

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. АБУ РАЙХАНА БЕРУНИ

Факультет «Электроника и автоматика»
Кафедра «Приборостроение»

На правах рукописи

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

для получения степени бакалавра

по направлению 5523900 «Биомедицинская инженерия»

Раджабова Нилуфар Саматовна

Тема «Исследование спектрограмм голоса

с использованием пакета Matlab»

Заведующий кафедры:

доц. С.А. Васильева

Руководитель

проф. Х.Э. Шайхова

Ташкент - 2014

Аннотация

Квалификационная выпускная работа состоит из введения, обзорной и основной частей.

Во введении представляются сведения о возможностях среды Matlab по цифровой обработке сигналов, включая спектральную обработку голоса человека и обосновывается актуальность темы выпускной работы.

В обзорной части приводятся данные об оториноларингологии, и рассматриваются вопросы, связанные с образованием голоса, использованием компьютерных технологий для реабилитации и коррекции голосовых нарушений.

В основной части рассматриваются программная реализация обработки гласных звуков в пакете Matlab. Голосовые сигналы мужского и женского голосов обрабатываются методом спектрального анализа с получением спектрограмм. Оценки осуществляются на основе объективных показателей акустических характеристик голоса в пении и речи путем сравнения с эталоном звучания гласных звуков до и после лечения функциональных расстройств. Подробно освещается написание программы встроенным языком Matlab.

В результате выполненной работы исследованы возможности применения пакета Matlab в обработке голосовых файлов.

Содержание

Стр.

Введение.	
1. Обзорная часть. Обзор состояния и перспектив развития исследования спектрограмм голоса с использованием пакета Matlab. .	
1.1. Компьютерный анализ звуков в среде Matlab методом цифровой обработки сигналов.	
1.2. Фонологическая информация.	
1.3. Разработка диагностики нарушений голосовой функции и её реабилитация на основе спектрального анализа в системе Matlab . .	
1.4. Исследование голосообразования и звукопроизношения с использованием цифровой обработки сигналов.	
2. Основная часть. Исследование спектрограмм голоса с использованием пакета Matlab.	
2.1. Характеристики голоса.	
2.2. Запись и считывание данных из речевого сигнала в Matlab. .	
2.3. Спектрограмма.	
2.4. Операции над звуковыми файлами в Matlab.	
2.5. Исследование мужского и женского голосов.	
3. Экономическая часть.	
4. Безопасность жизнедеятельности.	
Заключение.	
Список литературы.	

Введение

Существует множество научных работ, связанных с обработкой речи как звукового сигнала, созданы разнообразные математические модели речевого аппарата (РА) человека. Вся эта деятельность направлена преимущественно на решение задач распознавания и синтеза речи. С другой же стороны, врач-оториноларинголог (ЛОР) при диагностике заболеваний РА ограничен результатами вредных рентгенологических либо инвазивных методов исследования и, конечно, собственным опытом. В настоящее время предпринимаются попытки расширить возможности врача с помощью компьютерной диагностики [1].

В этих целях применяется дорогостоящее программное обеспечение (ПО): Sound Forge, WaveLab, Voicel и др. Это ПО имеет широкий функционал в обработке звуковых сигналов как таковых, но не предназначено непосредственно для диагностических целей и требует специальной подготовки для его использования. Большинство же созданного пока в помощь врачам ПО является не более чем реализацией части функционала вышеописанных продуктов.

Таким образом, до сих пор остается открытым вопрос о создании ПО по обработке голоса человека.

Появившаяся в начале 60-х годов и быстро увеличивающая свою мощность компьютерная техника позволила решать многие научные и инженерные задачи, которые не поддавались ранее решению аналитическими методами. К середине 70-х годов было накоплено большое количество алгоритмов численного решения таких задач. Образовались целые библиотеки алгоритмов. К числу лучших из таких библиотек следует отнести библиотеки матричных алгоритмов LINPACK и EISPACK департамента энергетики США. Эти библиотеки - собрание тщательно проверенных и оптимизированных алгоритмов, разработанных в течение многих лет ведущими мировыми специалистами. Они фактически представляют собой

современное состояние численных методов для научных и инженерных целей. С появлением этих библиотек появилась также необходимость обеспечить кратчайший доступ широкой аудитории инженерных и научных работников к этому изобилию алгоритмов. Собственно говоря, создание языка Matlab (сокращенно от MATrix LABoratory - матричная лаборатория) и было обусловлено этой необходимостью [2].

Когда в 1978г. Cleve Moler, разработчик системы Matlab, предложил в качестве основного объекта языка Matlab использовать двумерный массив (матрицу), не требующий задания размерности, возможно, он не предполагал насколько эффективным окажется новый язык для написания матричных алгоритмов.

Matlab за прошедшие годы приобрел большую популярность, постепенно переместившись с больших вычислительных систем на персональные компьютеры, а сама программа вместе со всеми профессиональными приложениями, превратилась в мощную систему, охватывающую широкий спектр научных, инженерных и экономических применений.

Matlab содержит инструменты для сбора данных; анализа и обработки данных; визуализации и цифровой обработки сигналов и изображений; создания алгоритмов и проектирования; моделирования и имитации; программирования и разработки приложений.

Matlab выполняет множество компьютерных задач для поддержки научных и инженерных работ, начиная от сбора и анализа данных до разработки приложений. Среда Matlab объединяет математические вычисления, визуализацию и мощный технический язык. Встроенные интерфейсы позволяют получить быстрый доступ и извлекать данные из внешних устройств, файлов, внешних баз данных и программ. Кроме того, Matlab позволяет интегрировать внешние процедуры, написанные на языках Си, Си++, Фортран, и Java с Matlab - приложениями.

Используемый более чем полумиллионом пользователей: в промышленности, государственных, академических и учебных организациях, Matlab фактически стал принятым во всем мире стандартом для технических вычислений. Matlab имеет широкий спектр применений, включая цифровую обработку сигналов и изображений, проектирование систем управления, естественные науки, финансы и экономику, а также приборостроение. Открытая архитектура позволяет легко использовать Matlab и сопутствующие продукты для исследования данных и быстрого создания конкурентоспособных пользовательских инструментов.

Развитие электроники и компьютерных технологий привело к использованию мультимедийных устройств для записи, хранения и воспроизведения звуковых данных. Голос также является звуковым сигналом и несет важную информацию о голосообразующей функции гортани. Это позволяет с помощью специальных компьютерных программ проводить его акустический анализ при различных заболеваниях гортани. Акустическим аналогом голоса является его спектр. Наиболее достоверные результаты получаются при усредненном спектральном анализе длинных отрезков спонтанной речи.

Он успешно применяется как при акустическом анализе патологических голосов [3], так и для определения качества голоса в спонтанной речи здоровых субъектов. Гортань здорового человека не способна воспроизводить абсолютно устойчивую частоту голоса. Каждый период будет, так или иначе, отличаться от последующего по частоте и амплитуде. Степень частотной нестабильности (пертурбации) вибрационной способности складок называется jitter. На его величину оказывают влияние структурные и биомеханические различия между голосовыми складками, нарушение состояния их слизистой оболочки, а также аэродинамические изменения в гортани [3]. Показатель измеряется в процентах и имеет тенденцию увеличиваться при охриплости. Степень амплитудной нестабильности вибрации голосовых складок называется shimmer.

Показатель измеряется в дБ, возрастая при увеличении массы складок и нарушении иннервации гортани. Любой голос всегда содержит определенное количество шума. Чем больше выражена охриплость, тем выше его уровень.

Целью данной выпускной работы явилось исследование акустических данных голоса человека на основе спектральных данных в среде Matlab. Полученные результаты могут быть использованы для сравнения данных до и после лечения больных с функциональным изменением голоса.

Обзорная часть. Обзор состояния и перспектив развития исследования спектрограмм голоса с использованием пакета Matlab

1.1. Компьютерный анализ звуков в среде Matlab методом цифровой обработки сигналов

Благодаря таким качествам Matlab и Simulink, как интегрированная разработка алгоритмов, возможность генкода и большое количество функций анализа данных, разработка приложений для цифровой обработки сигнала (ЦОС) значительно упрощается и ускоряется. Обеспечивая инженеров языком рабочего общения, Matlab сокращает разрыв между идеей, научными исследованиями и конечным продуктом. Его открытая архитектура позволяет работать во взаимодействии с другими программными средствами и системами в реальном времени. С помощью Matlab разработчик может проверять свои идеи, просчитывать допуски и генерировать решения, удовлетворяющие самым требовательным запросам [4].

Быстрая разработка приложений для ЦОС. Matlab ускоряет проектирование приложений благодаря интеграции в единой среде таких разноплановых средств как язык работы с матрицами, визуальное моделирование, автоматическая генерация программного кода и дополнительным пакетам программ для самых разных областей знаний.

Инженеры находят Matlab идеальным средством для обработки сигналов. Его мощный язык матричных вычислений естественен для представления сигналов и разработки алгоритмов для ЦОС. Написание программы в Matlab занимает малую долю времени по сравнению с программированием на C/C++ без какой-либо потери гибкости или качества.

Дополнительные пакеты прикладных программ Matlab (Toolboxes) и блоков Simulink являются богатейшим источником готовых функций, базовых блоков для построения моделей и визуальных средств работы с сигналами. Это обеспечивает прекрасную основу для собственных алгоритмов

и программ пользователя. Simulink, как составная часть комплекта продукции Matlab для обработки сигналов, позволяет быстро проектировать, моделировать и тестировать системы ЦОС, используя интерактивное визуальное моделирование с помощью диаграмм. Simulink помогает анализировать работу алгоритмов уже на самых ранних стадиях разработки программ. По мере приближения разработчика к окончательной реализации своих планов ему не становится сложнее модифицировать свой алгоритм - детализация приложения или дальнейшее приближение к реальным условиям несколько не усложняет задачу программиста. Matlab Toolboxes содержат самые современные алгоритмы, снабженные документацией и подробным руководством по использованию. Они помогают разработчику быть в курсе последних новинок в области цифровой обработки сигналов, таких как вейвлеты или современный спектральный анализ, и применять их в собственных исследованиях (рис.1).

Matlab и Simulink позволяют осуществлять автоматическую генерацию программного кода ваших приложений Real-Time Workshop способен генерировать код стандарта ANSI C для работы со встроенными платами. Matlab Compiler конвертирует алгоритмы, реализованные на языке Matlab в C/C++ код, что во взаимодействии с Math Libraries позволяет создавать автономные приложения.

Команды разработчиков могут взаимодействовать, используя Matlab в качестве языка общения и базового проектирования. Эта открытая система позволяет легко модифицировать исходный код, связывать внешние программы и данные, разделять идеи и программы для работы на платформах PC, UNIX и Macintosh.

