можливості та характеристики:

- можливість введення до персонального комп'ютера сигналів з датчиків, мікрофону;
- частотний діапазон акустичних коливань, зафіксованих з мікрофону – 40...10000 Гц;
- динамічний діапазон датчика-мікрофону не менше 50 дБ;
- кількість аналогових каналів – 2;
- максимальна частота дискретизації – 40к Гц;
- рівень власних шумів  $\leq -50$  дБ;
- апаратне (регулятор на панелі пристрою введення) та програмно регульоване підсилення вхідного аналогового сигналу.

Програмна частина комплексу складається з таких підсистем:

1. Підсистема підтримки бази даних пацієнтів.
2. Підсистема аналізу та обробки акустичних сигналів з такими функціями:
  - введення сигналів з пристрою введення;
  - обробка сигналів;
  - збереження сигналів;
  - візуалізація сигналів, представлених у часовій та частотній формах;
  - експрес-діагностика сигналів.

Діагностичний комплекс має задовольняти принципи зручності використання, універсальності, гнучкості, у зв'язку з цим стає доцільним використання програмного середовища Windows, що має інтуїтивний інтерфейс користувача, дає змогу краще навчити медичний персонал працювати з комплексом.

**Висновки.** Таким чином, для створення програмно-апаратного комплексу функціональної діагностики голосових захворювань необхідно використовувати сучасну версію персонального комп'ютера зі звуковою картою. Програми аналізу сигналів розроблюються для операційного середовища Windows. Комплекс може застосовуватись не тільки для діагностики та лікування голосових розладів, а й для підтримання голосу в належному стані та покращення звучання тону голосу. Даний комплекс може бути корисним для співаків та людей “голосових” професій. Тому його розробка та впровадження є досить актуальними у наш час.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. *Акопян А.И.* Оценка состояния голосовой функции у профессионалов голоса в норме и при патологии голосового аппарата / *А.И. Акопян, И.А. Воронцова, Т.Е. Шамшева* // Тез. докл. научно-практ. конф. отоларингологов итоговой сессии Ленингр. НИИ уха, горла, носа и речи. – Л. : Б. И, 1999. – С. 109–111.
2. *Боечко С.К.* Восстановление голоса после ларингэктомии / *С.К. Боженко, В.В. Толчинский, Н.Г. Мироненко* // Журн. вуш., нос. і горл. хвороб. — 2006. — № 3. — С. 69–79.
3. *Вовк И.В.* Шумы дыхания человека, объективизация аускультативных признаков/ *И.В. Вовк, В.Т. Гринченко, С.Л. Дахнов, В.В. Крижановский, В.Н. Олійник* // Акуст. вісн. – 2000. – № 3 – С. 11–32.
4. *Дмитрієв Л.Б.* Основы вокальной методики/ *Л.Б. Дмитрієв.* – М., 2007. – 446 с.
5. *Павлихин О.Г.* Роль спектрального компьютерного анализа в определении типа голоса певца и профилактике заболеваний голосового аппарата у вокалистов / *О.Г. Павлихин, А.П. Мешеркин* // Вестник оториноларингологии. – № 1. – 2003. –С. 9–11.
6. *Семчук О.Б.* Методика проведення комп'ютерного спектрального аналізу голосу за допомогою програм-звукових редакторів / *О.Б. Семчук* // Журн. вуш., нос. і горл. хвороб. — 2006. — № 3. — С. 66–68.
7. *Сидоренко В.В.* Використання теорії елементарних хвиль для обробки медичних сигналів / *В.В. Сидоренко* // Вісник ЖІТІ. – № 4. – 1996. – С. 185–187.
8. *Харуто А.В.* Музыкальная информатика. Компьютер и звук. Московская государственная консерватория им. П.И. Чайковского. – 2000. – 387 с.

9. *Яковлев А.Н.* Основи вейвлет-перетворення сигналів / *А.Н. Яковлев* // Физмат. – 2008. – 387 с.
10. *William Thorpe.* A microcomputer-based interactive sound analysis system / *William Thorpe* // CMRiM. – 2009. – Vol. 36. – № 1. – P. 79–86.

ГНІЛЦЬКИЙ Віталій Васильович – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри автоматичного управління в технічних системах Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– цифрова обробка сигналів;

– інформаційні системи.

Тел.: 0(412)37–84–82.

E-mail: [gnil@ztu.edu.ua](mailto:gnil@ztu.edu.ua)

ОЗЕРЧУК Тетяна Сергіївна – аспірант кафедри автоматичного управління в технічних системах Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– цифрова обробка медичних сигналів.

Тел. : 0(412)22–70–24

E-mail: [angel-kts@mail.ru](mailto:angel-kts@mail.ru)

Подано 09.01.2010

**Гнілицький В.В., Озерчук Т.С.** Апаратно-програмний комплекс для аналізу акустичних параметрів голосу

**Гнилицкий В.В., Озерчук Т.С.** Апаратно-програмный комплекс для анализа акустических параметров голоса

УДК 615.84

**Апаратно-програмный комплекс для анализа акустических параметров голоса / В.В. Гнилицкий, Т.С. Озерчук**

В статье обоснована необходимость создания аппаратно-программного комплекса для диагностики голоса с учетом современных тенденций развития технологий. Указана эффективность акустической диагностики, компьютерной обработки и визуализации сигналов.

УДК 615.84

**Апаратно-програмный комплекс для анализа акустических параметров голоса / В.В. Гнилицкий, Т.С. Озерчук**

The article justified the need for hardware and software diagnostics to vote with regard to modern trends in technology. Shows how the acoustic diagnostics, computer processing and visualization of signals.