

СИЗОВ А.Г., МЕЩЕРЯКОВ Р.В., ТИУНОВ С.Д.
**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ГОЛОСА ЛИЦ, СТРАДАЮЩИХ
ДИСФОНИЕЙ**

Сизов А.Г., Мещеряков Р.В., Тиунов С.Д. **Оценка качества голоса лиц, страдающих дисфонией.**

Аннотация: Статья посвящена вопросам оценки качества жизни пациентов, страдающих заболеваниями органов голосообразования. Предлагается введение обобщенной математической оценки для определения качества жизни лиц с дисфонией, а также программное обеспечение, автоматизирующее процесс оценки.

Ключевые слова: информационные системы, нарушение голоса, критерий, фонация, качество жизни.

Sizov A.G., Mescheriakov R.V., Tiunov S.D. **People with dysphonia voice quality estimation.**

Abstract: In this paper the authors dwell on assessing the quality of life of patients suffering from diseases of the phonation. The introduction to a generalized mathematical evaluation to determine the quality of life of people with dysphonia is proposed, as well as software that automates the process of evaluating.

Keywords: information systems, voice infringement, criterion, phonation, life quality.

1. Введение. Оказание социальных услуг населению является одной из приоритетных задач системы здравоохранения Российской Федерации. Лица с ограниченными возможностями и пожилые люди попадают в категорию объектов, которым необходима постоянная поддержка и ведение регулярного осмотра по определению состояния жизненно-важных функций.

Одним из наиболее активно развивающихся направлений социальной помощи населению – это оценка качества жизни человека. Голосообразование – это одна из важнейших функций человека, позволяющая осуществлять коммуникационный акт. У лиц пожилого возраста нарушения голосообразования и речевосприятия относятся к наиболее распространенным заболеваниям. Однако эти нарушения носят, как правило, фрагментарный характер и развиваются относительно долго.

Предлагается проводить оценку влияния нарушений системы голосообразования человека на его социальную жизнь, в частности, нарушения процесса голосообразования – дисфонии.

Основной целью и задачей проекта является повышение качества жизни людям с ограниченными возможностями, а именно разработка математической модели и программного обеспечения для реализации в диагностическом устройстве.

2. Образование голоса. Рассмотрим анатомию и физиологию возникновения голоса. Система голосообразования (см. рис.1) может рассматриваться как автоматическая система, состоящая из:

- излучателя (поток воздуха, образуемый легкими);
- вибратора (мышцы гортани);
- мембраны (голосовые связки);
- импульсионного модулятора (язык);
- резонатора (глотка);
- частотного модулятора (мышцы рта).

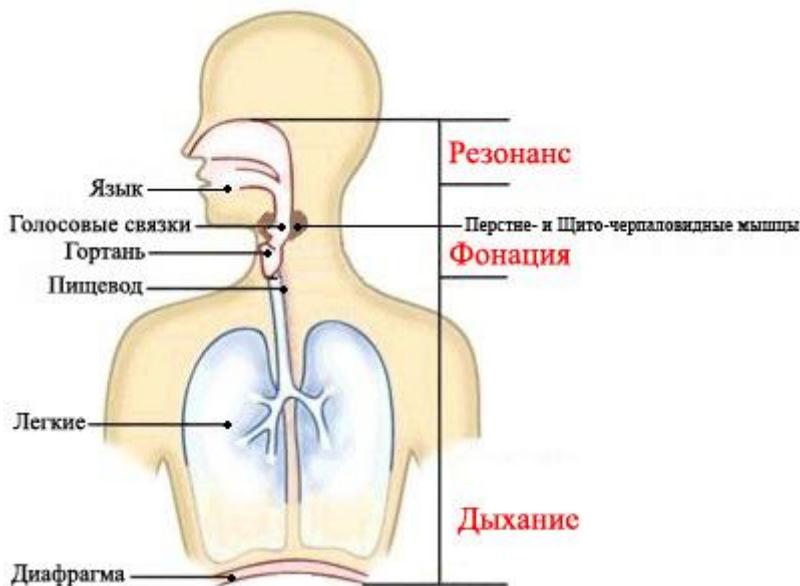


Рис 1. Органы голосообразования

Фонация может быть проанализирована как преобразователь электрического сигнала в звуковую волну. Воздушный поток, созданный легкими, проходит через голосовые связки, которые создают волновую форму. Воздушный поток продолжает движение в глотку, чтобы получить резонанс и волновую форму, модулированную по интенсивности и частоте мышцами языка и рта (см. рис.2).