Разработка алгоритмов и моделей Matlab и Simulink предлагают альтернативный традиционному способ проектирования приложений для цифровой обработки сигналов. Адаптируются ли стандартные алгоритмы, или создаются собственные, интегрированные в Matlab Simulink ускоряет

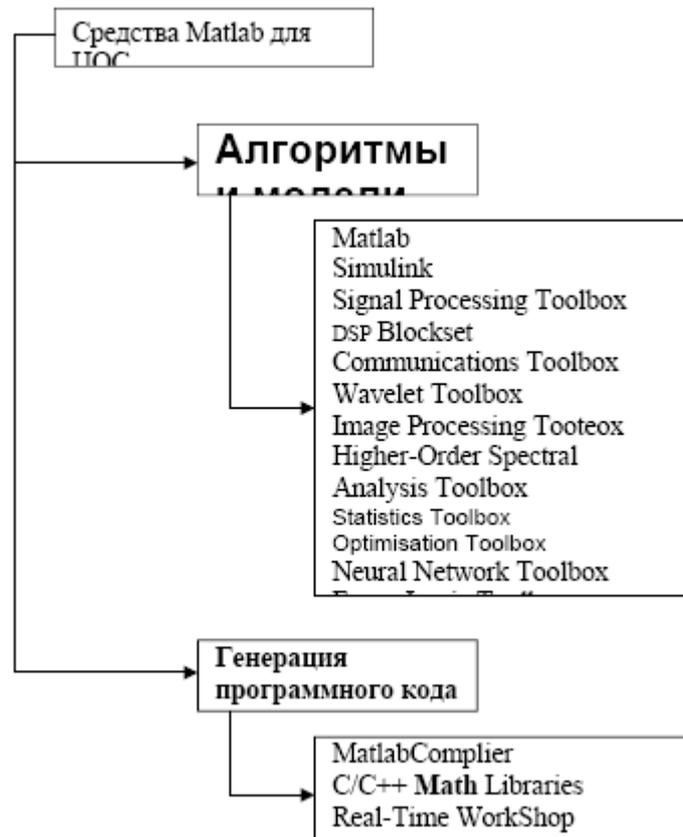


Рис.1. Средства Matlab для цифровой обработки сигналов.

процесс создания приложения хотя бы потому, что позволяет экспериментировать с различными подходами к решению задачи.

Язык Matlab идеален для программирования алгоритмов для цифровой обработки сигналов. Поскольку основным элементом языка является массив, разработка алгоритмов в точности такова, как будто привычно записываются математические формулы. Кроме того, можно выбирать алгоритмы из обширной коллекции проверенных математических функций и функций обработки сигналов Matlab.

В отличие от программирования на C или C++ не нужно начинать программу с нуля или думать о том как подсоединить сложные библиотеки. Ваши поиски в интерактивном режиме приведут к полнофункциональному, прекрасно отлаженному алгоритму. Блок-диаграммы Simulink отражают иерархическую структуру моделей, упрощающую проектирование систем ЦОС и моделирование их поведения (рис.2).

Блок Simulink может представлять собой отдельный элемент системы, большую подсистему или нечто среднее между ними. Каждый блок можно модифицировать, настраивать в соответствии с необходимостью и получать в точности такое поведение системы, которое в каждом конкретном случае, не прибегая к традиционному программированию. С помощью Simulink можно интерактивно или программно изменять параметры модели в ходе самого моделирования. Сменные блоки выводить на дисплей анализа частот и др. позволят анализировать работу системы налету.

Simulink может работать как с непрерывными, так и с дискретными системами. Таким образом, можно без труда моделировать сложные системы, включающие изменяющиеся во времени компоненты (подсистемы) наряду с аналоговыми компонентами.

Можно включать в проект внешние программы, написанные на C, C++ или Фортране как динамически связываемые объектные модули можно вызывать из любой функции Matlab или блока Simulink. Используя такой

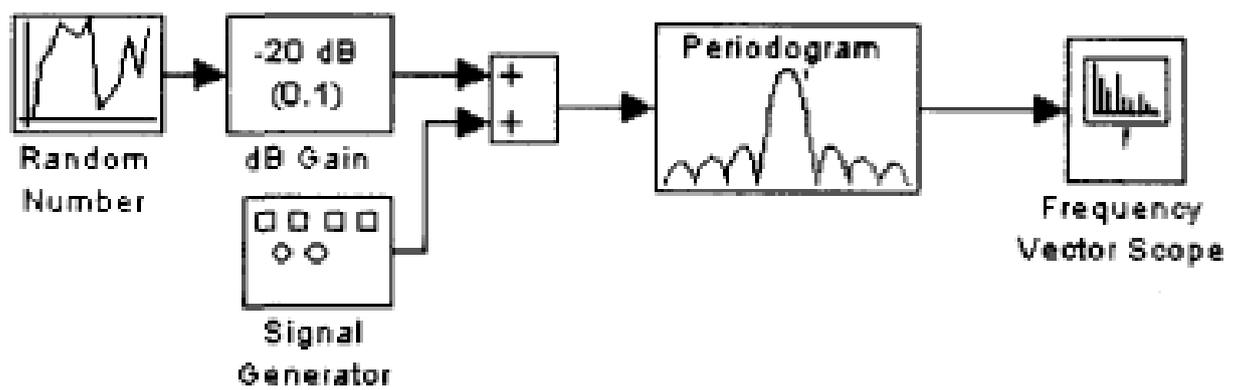


Рис.2. Модель Simulink.

открытый подход, можно сохранить проверенные временем разработки и создавать библиотеки для целевых приложений.

Matlab и Simulink дают возможность каждому члену группы разработчиков проекта просматривать, осмыслив модифицировать алгоритм на всем протяжении цикла его разработки, от первоначальной идеи до работы приложения в реальном времени.

Инструментарий для обработки сигналов. Средства обработки сигналов в Matlab базируются на мощных библиотеках линейной алгебры и обработки. Среди их более 1000 функций суммирование и умножение матриц и векторов, вычисление сингулярных чисел, анализ собственных значений, статистика, фильтрация, свертки, корреляция и быстрое преобразование Фурье.

В Signal Processing Toolbox включены современные средства проектирования фильтров, спектрального анализа обработки сигналов DSP Blockset дополняет библиотеки Simulink блоками адаптивной фильтрации.

Image Processing Toolbox представляет собой робастное средство для совершенствования, реставрации, фильтрации изображений и операций над отдельными областями.

Optimisation Toolbox позволяет настраивать параметры проекта, чтобы удовлетворить наложенным ограничениям например, на потребление энергии.

Statistics Toolbox включает моделирование стохастических процессов, аппроксимацию, различные статистические средства для многих приложений – от распознавания образов до тестирования и обработки результатов измерений

Symbolic Math Toolbox предоставляет доступ к ядру символьных вычислений для решения уравнений и расчете с произвольной точностью.

Communications Toolbox предлагает гибкий открытый подход к моделированию коммуникационных систем. Можно комбинировать и

настраивать более 100 функций Matlab и блоков Simulink для виртуальной модели всех деталей коммуникационных систем,

Wavelet Toolbox – современное графическое средство для анализа нестационарных сигналов в задачах сжати подавления шумов и др.

Neural Network Toolbox и Fuzzy Logic Toolbox созданы для того, чтобы помочь использовать в своих исследованиях нейронные сети и нечеткую логику. Среди их приложений адаптивная фильтрация, распознавание образов и моделирование нелинейных систем.

Higher-Order Spectral Analysis Toolbox включает методы высокого порядка, справляющиеся с нелинейностью, негауссовыми сигналами, дающими о себе знать в задачах акустики, обработки векторных сигналов и др.

Среди других дополнительных пакетов Matlab - System Identification Toolbox и Frequency Domain System Ident Toolbox для параметрического моделирования и оценивания. Control System Toolbox для проектирования систем управления, анализа устойчивости систем с обратной связью.

Современный набор программ Matlab для обработки сигналов помогает инженерам, работающим в области ЦОС быть в курсе последних достижений науки и технологии. Прекрасная документация, множество примеров позволят без труда разобраться в новых методах и включить их в свой арсенал. Тысячи пользователей Matlab разрабатывают программы, пишут книги и создают веб-сайты, помогающие их коллегам использовать и самим реализовывать алгоритмы ЦОС в Matlab.

1.2. Фонологическая информация

Фонологическая информация характеризует состояние голосового аппарата по формированию гласных звуков, т.е. нарушение голоса [5]. К примеру, при различного рода простудных заболеваниях (острый ларингит) голос приобретает сиплый характер (дисфония) или вообще пропадает

(афония) ввиду несмыкания голосовых связок. Острый ринит приводит к характерной при насморке гнусавости тембра. Фониатрическая информация является важным диагностическим показателем степени выраженности профессиональных нарушений голоса (у лекторов, педагогов, певцов, актеров и др.) и используется врачами-фониатрами в клинической практике (фоническое прослушивание). Применение современной аппаратуры позволяет объективизировать этот вид диагностики, придав ему количественные критерии (нарушение силы голоса, тембра по спектральным характеристикам и т.п.).

Весьма распространенным профессиональным заболеванием этого вида является фонастения, характеризующаяся слабостью голоса, уменьшением звуковысотного и динамического диапазонов и др. В отличие от острых воспалительных заболеваний фонастения характеризуется отсутствием видимых их проявлений в лорорганах, что заставляет искать ее причины в переутомлении центрально-нервных механизмов регулирования голосового аппарата.

1.3. Разработка диагностики нарушений голосовой функции и её реабилитация на основе спектрального анализа в системе Matlab

Существует множество научных работ, связанных с обработкой голоса как звукового сигнала и направленных преимущественно на решение задач распознавания и синтеза речи. С другой стороны, врач-оториноларинголог и фонологи при диагностике заболеваний речевого аппарата ограничены результатами рентгенологических либо инвазивных методов исследования и собственным опытом.

В настоящее время предпринимаются попытки с помощью компьютерной диагностики расширить возможности врача с применением дорогостоящего программного обеспечения (ПО): Sound Forge, WaveLab и др. Это ПО имеет широкие возможности в обработке звуковых сигналов, но

не предназначено непосредственно для диагностических целей и требует специальной подготовки для его использования. Большинство же созданного в помощь врачам ПО является реализацией части функционала указанных пакетов. Таким образом, вопрос о создании специализированного простого в обращении ПО и задача разработки методики использования такого ПО остаются злободневными.

Разрабатывается и создаётся ПО, помогающее врачам-оториноларингологам, фоониаторам, логопедам в диагностике функциональной патологии и восстановления голосоречевых данных преподавателей, певцов, дикторов, актеров разговорного жанра [6]. Разработанный алгоритм опирается на существующие методы цифровой обработки сигналов (ЦОС), в частности – на спектральный анализ.

Реализация анализа и обработки спектра голоса проводится в среде Matlab 7.01. Для получения спектра звукового сигнала применяется быстрое преобразование Фурье (БПФ). БПФ производится над записью голоса, хранящейся в файле форматом WAVE, с частотой дискретизации 44 kHz и размером аудио образца 16 bit.

Наиболее информативный участок спектра такой записи голоса представителя голосоречевой профессии, произносящего гласную “А”, представлен на рис.3. Применение фильтра скользящего среднего позволяет выделить на спектре участки, которые несут наиболее важную информацию – расположение пиков и их амплитуды.

Гласные звуки классифицируют как вокализованные и образуются при прохождении слабой струи воздуха через голосовой аппарат человека при ритмично колеблющихся голосовых связках [7], в отличие от согласных звуков, при образовании которых возникают завихрения потока, дающие согласным шумовую основу (рис.4).

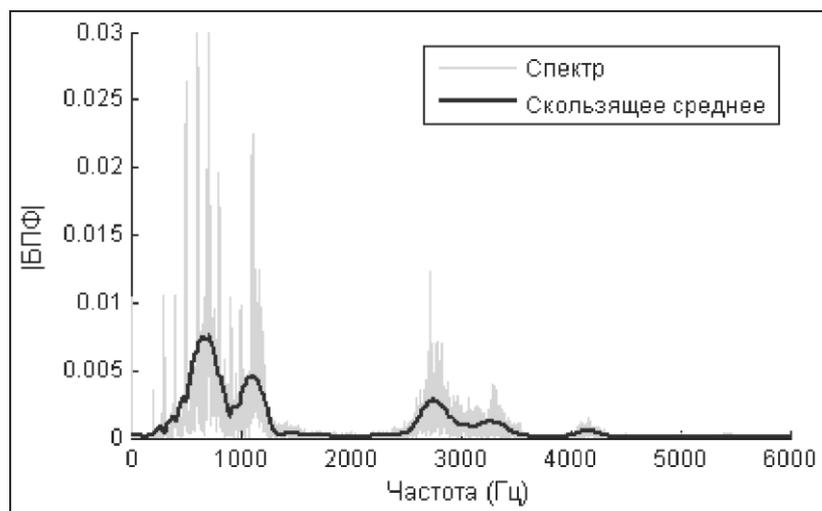


Рис.3. Пример спектра голоса при произнесении буквы «А».

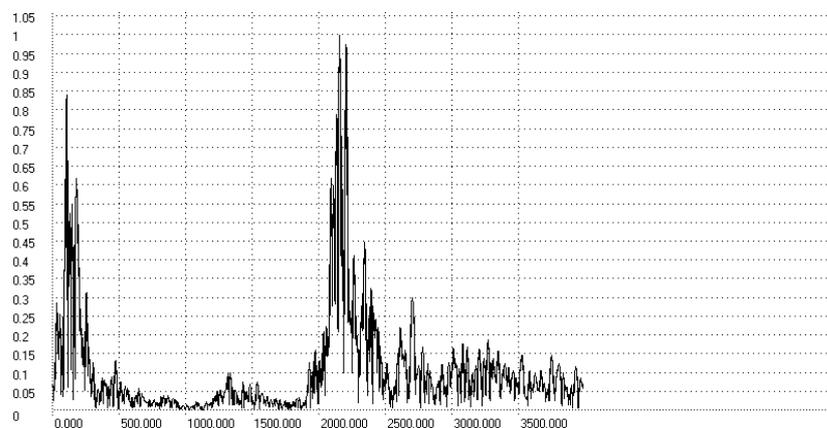


Рис.4. Амплитудный спектр звука «Ш».

Алгоритм создаваемого ПО можно представить следующей схемой:

- 1) на компьютер с помощью микрофона производится запись голоса пациента, произносящего различные гласные и согласные звуки;
- 2) применение БПФ для получения спектра записанного голоса;
- 3) к спектру применяется фильтр скользящего среднего;
- 4) полученная кривая сравнивается с аналогичной кривой для голоса, записанного ранее (день, неделю, месяц назад);
- 5) результаты сравнения представляются в наглядном графическом виде либо группой числовых параметров;
- 6) на основе сравнения делаются общие выводы о характере протекания изменений;

Метод диагностики и реабилитации, заложенный в программное обеспечение, заключается в том, что пациент обследуется достаточно длительное время (неделю или месяц), необходимое для выявления изменений в течение этого периода. Метод опирается на анализ различий в спектрах голоса пациента, записанного в “контрольных точках” периода наблюдения (раз в три дня или в неделю). Такой подход, на наш взгляд, снижает влияние методических и инструментальных ошибок, связанных с тем, что запись осуществляется не в студийных условиях, с оцифровкой речи и последующим применением к ней аппарата ЦОС.

Преимущество заключается и в том, что имеется возможность контролировать произношение определенных слогов, гласных или согласных звуков, а также – длительность звучания голоса. Для определения основных акустических параметров голоса достаточно, например, произношения гласной “А” во времени максимальной фонации, процесса образования звуков речи, определяемого колебаниями связок.

Такой подход, по сравнению с обработкой произвольной речи, существенно облегчает задачи диагностику, восстановления голосовой функции, профилактики голосовых расстройств вокально-педагогическими и

фонопедическими методами, а также уменьшает возможность врачебных ошибок.

1.4. Исследование голосообразования и звукопроизношения с использованием цифровой обработки сигналов

В настоящее время быстрое развитие компьютерных технологий позволяет проводить глубокое, на новом высоком уровне исследование голосообразования и звукопроизношения, выявить проблемы работы голосового аппарата и открыть новые возможности их решения. Наиболее ярко изменения голосового аппарата наблюдается у людей педагогических и творческих профессий – преподавателей, певцов, дикторов, актеров разговорного жанра. Заболеваемость голосового аппарата составляет для педагогов - 40%, переводчиков - 31%, воспитателей детских садов и яслей - 36%, экскурсоводов - 77%. Среди всех обследованных больных с голосовыми нарушениями 80% являются профессионалами голоса в возрасте от 25 до 55 лет.

Несмотря на достаточно многочисленные клинические и компьютерные исследования различных видов голосовой патологии, целесообразно дальнейшее совершенствование их технологий в области постановки голоса людей голосо-речевых профессий и реабилитационных мероприятий при голосовых нарушениях.

В связи с этим создание системы компьютерной диагностики голосовых данных является актуальной. Она представляет методы и программное обеспечение, позволяющие наиболее эффективно, экстренно и при минимуме дополнительных затрат комплексно оценить состояние представителей голосо-речевых профессий с ЛОР-заболеваниями и другими проблемами голосового аппарата.

При определении голосовых данных проводилась слуховая диагностика голоса и спектральный анализ в диапазоне частот до 20500 Гц в среде

программы Matlab, представляющей широкие возможности обработки звукового сигнала. Анализ осуществлялся на основе комплексной оценки объективных и субъективных показателей акустических характеристик голоса в пении и речи путем сравнения с эталоном звучания. Субъективными показателями являются основные свойства звука: высота, тембр, громкость, длительность, а объективными показателями, дополняющими оценку тембральных характеристик, - основные качества звучания голоса: звонкость, объем, полетность [8].

Акустическим аналогом голоса является его спектр. Реализация разработки анализатора спектра речи в среде Matlab 7.01 проводилась с использованием блоков для цифровой обработки сигналов библиотеки Simulink: Signal Processing Sources, Signal Management/Buffers, Estimation/Power Spectrum Estimation, Signal Processing Sinks. В качестве входного сигнала использовался женский голос молодой женщины 30 лет, записанный в формате «.wav», стандартного для операционных систем класса Windows. Спектр полученного звукового сигнала показан на рис.5, 6.

В сравнении с эталоном звучания видно, что необходима настройка голоса: подготовительная, коррекционная, координационная и речевая.

Этапы реабилитации голоса пациентки, имеющей профессию педагога, проводились авторами на кафедре «Оториноларингология» Ташкентской медицинской академии с участием фониатора и оториноларинголога. Коррекция осуществлялась по отработанной методике в строго определенной последовательности, начиная с гласных звуков. Настройка голоса осуществляется в процессе вокализации высокочастотного объемного звука "И". Затем полученные качества звучания тембра переносятся в строго определенном порядке на гласные "И", "Э", "А", "О", "У", обертоны в голосе управляются с помощью плавного их перемещения от высокочастотного звука И с последующим постепенным заполнением всего спектра частот гласными "Э", "А", "О", заканчивая низкочастотным "У", и, наоборот, от

низкочастотного У до высокочастотного И, и далее с пропеванием последовательности гласных звуков "У", "О", "А", "Э", "И".

К примеру, вокализация гласного "У" увеличивает продолжительность дыхания, делает выдох плавным, а звук ровным (рис.7).

Начиная с версии Matlab 5.0, в системе расширены средства для работы со звуком. До этого система имела единственную звуковую команду:

`sound(Y,P5)` — воспроизводит сигнал из вектора Y с частотой дискретизации $P5$ с помощью колонок, подключенных к звуковой карте компьютера. Компоненты Y могут принимать значения в следующих пределах $-1.0 \leq y \leq 1.0$. Для воспроизведения стереозвука на допускающих это компьютерных платформах Y должен быть матрицей размера $M \times 2$;

`sound(Y)` — функционирует аналогично, принимая частоту дискретизации по умолчанию равной 8192 Гц;

`sound(Y,PS.BITS)` — функционирует аналогично с заданием разрядности звуковой карты: $BITS=8$ или $BIT=16$.

Теперь появились дополнительные команды воспроизведения звука:

`sound(Y,...)` — масштабирует и воспроизводит сигнал из массива Y : По синтаксису команда аналогична `sound(Y,...)`;

`soundsc(Y ,...,SLIM)` — аналогична предшествующей команде, но позволяет задать параметр $SLIM = [MIN(Y) MAX(Y)]$, определяющий тот диапазон значений Y , который будет соответствовать полному динамическому диапазону звука. По умолчанию $SLIM = [MIN(Y) MAX(Y)]$.

`Beep on` или `off` — соответственно разрешает или запрещает гудок;

`s=beep` — возвращает состояние `on|off`

`beep` — при `s=on` издает гудок.

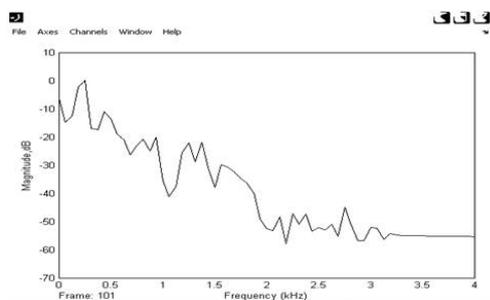


Рис.5. Спектр звукового сигнала (женского голоса).

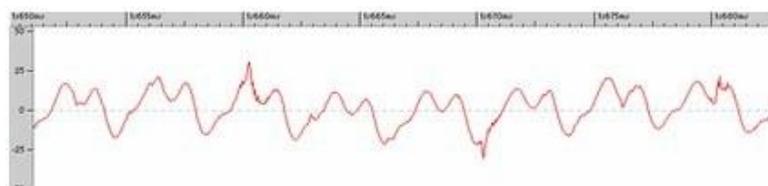


Рис.6. Звук "У" до занятий.

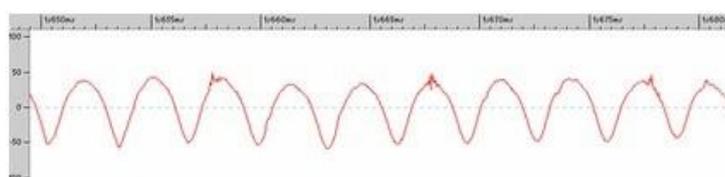


Рис.7. Звук "У" после занятий.

Кроме того, введены команды для считывания и записи файлов звукового формата .WAV, стандартного для операционных систем класса Windows

`wavwrite(Y,WAVEFILE_E)` — записывает файл типа WAVE под именем WAVEFILE. Данные по каждому каналу в случае стерео записываются в разных столбцах массива. Величины должны быть в диапазоне [-1; 1];

`wavwrite(Y,FS,WAVEFILE)` — делает то же с заданием частоты дискретизации FS (в герцах);

`wavwrite(Y,FS,NBITS,WAVEFILE)` — делает то же с заданием числа бит на отсчет NBITS, причем $NBITS \leq 16$;

`Y=wavread(FILE)` — считывает файл типа WAVE с именем FILE и возвращает данные в массиве Y;

`[Y,FS,BITS]=wavread(FILE)` — считывает файл типа WAVE с именем FILE и возвращает массив данных Y, частоту дискретизации FS (в герцах) и разрядность BITS кодирования звука (в битах);

`[...]=wavread(FILE,N)` — возвращает только первые N отсчетов из каждого канала файла;

`[...]=wavread(FILE, [N1 N2])` — возвращает только отсчеты с номерами от N1 до N2 из каждого канала;

`SIZ=wavread(FILE, 'size')` — возвращает объем аудиоданных в виде вектора $SIZ=[samples\ channels]$ (`samples` — число отсчетов, `channels` — число каналов);

`auwrite` - записывает файл в соответствии со звуковым форматом фирм Sun и Next; `auread` воспроизводит файлы в Matlab 6 на Sun и в Matlab 5 на Next.

Применение спектрального компьютерного анализа голоса у лиц голосоречевых профессий позволяет врачу-фониатру более достоверно определять тип голоса и оценивать состояние голосового аппарата.

2. Основная часть. Исследование спектрограмм голоса с использованием пакета Matlab.

2.1. Характеристики голоса

Разложим голос на составляющие, основными параметрами являются: частота, сила, длительность и тембр, которые, как величины, можно анализировать и по отдельности. В действительности, однако, подобный анализ не представляет собой реального выражения голоса, поскольку эти качества образуют единый неделимый комплекс.

Высота издаваемого звука зависит от числа колебаний голосовых складок в 1 секунду. Голосовые складки способны приходить в колебательные движения не только целиком, всей своей массой, но и отдельными участками. Только этим можно объяснить то, что одни и те же голосовые складки могут колебаться с различной частотой: примерно от 80 до 10 000 колебаний в секунду и даже больше.

Тоновый диапазон человеческого голоса представлен последовательностью тонов, которые могут быть произведены голосовым аппаратом в пределах границ между самым низким и самым высоким звуками. Человеческий голос обычно включает в себя тоны от 64 до 1300 герц. В двух формах проявления человеческого голоса – пении и разговоре – качества голоса представлены несколько различно. Разговорный голос составляет лишь 1/10 от общего диапазона голоса. Тоновый охват певческого голоса значительно шире разговорного и зависит от вокального образования. Сила подаваемого звука определяется интенсивностью напряжения голосовых складок и величиной давления воздуха в подсвязочном пространстве. И тот и другой процесс регулируются центральной нервной системой. Контроль осуществляется с помощью слуха. Если же взаимоотношения между этими процессами нарушаются, например, при

крике ужаса, то превалирование давления внутри трахеи вызывает звук, который характеризуется отсутствием чистой тональности.

Ниже представлен диапазон человеческого голоса (в Герцах):

– Бас – 75–300.

– Баритон – 100–400 – Тенор – 120–500.

– Контральто – 170–780.

– Меццо-сопрано – 200–900.

– Сопрано – 230–1000.

– Колоратурное сопрано – 260–1400.

Для сравнения приведен частотный диапазон музыкальных инструментов:

Контрабас – 40–300.

Виолончель – 65–880.

Альт – 130–1240.

Скрипка – 210–2800.

Фагот – 60–630.

Кларнет – 140–1980.

Гобой – 230–1480.

Флейта – 240–2300.

Туба – 45–320.

Тромбон – 80–500.

Валторны – 60–740.

Труба – 160–990.

Таким образом, человеческий голос имеет диапазон звучания от 75 до 110 Герц, который так или иначе перекрывает (заглушается, смешивается) с любым музыкальным инструментом (оптимальная точка – 300 Герц).

Также необходимо учитывать силу звучания (динамический диапазон) данных инструментов.

Динамический диапазон гитары составляет 15 дБ; органа – 35 дБ; рояля – 45 дБ; женский голос – 20–35 дБ; мужской голос – 20–45 дБ, эстрадного оркестра–45–55 дБ, симфонический оркестр 60–75 дБ.

Сообщение, передаваемое с помощью речевого сигнала, – дискретно, т.е. может быть представлено в виде последовательности символов из конечного их числа. Звуковые символы, из которых составлен речевой сигнал, называются фонемами.

Речь с физической точки зрения состоит из последовательности звуков с паузами между их группами. При нормальном темпе речи паузы появляются между отрывками фраз. Как правило, слова произносятся слитно, хотя слушающий воспринимает слова по отдельности. При замедленном темпе речи, например при диктовке, паузы могут делаться между словами и даже их частями. Предлоги, союзы звучат всегда слитно с последующим словом. Частотный диапазон речи находится в пределах 70 – 1400 Гц.

Один и тот же звук речи разные люди произносят по-разному. Произношение звуков речи зависит от ударения, соседних звуков и т.п. Но при всем многообразии в их произношении звуки являются физическими реализациями (произнесением) ограниченного числа обобщенных звуков речи (фонем). Фонема – это то, что человек должен произнести, а звук-то, что человек фактически произносит. Фонема по отношению к звуку речи играет ту же роль, что и образцовая буква по отношению к ее рукописной форме в конкретном написании.

Звуки речи делятся на звонкие и глухие. Звонкие звуки образуются с участием голосовых связок, в этом случае находящихся в напряженном состоянии. Под напором воздуха, идущего из легких, они периодически раздвигаются, в результате чего создается прерывистый поток воздуха. Им – пульсы потока воздуха, создаваемые голосовыми связками, с достаточной точностью могут считаться периодическими. Соответствующий период повторения импульсов называют периодом основного тона голоса T_0 – а обратную величину $1/T_0$ – частотой основного тона. Если связки тонкие и

сильно напряжены, то период получается коротким и частота основного тона высокой; для толстых, слабо напряженных связок – низкой. Частота основного тона для всех голосов лежит в пределах 70 – 450 Гц. При произнесении речи она непрерывно изменяется в соответствии с ударением, подчеркиванием звуков и слов, а также с проявлением эмоций (вопрос, восклицание, удивление и т.д.). Изменение частоты основного тона называется интонацией. У каждого человека свой диапазон изменения основного тона (обычно он бывает немногим более октавы) и своя интонация. Последняя имеет большое значение для узнавания говорящего.

Основной тон, интонация, устный почерк и тембр голоса служат для опознавания человека, и степень достоверности такая же высокая, как по отпечаткам пальцев. Импульсы основного тона имеют пилообразную форму, и поэтому при их периодическом повторении получается дискретный спектр с большим числом гармоник (до 40), частоты которых кратны частоте основного тона. Огибающая спектра основного тона имеет спад в сторону высоких частот с крутизной около 6 дБ/окт, поэтому для мужского голоса уровень составляющих на частоте 3000 Гц ниже их уровня на час – тот же 100 Гц примерно на 30 дБ. При произнесении глухих звуков связки находятся в расслабленном состоянии, поток воздуха из легких свободно проходит в полость рта. Встречая на своем пути различные преграды в виде языка, зубов, губ, он образует завихрения, создающие шум со сплошным спектром.

Согласные по способу образования делятся на сонорные (л, ль, р, рь, м, мь, и, нь, й), щелевые (ж, з, зь, в, вь, ш, с, сь, ф, фь, х, хь), взрывные (б, бь, д, дь, г, гь, и, иь, т, ть, к, кь) и аффрикаты (ц, ч – комбинация глухих взрывных и щелевых). Гласных фонем всего шесть: а, о, у, э, и, ы (гласные е, я, ё, ю – составные из и краткого или мягкого знака и гласных э, а, о, у).

Звонкие звуки речи, особенно гласные, имеют высокий уровень интенсивности, глухие – самый низкий. Громкость речи непрерывно изменяется, особенно резко при произнесении взрывных звуков. Динамический диапазон уровней речи находится в пределах 35 – 45 дБ.

Гласные звуки речи имеют в среднем длительность около 0,15 с, согласные – около 0,08 (звук и – около 30 мс).

Звуки речи неодинаково информативны. Так, гласные звуки содержат малую информацию о смысле речи, а глухие согласные наиболее информативны (например, в слове «посылка» последовательность «о, ы, а» ничего не говорит, а «п, с, лк» дает почти однозначный ответ о смысле). Поэтому разборчивость речи снижается при действии шумов, в первую очередь из-за маскировки глухих звуков [6-8].

Известно, что для передачи одного и того же сообщения по телеграфу и по речевому тракту требуется различная пропускная способность. Для телеграфного сообщения достаточна пропускная способность не более 100 бит/с, а для речевого – около 100000 бит/с (полоса равна 7000 Гц, динамический диапазон 42 дБ, т.е. требуется семизначный код, откуда имеем $2 \cdot 7000 - 7 = 98\ 000$ бит/с), т.е. в 100 раз большая.

Образование звуков речи происходит путем подачи команд к мускулам артикуляционных органов речи от речевого центра мозга. Общий поток сообщений от него составляет в среднем не более 100 бит/с. Вся остальная информация в речевом сигнале называется сопутствующей.

2.2. Запись и считывание данных из речевого сигнала в Matlab

В Matlab предусмотрены средства для воспроизведения и записи звука (речи), а также для работы со звуковыми файлами формата **wav** [9].

Чтение **wav**-файлов. Для считывания wav-файлов в Matlab используется функция **wavread**. В простейшем случае она может быть использована следующим образом:

$y = \text{wavread}('filename')$, где **'filename'** – имя звукового файла (расширение wav указывать не обязательно). В имя файла необходимо включить полный путь, за исключением тех случаев, когда файл находится в текущем (для Matlab) каталоге или в одном из каталогов, входящих в список

поиска Matlab. Другой способ, не требующий указания имени файла, – полный путь, который заключается в определении местонахождения файла на жестком диске с помощью меню Matlab.

В результате вызова функции в переменную y будет помещено все содержимое указанного файла. Строки матрицы y соответствуют отсчетам сигнала, столбцы – каналам, которых в wav-файле может быть один (моно – канал) или два (стереоканал).

Помимо отсчетов сигнала в wav-файлах хранится и служебная информация, которая содержит следующие параметры:

– частоту дискретизации, для определения которой в указанную функцию необходимо включить второй выходной параметр:

$[y, Fs] = \text{wavread}('filename')$,

где Fs – частота дискретизации, Гц; – число бит на отсчет, для определения которого необходимо добавить еще один выходной параметр:

$[y, Fs, bils] = \text{wavread}('filename')$; – число отсчетов и каналов записи.

Для получения данной информации необходимо вызвать функцию **wavread** с двумя входными параметрами: именем файла и текстовой строкой 'size': **wavesize = wavread('filename*', 'size')**.

При вызове такой функции из wav-файла извлекается служебная информация, которая возвращается в виде двухэлементного вектор-строки, первый элемент которого содержит число отсчетов, второй – число каналов;

– продолжительность звучания сигнала (в секундах), которую можно определить следующим образом:

wavesize(1) Fs, где 1 указывает на первый параметр вектора **wavesize**.

Имеются и возможности считывания данных из wav-файла не целиком, а отдельными фрагментами. Для этого используется второй входной параметр функции **wavread**. Если этот параметр является числом, будет считано соответствующее количество отсчетов, начиная с первого:

$y = \text{wavread}('filename', N)$.

Если нужный фрагмент расположен не в начале файла, придется указать его начало и конец:

`y = wavread ('filename', [n1, n2]).`

В результате в переменную `y` будут считаны отсчеты с номерами от **`n1`** до **`n2`** включительно (нумерация отсчетов начинается с единицы).

Чтобы узнать объем памяти (в килобайтах), требуемый в MATLAB для хранения записи, необходимо использовать следующую функцию:

`prod (wavesize)*8/1024.`

Для просмотра речевого (звукового) сигнала выведем его в виде графика с помощью следующей функции: **`plot (y).`**

Если необходимо вывести график по каналам стереозаписи, то применяют следующие функции:

`subplot (2, 1, 1); plot (:, 1); subplot (2, 1, 2); plot (:, 2)` или просто **`plot(y).`**

Если сигнал имеет большую длину, то можно использовать следующую функцию (фрагменты выводятся друг под другом): **`strips (x, N),`**

где `x` – вектор отсчетов сигнала (двумерный массив не допускается), `N` – число отсчетов в каждом фрагменте (этот параметр можно опустить, по умолчанию размер фрагмента составляет 200 отсчетов).

Запись wav-файлов. Для записи вектора (или матрицы) на диск в виде wav-файла используется функция **`wavwrite'`**.

`wavwrite (y, Fs, N, 'filename')`, где `y` – записываемые данные, `Fs` – частота дискретизации, Гц, `N` – число бит на отсчет (8 или 16), **`'filename'`** – имя создаваемого файла. Параметры `Fs` и `N` можно опускать, при этом используются значения по умолчанию: **`Fs = 8 000 Гц, N= 16.`**

Записываемые данные должны быть вещественными и лежать в диапазоне от -1 до 1 . Значения, выходящие из этого диапазона, будут обрезаны и сделаны равными.

Воспроизведение звуковых файлов. Помимо работы с wav-файлами можно воспроизводить вектор и матрицу в звуковом виде с использованием следующих функций:

– **sound**, синтаксис которой записывается следующим образом:

sound (y, Fs, bits),

где **y** – вектор или двухстолбцовая матрица сигнала, **Fs** – частота дискретизации, Гц, **bits** – число бит на отсчет (8 или 16).

Параметры **Fs** и **bits** можно опускать, при этом их значения будут приниматься по умолчанию.

Выходных параметров у функции нет. После вызова она передает вектор **y** звуковой карте для воспроизведения и сразу же, не дожидаясь окончания звука, возвращает управление Matlab;

– **wavplay**, синтаксис которой имеет следующий вид:

wavplay (y, Fs, 'mode'), где параметр **mode** управляет режимом воспроизведения, который может принимать два значения:

– **'sync'** – синхронный режим, означающий что функция вернет управление интерпретатору Matlab только после окончания звука;

– **'async'** – асинхронный режим, при котором функция передает данные для воспроизведения звуковым драйверам Windows и сразу же возвращает управление системе Matlab. не дожидаясь окончания звука.

Параметры **Fs** и **mode** можно опускать, при этом их значения принимаются по умолчанию: **Fs = 11025** Гц и **'mode' = 'async'**.

Запись звука (речи). Функция **wavrecord** позволяет записать звук в переменную Matlab с помощью звуковой карты компьютера:

y = wavrecord (n, Fs, ch, 'dtype'), где **n** – число записываемых отсчетов, **Fs** – частота дискретизации, Гц. **ch** – число каналов записи, **'dtype'** – тип записываемых данных.

Возвращаемый результат – матрица, каждый столбец которой соответствует одному каналу записи. При стереозаписи первый столбец – левый канал, второй – правый канал.

Для параметра **dtype** возможны следующие значения:

- **'double'** – 16-битная запись, данные масштабируются к диапазону от -1 до 1 и представляются в восьмибайтовом формате с плавающей запятой;
- **'single'** – 16-битная запись, данные масштабируются к диапазону -1...1 и представляются в четырехбайтовом формате с плавающей запятой;
- **'uint16'** – 16-битная запись, данные представляются в двухбайтовом целочисленном формате (диапазон от -32 768 до 32 767);
- **'uint8'** – 8-битная запись, данные представляются в однобайтовом беззнаковом целочисленном формате (диапазон от 0 до 255, нулевому напряжению на входе соответствует значение «128»).

Входные параметры **Fs**, **ch**, **dtype** можно опускать, при этом их значения будут приниматься по умолчанию: **Fs** =11 025 Гц, **ch** =1, **dtype** = **'double'**

2.3. Спектрограмма

Если спектр сигнала меняется во времени, то для оценки спектра целесообразно использовать спектрограмму сигнала. Спектрограммой (spectrogram) сигнала называется его мгновенный спектр, зависящий от времени. Для вычисления спектрограммы вектор сигнала разбивается на сегменты (в общем случае с перекрытием). Для каждого сегмента вычисляется спектр с помощью функции **fft**. Набор спектров всех сегментов и образует спектрограмму. Для вычисления спектрограммы служит функция **spectrogram**.

Синтаксис вызова функции: **[S, F, T]=spectrogram(x, window, noverlap, nfft, Fs)**, где **x** – вектор сигнала; **window** – вектор весовой функции (если вместо вектора используется целое число, то используется весовая функция по умолчанию – функция Хэмминга соответствующей длины); **noverlap** – величина перекрытия соседних сегментов сигнала; **nfft** – число точек преобразования Фурье; **Fs** – частота дискретизации. **S** – матрица, каждая

колонка которой содержит $(nfft/2+1)$ отсчетов спектра для данного момента времени (если $nfft$ – нечетное число, количество отсчетов равно $(nfft+1)/2$). Число колонок $k=nx((nx-noverlap)/(length(window) - noverlap))$, где nx – длина вектора сигнала. Параметр F – вектор частот, T – вектор моментов времени, его длина равна k .

Если выходные параметры функции не указываются (**spectrogram** (x , **window**, **noverlap**, **nfft**, F_s)), то строится трехмерный график спектральной плотности мощности в координатах: время, частота, уровень.

Обязательным входным параметром функции является вектор значений сигнала x , остальные параметры имеют значения по умолчанию, которые используются, если в качестве параметра указана пустая матрица ($[]$) или если несколько последних параметров при вызове опущены.

```
[V, fs, b]=wavread('c:\1\female1f.wav'); spectrogram(V, 256,128, [], fs, 'yaxis') (рис.8);
```

Здесь во второй строке примера для параметра $nfft$ используется значение по умолчанию – максимальное из двух чисел: 256 и 2^k . Значение k таково, что выполняется условие $2^k > window$.

2.4. Операции над звуковыми файлами в Matlab

Система Matlab позволяет читать и записывать файлы формата wav. Чтение осуществляется с помощью функции **wavread**, а запись – с помощью функции **wavwrite**.

```
[V, f, b] = wavread (*.wav');
```

Звуковая информация из файла считывается в матрицу V , состоящую из двух столбцов, в скалярную переменную f считывается значение частоты дискретизации, а в переменную b – число двоичных разрядов.

Добавим к матрице V белый шум.

```
[m, n] = size(V); V1 = randn(m, n); s = 0.05; V2 = V + 5* V1;
```

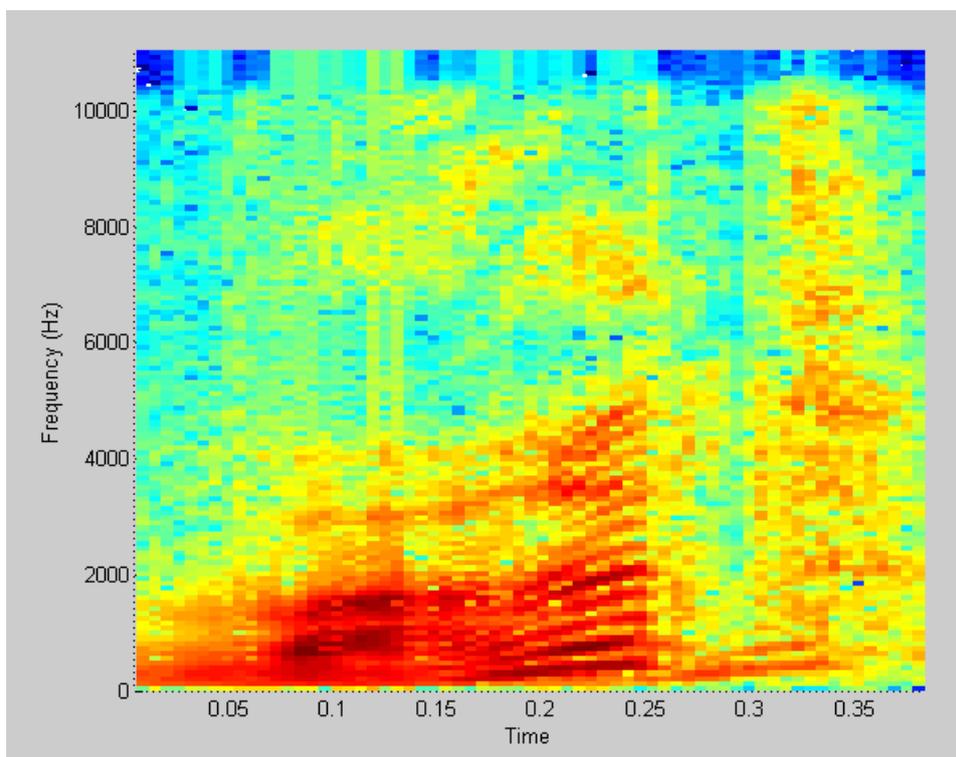


Рис. 8. Спектрограмма файла female1f.wav.

Здесь в первой строке определяется число строк и столбцов матрицы **V**. Вторая строка с помощью функции **randn (m, n)** создает матрицу **VI**, которая содержит случайные числа, распределенные по закону Гаусса (по нормальному закону), и которая имеет тот же размер, что и матрица **V**. Матрица **VI** умножается на коэффициент **s** и складывается с матрицей **V**, образуя матрицу **V2** зашумленного звука. Функция **sound** осуществляет воспроизведение звука, получая в качестве аргумента вещественный вектор или матрицу размерами **Nx2** (для стереозвукa), содержащие последовательности измерений громкости звука.

sound (V, f, b) sound (V2, f, b)

Значения элементов матрицы отсчетов должны быть ограничены диапазоном от -1.0 до +1.0. Вне этого диапазона значения матрицы ограничиваются (имеет место клиппированный звук). Аналогичная функция **soundsc** перед воспроизведением звука обеспечивает автоматическое масштабирование значений матрицы до диапазона: **-1... +1** – клиппирования звука не происходит.

soundsc (V, f, b) soundsc (V2, f, b)

Чтобы сохранить результаты экспериментов со звуком в звуковом файле, следует применить функцию **wavwrite**. В данном случае результаты эксперимента с зашумлением сохраним в файле 'Sound1.wav':

wavwrite (V2, f, b, 'Sound1.wav');

Здесь первым аргументом является матрица (для монофонического звука – это вектор) звуковых отсчетов, вторым – частота дискретизации, третьим – разрядность отсчетов, а последним – имя файла. Если не указывать пути к файлу, то он будет записан в текущий рабочий каталог пакета Matlab.

2.5. Исследование мужского и женского голосов

Для примера возьмем два образца женского и два образца мужского голосов. В пакете MATLAB построим их спектрограммы, амплитудный и фазовый спектры.

Амплитудный спектр строим следующим образом:

```
[s, fs] = wavread (c:\1\female1f.wav');
spec = abs (fft(s));
spec = spec (1:end/2);
freq = (fs/2)*(1:length(spec))/length(spec);
plot (freq, spec);
xlabel ('Frequency: Hz'); ylabel ('Amplitude spectrum');
```

Фазовый спектр

```
[s, fs] = wavread (c:\1\female1f.wav');
spec = phase (fft(s));
spec = spec (1:end/2);
freq = (fs/2)*(1:length(spec))/length(spec);
plot (freq, spec);
xlabel ('Frequency: Hz'); ylabel ('Phase spectrum');
```

Аналогичные операции проделываем с остальными образцами голоса (рис.9-16).

Построим спектрограммы голосов (рис.17-20).

```
[V, fs, b]=wavread ('c:\1\female1f.wav'); spectrogram (V, 256,128, [], fs, 'yaxis');
```

Разработанная программа может быть использована для определения голосовых данных и обучения резонансной вокально-речевой техники, позволяющей развивать голосовые данные любого человека, даже не обладающего природными вокальными или речевыми способностями, обучать владению голосом людей, перенесших травмы гортани или повреждения голосовых складок, осуществлять лечебно-педагогический подход к преодолению заикания, бронхиальной астмы и других заболеваний, связанных с нарушениями голосовой и дыхательной функции. Вокализация гласных «И», «Э», «А», «О», «У» - ведущий тест, с помощью которого оценивают:

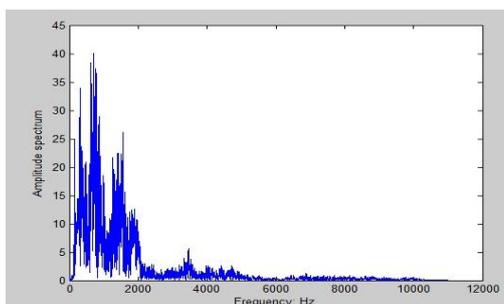


Рис. 9. Амплитудный спектр female1f.wav.

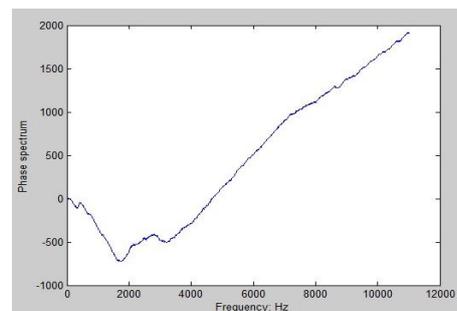


Рис. 10. Фазовый спектр female1f.wav.

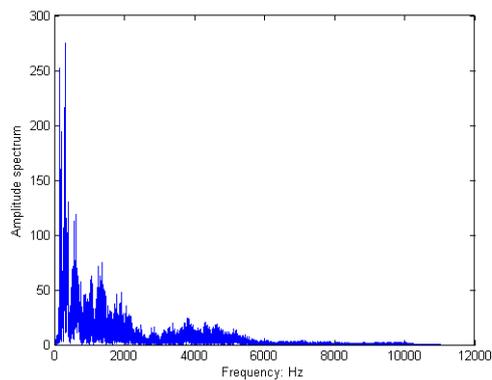


Рис. 11. Амплитудный спектр female2a.wav.

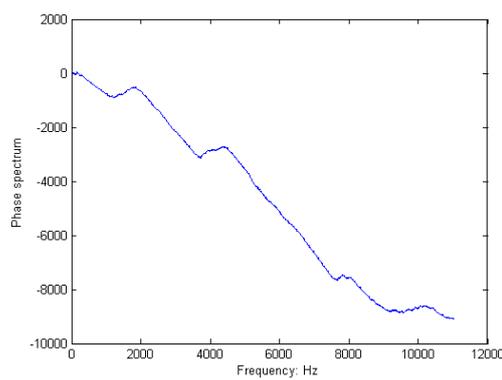


Рис. 12. Фазовый спектр female2a.wav.

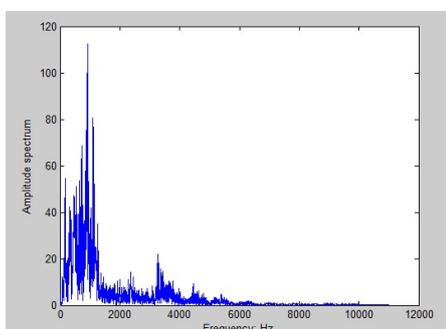


Рис. 13. Амплитудный спектр male1f.wav.

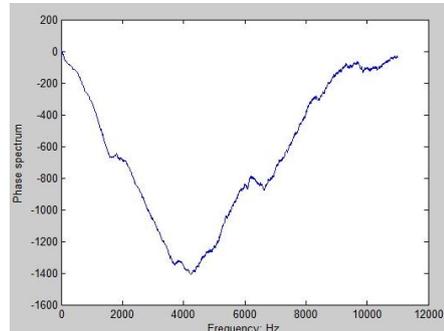


Рис. 14. Фазовый спектр male1f.wav.

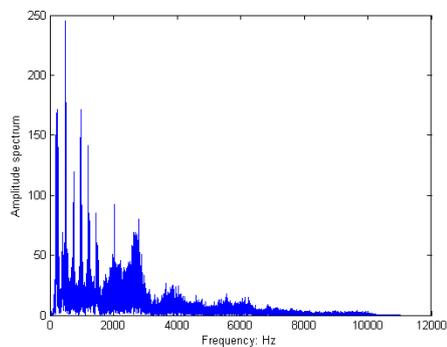


Рис. 15. Амплитудный спектр male2a.wav.

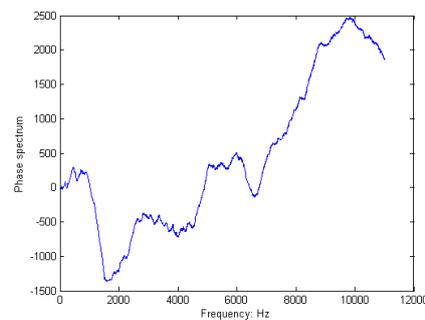


Рис. 16. Фазовый спектр male2a.wav.

- основные качества звучания: звонкость, объем и полетность; основной тон (временной отрезок, продолжительность качественного звучания, широта колебаний, умение удерживать основной тон, атака звука, наличие вибрато);

- спектральный состав (количественный и качественный состав обертонов); насыщенность, наличие шумов и призвуков, умение сохранять вокальную или речевую позицию, поддерживать работу обертонов и обеспечивать «льющийся» звук;

- работу дыхательной системы (плавность и равномерность распределения выдоха);

- динамическую шкалу (усиление, ослабление, филировка).

можно отражать посредством разработанной программы и сравнивать состояние голоса до и после лечения.

Таким образом, разработанная программа позволяет характеризовать состояние голосового аппарата на основе формирования гласных звуков, т.е. происходит пополнение фониатрической информации, являющейся важным диагностическим показателем степени выраженности профессиональных нарушений голоса (у лекторов, педагогов, певцов, актеров и др.) и используется врачами-фониатрами в клинической практике (фоническое прослушивание).

Проанализировав данные диаграммы, можно определить, кому принадлежит речь – мужчине или женщине. У мужчин больше амплитуда голоса и более ярко выражены низкие частоты, в то время как у женщин амплитуда голоса ниже и ярче выражены высокие частоты.

Кроме того, созданная в Matlab программа, заключающаяся в компьютерном анализе речевого сигнала получаемого посредством микрофона от пациента путем его спектрального анализа, позволяет

- определить граничные значения частотного диапазона основного тона речи пациента и отношения спектральной плотности мощности в частотной области;

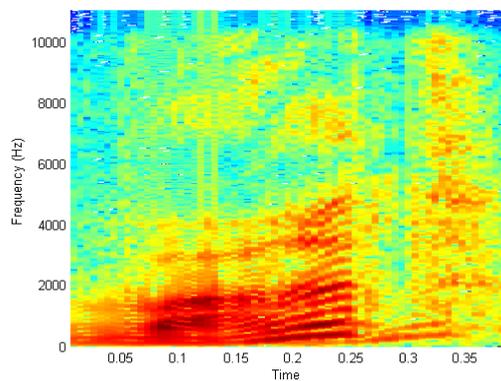


Рис. 17. Спектрограмма female1f.wav.

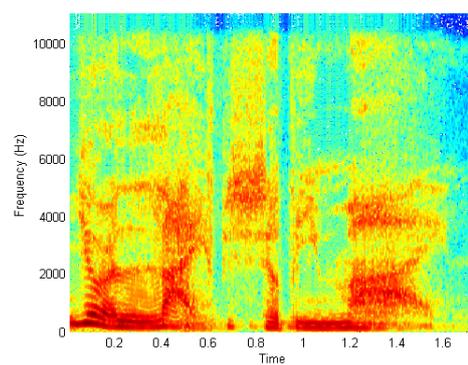


Рис. 18. Спектрограмма female2a.wav

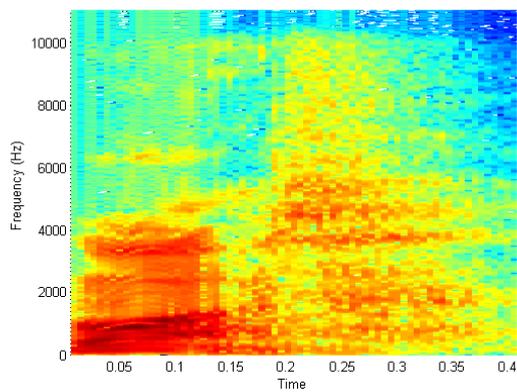


Рис. 19. Спектрограмма male1f.wav.

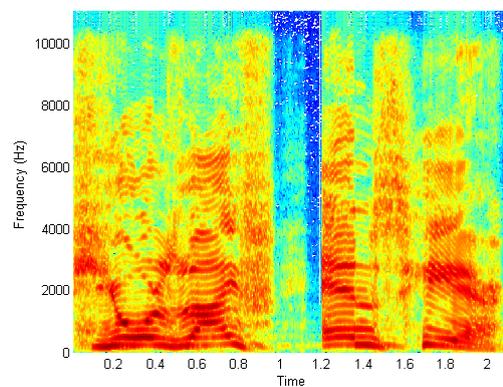


Рис. 20. Спектрограмма male2a.wav.

- провести логопедического занятия с использованием компьютерного спектрального анализа текущего речевого сигнала, получаемого посредством микрофона от пациента, путем мониторингования в режиме реального времени отношения его спектральной плотности мощности в частотной области.

При этом пациент посредством перестройки спектра своего голоса выполняет задание по увеличению мониторируемого отношения до превышения его, по меньшей мере, в два раза значения основного тона к спектральной плотности мощности в частотной области ниже основного тона, определенного в результате предварительного компьютерного анализа. При этом частотный диапазон основного тона речи пациента находится в пределах 80-340 Гц.

3. Экономическая часть

I. Техничко-экономическое обоснование проекта.

II. Определить объем инвестиции.

Стоимость основных фондов.

Объем инвестиции на покупку материально-производственных запасов.

Объем инвестиции на покупку малоценного инвентаря и контрольно-измерительных приборов.

Расчет заработной платы производственных рабочих.

III. Определить экономическую эффективность, годовой доход.

IV. Определить срок окупаемости инвестиции.

1. Техничко-экономическое обоснование проекта.

Цель, сущность и задачи проекта и его актуальность.

Экономическая эффективность проекта.

2. Определить объем инвестиции.

В нижеследующих таблицах даны приведенные затраты на ВКР.

Таблица 1

Объем инвестиции на покупку материально-производственных запасов

№	Наименование материалов	Кол-во	Цена материала за единицу	НДС 20%	Стоимость материала с учетом НДС
1	Бумага А4	1	22000	4400	26400
2	Флешка	1	20000	4000	24000
3	Интернет		25000	5000	300000
4	Канцтовар		10000	2000	12000
	Итого				92400 сум

Таблица 2

Объем инвестиции на покупку малоценного инвентаря и контрольно-измерительных приборов

№	Наименование	Кол-во	Цена за единицы	НДС 20%	Общая стоимость с учетом НДС
1	Компьютер	1	800000	160000	960000
2	Принтер	1	300000	60000	360000
	Итого				1320000

Таблица 3

Стоимость основных фондов

№	Наименование основных фондов	Кол-во	Стоимость ОФ
1	Лаборатория	1	1500000
2	Оборудования		1320000
	Итого		2820000

Амортизационные отчисления составляет 20 % от стоимости ОФ:

$$A_{отч} = 0,2 \times ОФ / 12,$$

$$A_{отч} = 0,2 \times 2820.000 / 12,$$

$$A_{отч} = 47000 \text{ сум.}$$

Затраты на текущий ремонт и техническое обслуживание 12% от стоимости ОФ:

$$P_m = 12\% * ОФ / 12,$$

$$P_m = 0,12 \times 2820000 / 12,$$

$$P_m = 28200 \text{ сум.}$$

Таблица 4

Расчет заработной платы производственных рабочих

№	Наименование операции	Долж-ность	Коли-чество дней	Средняя одноднев-ная зара-ботная плата	Стоимость выполненной работы
1	Выбор темы на разработку	СНС	1	15000	15000
2	Изучение и анализ литературы по теме	МНС	2	7050	14100
3	Разработка интерфейса программы	МНС	2	7050	14100
4	Составление плана лекции	МНС	3	7050	21150
5	Отладка программы	МНС	1	7050	7050
6	Тестирования комплекс программы	МНС	2	7050	14100
7	Выявление ошибок	МНС	2	7050	14100
8	Исправление ошибок	МНС	2	7050	14100
9	Экономическая часть	МНС	2	7050	14100
		СНС	1	15000	15000
10	Охрана труда	МНС	2	7050	14100
		СНС	1	15000	15000
11	Разработка пояснительной записки	МНС	1	7050	7050
12	Рецензирование	СНС	1	15000	15000
13	Оформление и защита дипломного проекта	МНС	1	7050	7050
	Итого		24		201000

Основная заработная плата определяется как сумма оплаты труда всех рабочих и премии в размере 40 % :

$$Z_{осн} = COT * 0,4 + COT$$

$$Z_{осн} = 201000 \times 1,4,$$

$$Z_{осн} = 281400 \text{ сум.}$$

Дополнительная заработная плата производственных рабочих берется 10 % от основного З/п:

$$Z_{д} = K_{д} * Z_{осн}$$

$$Z_{д} = 0,1 \times 281400$$

$$Z_{д} = 281400 \text{ сум}$$

Фонд оплаты труда определяется как сумму основной и дополнительной заработной платы

$$\Phi OT = Z_{осн} + Z_{д}$$

$$\Phi OT = 281400 + 28140$$

$$\Phi OT = 309540 \text{ сум}$$

Затраты на социальное страхование рассчитывается 25% от ФОТ

$$Ofcc = 25\% * \Phi OT$$

$$Ofcc = 0,25 \times 309540$$

$$Ofcc = 77385 \text{ сум}$$

Транспортные расходы рассчитывается 20% от Зосн:

$$P_{тр} = 0,2 * Z_{осн}$$

$$P_{тр} = 0,2 \times 281400$$

$$P_{тр} = 56280 \text{ сум}$$

Расход пара на производственные нужды:

Длина – 7 м, Ширина – 5 м, $V = \text{длина} \times \text{ширина}$, $V = 7 \times 5 = 35 \text{ м}^2$

$$V = 35 \times 663,05 = 23206,75.$$

Расходы на электроэнергию определяются по формуле:

$$W = N \cdot T \cdot S,$$

где N – установленная мощность, кВт, T – время работы, S – стоимость электроэнергии за кВт:

$$W = 1 \times 144 \times 112,2, W = 16156,8 \text{ сум.}$$

Объем инвестиции определяется по формуле:

$$K = \text{МПЗ} + \text{ФОТ} + \text{Аоф} + \Sigma P,$$

$$K = 92400 + 309540 + 47000 + 123843,55 = 572783,55 \text{ сум.}$$

Таблица 5

Смета затрат на проведение разработки

№	Наименование статьей затрат	Сумма
1	Стоимость выполненных работ	803840,44
2	Затраты на производство	618338,8
3	Производственная себестоимость	587384,8
4	Расходы периода	30954
5	Материальные затраты	131763,55
6	Сырьё	92400
7	Электроэнергия +отопление	39363,55
8	ФОТ	309540
9	Социальное страхование	77385
10	Амортизация	47000
11	Прочие затраты	21696,25
12	Основная заработная плата	201000

Таблица 6

Расчет экономической эффективности выполненных работ

№	Наименование показателей	Ед.изм ерения	Сумма	Примечание
1	Стоимость выполненных работ	Сум	803840,44	Таблица
2	Затраты на производство	Сум	618338,8	Таблица
3	Инвестиции	Сум	572783,55	Формула
4	Экономическая эффективность	Сум	185501,64	Формула
5	Срок окупаемость	Месяц	3,08	Формула
6	Рентабельность	%	32,4	Формула

Экономическую эффективность определим по формуле:

$$\mathcal{E} = (C1 - C2) * Q,$$

$$C1 = C2 * 1,3,$$

где C1 и C2 – себестоимость до и после, Q – объём производство:

$$\mathcal{E} = (803840,44 - 618338,8) \cdot 1,$$

$$\mathcal{E} = 185501,64 \text{ сум.}$$

Рентабельность определим по формуле:

$$R = \frac{\mathcal{E} * 100\%}{K},$$

$$R = \frac{185501,64 \times 100\%}{572783,55},$$

$$R = 32,38 = 32,4\%.$$

Определяем срок окупаемости:

$$T_{ок} = \frac{K}{\mathcal{E}},$$

где \mathcal{E} – экономическая эффективность, K – капитал:

$$T_{ок} = \frac{572783,55}{185501,64},$$
$$T_{ок} = 3,08.$$

4. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Производственная санитария

В данной выпускной квалификационной работе проведено исследование спектрограмм голоса с использованием пакета Matlab, в котором предусмотрены средства для воспроизведения и записи звука, а также для работы со звуковыми файлами формата wav. Таким образом, работа выполнена с помощью устройств и систем информационных технологий.

При работе с устройствами и системами информационных технологий, в частности, с компьютером, человек подвергается воздействию следующих опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ): электромагнитных полей, инфракрасного и ионизирующего излучений, шума и вибрации, статического электричества и др.

Метод фиброларингоскопии абсолютно безболезненный и безопасный, осмотр осуществляется под местной анестезией и может проводиться как

через рот, так и через нос. При этом подключённая видеокамера позволяет выводить изображение на экран и сохранять его в цифровом архиве. Возможность фиксировать полученные при осмотре данные на фото- и видеопленку значительно облегчает процесс диагностики, является наиболее достоверным методом оценки проведенного лечения, имеет положительное психотерапевтическое воздействие на пациента, так как он самостоятельно может оценить улучшение ларингоскопических показателей на фоне проведенной терапии. Использование фиброларингоскопа позволяет удалять небольшие образования голосовых складок. Однако, следует отметить и недостатки данного метода обследования.

К ним относятся следующие: метод требует значительного времени как во время проведения осмотра, так и в последующем, при обработке полученных данных и их хранении, осмотр осуществляется только при выполнении анестезии. Оборудование требует тщательной антисептической обработки после каждого использования. Поэтому на практике данный метод предпочтительнее использовать для дифференциальной диагностики патологии гортани, осмотра подскладкового отдела гортани, в случаях, когда осмотр гортани с применением ларингеального зеркала невозможен.

Отметим, что при использовании данного метода также применяются устройства и системы информационных технологий, а именно: подключённая видеокамера с выводом изображения, полученного при обследовании, на экран. Таким образом, в данном случае опасные и вредные факторы, воздействующие на пациента, аналогичны вышеуказанным.

В данном разделе с точки зрения производственной санитарии рассмотрим условия рабочего помещения, в котором выполнялась выпускная квалификационная работа, а также в качестве ОВПФ – негативное воздействие инфракрасного излучения.

Рассматриваемая работа по степени физической тяжести относится к категории легких работ. Основная нагрузка падает на центральную нервную

систему. При проектировании и организации оптимальных условий труда должны быть соблюдены условия, позволяющие полноценно работать.

Отметим, что понятие тяжести труда одинаково применимо как к умственному труду, так и к физическому.

Анализ условий рабочего места

Организация освещенности рабочего места.

В процессе жизнедеятельности, и особенно в производственной сфере освещение играет особую роль. При долговременной работе недостаточная освещенность рабочей зоны приводит к ослаблению зрительной активности и ухудшению зрения работающего. Правильно выполненная система освещения имеет большое значение в снижении производственного травматизма, уменьшая потенциальную опасность многих производственных факторов; создает нормальные условия для работы органам зрения и повышает общую работоспособность организма. Согласно санитарно-гигиеническим требованиям рабочее место должно освещаться естественным и искусственным освещением. Естественное освещение используется в дневное время суток. Искусственное освещение необходимо в темное время суток или при недостаточном естественном освещении. Источниками света являются лампы накаливания.

Рабочая зона или рабочее место освещается в такой степени, чтобы можно было хорошо видеть процесс работы, не напрягая зрения, и чтобы исключалось прямое попадание лучей источника света в глаза. Кроме того, уровень освещения определяется степенью точности зрительных работ. Наименьший размер объекта различения составляет 0,5 - 1 мм. По нормам освещенности КМК 2.01.05-98 РУз и отраслевым нормам, работа разработчика относится к четвертому разряду зрительной работы. Для этого разряда рекомендуется освещенность 200 лк.

Основной задачей светотехнических расчетов является определение требуемой площади световых проёмов при естественном освещении и потребляемой мощности осветительных приборов при искусственном.

К числу вредных факторов также относится и внешнее воздействие на человека, образующееся при неблагоприятных параметрах микроклимата на рабочих местах, плохом освещении и несоблюдении противопожарных норм и норм по электробезопасности.

Система кондиционирования воздуха содержится в состоянии, обеспечивающем надежное функционирование технических средств, систем управления, а также благоприятный микроклимат.

На психофизиологическое состояние человека большое влияние оказывает цвет. Грамотно подобранное цветовое оформление рабочих мест, инструментов улучшает настроение, повышает работоспособность человека. Установлено, что красные и оранжевые тона вызывают возбуждение нервной системы, при этом у человека появляется ощущение усиления шума, учащается пульс, расширяются зрачки, повышается кровяное давление. Неяркие желтые тона вызывают ощущение теплоты, фиолетовый цвет оказывает раздражающее и угнетающее воздействие.

Имеются таблицы цветовых тонов, по которым можно выбрать цветовую гамму окраски интерьеров и оборудования в зависимости от характера производства и тех операций, которые приходится выполнять человеку. Так, при монотонной работе, требующей постоянного напряжения, рекомендуется зеленая и синя - зеленая гамма цветов. Если выполняемая работа требует периодической умственной или физической нагрузки, предпочтительнее использовать оттенки теплых тонов - желтые, бежевые.

Цвет используется не только для создания определенного настроения у человека, но и для предупреждения о грозящей ему опасности, а также травматизма. Согласно ССБТ в красный цвет окрашиваются аварийные кнопки «Стоп», ручки, краны, с помощью которых выключаются агрегаты или машины, в оранжевый цвет - движущиеся части машины и т.д.

Для этого вида деятельности характерны: значительное умственное напряжение и нервно-эмоциональная нагрузка, высокая напряженность зрительной работы и достаточно большая нагрузка на мышцы рук при работе с клавиатурой ЭВМ. Большое значение имеет рациональная конструкция и расположение элементов рабочего места, что важно для поддержания оптимальной рабочей позы оператора. Планировка рабочего места удовлетворяет требованиям ГОСТ 12.2.032-78 удобства выполнения работ и экономии энергии и времени оператора, рационального использования производственных площадей и удобства обслуживания устройств ЭВМ.

Эргономика при расположении рабочего места.

Размеры стола: высота – 710 мм, ширина - 600 мм, глубина - 800 мм. Рабочий стол имеет место для ног высотой 600 мм, шириной - 500 мм, глубиной на уровне колен - 450 мм, а на уровне вытянутых ног - 650 мм. Рабочее сидение имеет следующие основные элементы: сидение, спинку и стационарные или съемные подлокотники. Рабочее сидение регулируется по высоте, углу наклона сидения и спинки, высоте подлокотников. Регулирование каждого параметра производится отдельно. Ширина и глубина сидения 400 мм. Высота поверхности сидения регулируется в пределах 400-500 мм, а угол наклона поверхности - от 15° вперед до 5° назад. Высота спинки сидения составляет 300 мм, а ширина - 380 мм. Угол наклона спинки регулируется в пределах 0-30° от вертикального положения.

Дисплей расположен на столе. Его экран расположен в вертикальной плоскости под углом 15° от нормальной линии взгляда, в горизонтальной плоскости 60°. Во избежание перенапряжения органов зрения соблюдено расстояние до монитора 0,5 – 0,7 м.

Как было сказано выше, в данном разделе выпускной работы рассмотрим влияние теплового (инфракрасного) излучения, а также соответствующие меры защиты.

Влияние теплового - инфракрасного излучения (ИКИ) на организм человека, представляющего собой невидимое электромагнитное излучение с

длиной волны от 0,76 до 420 мкм и обладающее волновыми и световыми свойствами.

По длине волны инфракрасные лучи делятся на: коротковолновую ИКИ-А (менее 1,4 мкм); средневолновую ИКИ-В (1,4 - 3 мкм); длинноволновую ИКИ-С (3 мкм - 1 мм) области. В производственных условиях гигиеническое значение имеет более узкий диапазон (0,76 - 70 мкм).

Источником инфракрасного излучения является любое нагретое тело.

Степень инфракрасного излучения характеризуется следующими основными законами, используемыми для оценки гигиенического нормирования.

С повышением температуры излучающего тела интенсивность излучения E ($\text{Вт}/\text{м}^2$) увеличивается пропорционально 4-й степени его абсолютной температуры (закон Стефана - Больцмана).

Даже небольшое повышение температуры тела приводит к значительному росту отдачи теплоты излучением. Используя этот закон, можно определить величину теплообмена излучением в производственных условиях. При расчете теплоотдачи излучением учитывают температуру стен и других поглощающих тепловую радиацию поверхностей. Длина волны максимального излучения нагретого тела обратно пропорциональна его абсолютной температуре. При температуре твердого тела 400...500°C излучение происходит главным образом в области длинных волн. Интенсивность теплового излучения на рабочих местах может колебаться от 175 $\text{Вт}/\text{м}^2$ до 13 956 $\text{Вт}/\text{м}^2$. В производственных помещениях с большим тепловыделением (горячие цеха) на долю инфракрасного излучения может приходиться до 2/3 выделяемой теплоты и только 1/3 на конвекционную теплоту.

Биологическое действие инфракрасного излучения. Инфракрасное излучение, кроме усиления теплового воздействия, обладает также специфическим влиянием, зависящим от интенсивности энергии излучения отдельных участков его спектра. На теплообмен организма значительное

воздействие оказывают оптические свойства кожного покрова с его избирательной характеристикой коэффициентов отражения, поглощения и пропускания инфракрасной радиации.

Влияние ИКИ на человека проявляется как общими, так и местными реакциями. Местная реакция выражается сильнее при длинноволновом облучении, поэтому при одной и той же интенсивности облучения время переносимости в этом случае меньше, чем при коротковолновой радиации. За счет большой глубины проникновения в ткани тела коротковолновая область спектра ИКИ вызывает повышение температуры глуболежащих тканей. Например, длительное облучение глаза может привести к помутнению хрусталика (профессиональная катаракта).

Также возможно возникновение биохимических сдвигов и изменений функционального состояния центральной нервной системы (ЦНС); образование специфических биологически активных веществ типа гистамина, холина; повышение уровня фосфора и натрия в крови; усиление секреторной функции желудка, поджелудочной и слюнной желез. В ЦНС развиваются тормозные процессы; уменьшается нервно-мышечная возбудимость; понижается общий обмен веществ.

При инфракрасном облучении кожи повышается ее температура, изменяется тепловое ощущение. При интенсивном облучении возникают ощущения жжения, боль. Время переносимости тепловой радиации уменьшается с увеличением длины волны и ее интенсивности. С увеличением периода облучения организм приспособляется, т.е. происходит адаптация, сохраняющаяся довольно длительное время.

Меры защиты от действия инфракрасного излучения: теплоизоляция поверхности; устройство защитных экранов, покрытых теплоизоляционными материалами, ограждающих от лучистого и конвекционного тепла и др.

По действующим санитарным нормам температура нагретых поверхностей оборудования и ограждений на рабочих местах не должна превышать 45°C.

Наиболее распространенный и эффективный способ защиты от излучения - экранирование источников излучений. Экраны применяют как для экранирования источников излучения, так и для защиты рабочих мест от инфракрасного излучения. В зависимости от возможности наблюдения за рабочим процессом экраны можно разделить на три типа: I - непрозрачные, II - полупрозрачные и III - прозрачные.

Полупрозрачные экраны. К полупрозрачным экранам относятся металлические сетки с размером ячейки 3...3,5 мм, цепные завесы, армированное стальной сеткой стекло. Сетки применяют при интенсивности облучения 0,35...1,05 кВт/м², и их коэффициент эффективности порядка 0,67. Цепные завесы используются при интенсивности облучения 0,7...4,9 кВт/м². Коэффициент эффективности цепных завес зависит от толщины цепей. С целью повышения эффективности защитных свойств применяют завесы водяной пленкой и устраивают двойные экраны. Армированное стекло используют при тех же интенсивностях облучения, что и цепные завесы, оно имеет такой же коэффициент эффективности. Увеличение эффективности достигается орошением водяной пленки и устройством двойного экрана.

Прозрачные экраны. Для прозрачных экранов используют силикатное, кварцевое или органическое стекло, тонкие (до 2 нм) металлические пленки на стекле, воду в слое или дисперсном состоянии. Коэффициент пропускания воды в различных участках спектра в значительной степени зависит от толщины слоя воды. Тонкие водяные пленки начинают заметно поглощать излучение с длиной волны более 1,9 мкм и значительно поглощают волны длиной более 3,2 мкм.

Поэтому они пригодны для экранирования источников излучения температурой до 800°С. При толщине слоя воды 15 - 20 мм полностью поглощаются излучения с длиной волны более 1 мкм, поэтому такой слой воды эффективно защищает от теплового излучения источников с температурой до 1800° С. Экраны в виде водяной пленки, стекающей по стеклу, более устойчивы по сравнению со свободными завесами: они имеют

более высокий коэффициент эффективности (порядка 0,9) и могут применяться при интенсивностях облучения 1750 Вт/м².

Теплопоглощающие прозрачные экраны изготавливают из различных стекол (силикатных, кварцевых, органических), бесцветных или окрашенных. Для повышения эффективности применяется двойное остекление с вентилируемой воздушной прослойкой.

Органическое стекло применяют для защиты лица от теплового облучения в виде специальных щитков. Эффективность стекол зависит от спектра излучения, т.е. стекло обладает узкополосными свойствами. В последнее время одним из методов предупреждения влияния лучистой энергии является охлаждение стен, пола и потолка и применение специальных экранов на рабочих местах.

Меры, направленные на уменьшение интенсивности теплового излучения в зависимости от категории работы, сезона года и интенсивности инфракрасной радиации, приведены в ГОСТ 12.1.005-98.

Обеспечение электробезопасности электрооборудования

В рассматриваемом помещении подведено переменное напряжение 220 В, от которого запитываются ПЭВМ и осветительные приборы (люминесцентные лампы). Все электрооборудование имеет рабочую изоляцию. Для обеспечения электробезопасности должны применяться отдельно или в сочетании друг с другом следующие технические способы и средства: изоляция токоведущих частей (рабочая, дополнительная, усиленная двойная); оградительные устройства; предупредительная сигнализация, блокировка, знаки безопасности; расположение на безопасной высоте; малое напряжение; защитное заземление, зануление и защитное отключение; выравнивание потенциалов; электрическое разделение сетей; средства защиты и предохранительные приспособления.

Пожарная безопасность

Пожары и возгорания могут возникать по следующим причинам:

- нарушение технологического режима работы оборудования;
- неисправность электрооборудования;
- плохая подготовка оборудования к ремонту;
- самовозгорание различных материалов и др.

Чтобы предотвратить пожары и взрывы, необходимо исключить возможность образования горючей и взрывоопасной среды и предотвратить появление в этой среде источников зажигания. Кроме того, пожароопасность представляют собой различные электроизоляционные материалы.

Основные меры предотвращения пожаров и взрывов включают в себя: ограничение количества горючих веществ и замену их по возможности негорючими веществами; максимально возможное применение негорючих веществ; устранение возможных источников зажигания (электрических искр, нагрева оболочек оборудования); устройство противопожарных преград внутри помещений и разрывов между зданиями, монтаж противодымной защиты; организацию пожарной охраны, применение средств пожаротушения и устройств пожарной сигнализации.

Химические пенные и воздушнопенные огнетушители нельзя применять для тушения пожаров на электроустановках, находящихся под напряжением. В этом случае используют углекислотные огнетушители. К ним относятся огнетушители ОУ-2 и ОУ-5. Такой огнетушитель состоит из баллона, запорно-пускового вентиля, сифонной трубки, гибкого металлического шланга, диффузора (распылителя), рукоятки и предохранителя.

Углекислотнобромэтиловый огнетушитель ОУБ-7 используется для тушения горящих твердых и жидких веществ, для тушения электроустановок под напряжением. Он состоит из баллона емкостью 7 л, заполненной бромистым этилом и двуокисью углерода, а также сжатым воздухом для

выбрасывания вещества. Порошковый огнетушитель предназначен для тушения небольших очагов загорания щелочных металлов и кремнеорганических соединений.

Осуществляется постоянный контроль за исправностью электрооборудования. Электроустановки и контрольно-измерительная аппаратура должны иметь плавкие предохранители и автоматические выключатели. По условиям пожаробезопасности сопротивление изоляции электроцепей также тщательно контролируется.

Эвакуация при возникновении пожара проводится согласно плану эвакуации. Количество эвакуационных выходов - не менее двух. Максимальное расстояние от наиболее удаленного рабочего места до эвакуационного выхода, расположение самих эвакуационных выходов, их количество регламентируются. Технологическое оборудование не должно препятствовать эвакуации, не допускается перекрытие или загромождение эвакуационных выходов.

Здание снабжено устройствами, предназначенными для удаления дыма при пожаре: аэрационными фонарями, специальными дымовыми люками и др. (ГОСТ 12.1.044-84 «Пожарная безопасность»). Также применяют передвижные и ручные огнетушители, переносные огнегасительные установки, внутренние пожарные краны, асбестовые покрывала, ящики с песком, противопожарные щиты с набором инвентаря и др.

Заключение

В итоге выполненной работы проведено исследование спектрограмм голоса с использованием пакета Matlab. Проведён анализ спектров и спектрограмм мужских и женских голосов для целей выявления отклонений произношения гласных звуков и последующей коррекции в дальнейшем.

Исследование показало, что полученные данные можно использовать специалистам по фониатрии для восстановления голоса у пациентов с функциональными нарушениями.

В учебном процессе результаты проведённых исследований могут использоваться для чтения дисциплин по направлению «Биомедицинская инженерия», и дисциплин, связанных с необходимостью разработки программных продуктов.

Литература

1. Гульяев А. Визуальное моделирование в среде Matlab: Учебный курс. – С.-Пб.: Питер, 2000. –432 с.
2. Потемкин В. Г. Система инженерных и научных расчетов Matlab 5.x: В 2-х т. Т.1. –М.: Диалог-МИФИ, 1999. –366 с.
3. <http://www.matlab.exponenta.ru>
4. Р. Гонсалес, Р. Вудс, С. Эддинс цифровая обработка изображений в среде Matlab. Москва: Техносфера, 2006. - 616 с.
5. Дж.Дэбни, Т.Харман Simulink 4. Секреты мастерства. Издательство: Бином. Лаборатория знаний, 2003.
6. Курбатова Е.А. Matlab 7. Самоучитель. Издательство: Вильямс.: 2005.- 256.
7. Алексеев Е.Р., Чеснокова О.В. MATLAB 7. Самоучитель. Издательство "НТ Пресс" 2006г. 464с.
8. Поршнева С.В. Matlab 7. Основы работы и программирования. учебник. Издательство "Бином. Лаборатория знаний" 2006.-320 с.
9. В.П. Дьяконов. Matlab 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6. Основы применения. М.: СОЛОН-Пресс, 2005. - 800с.
10. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда). Учебн. пособие для вузов /Юлдашев О.Р., Кудратов О.К. и др. – Т.: Укитувчи, 2009. - 318 с.
11. Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным требованиям к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы: Сан Пин 2.2.2 542-96. – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2009.