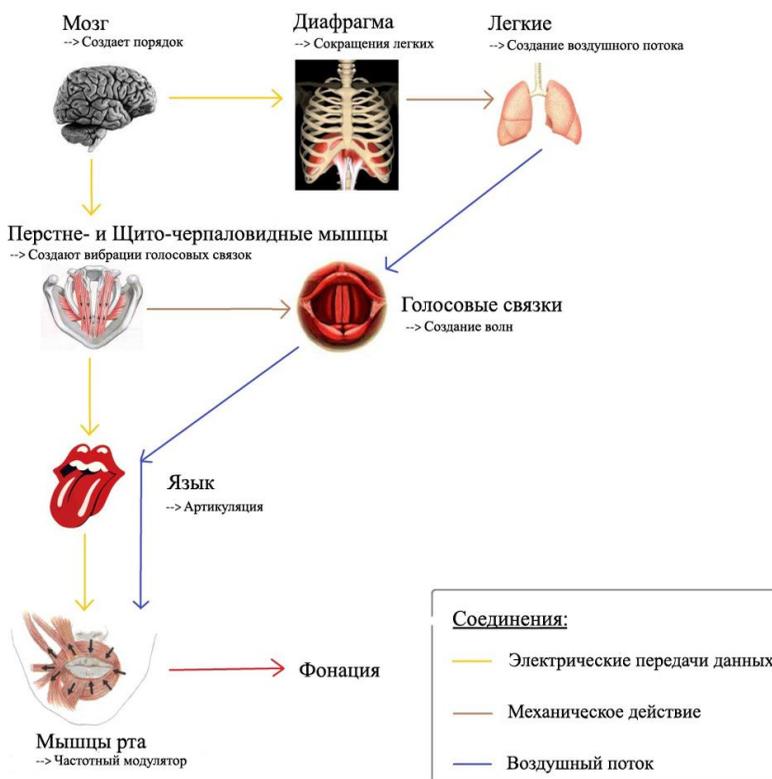


Рис. 2. Процесс голосообразования

Ряд заболеваний приводит к нарушению качества жизни. Дисфония четко определяется как основное расстройство фонации, является следствием патологии голосовых связок. Есть два вида дисфонии – функциональная и повреждающая.

Повреждающие дисфонии делится на два вида: врожденная и приобретенная дисфония. Повреждающая дисфония в некоторых случаях может появиться после функциональной дисфонии.

Возможны функциональные дисфонии:

- хрипота;
- ларингит;
- воспаление гортани;
- гиперкинез;

- слизистая киста или киста оболочки;
- гипокинез;
- инфекция горла;
- глоссоплегия;
- ринофарингит.

Указанные заболевания имеют различные степени тяжести, что существенно отражается на качестве жизни человека (см. табл.1). Таким образом, диагностирование нарушений фонации помогут определить уровень качества жизни.

Таблица 1. Шкала голосовых нарушений

Градация нарушений	Степень нарушений	Описание	Рекомендации
Нет нарушений	0	-	-
Незначительные нарушения	1	Лингвистическое нарушение едва чувствуется или ощущается только самим пациентом.	Рекомендуется речевая терапия
Умеренные нарушения	2	Снижение легкости и скорости говорения.	Необходима речевая терапия
Тяжелые нарушения	3	Говорящий нуждается в помощи слушателя. Пациент часто не может быть понятым, но понимает сам.	Необходима речевая терапия и помощь со стороны слушателя
Глубокие повреждения	4	Говорение фрагментарными выражениями. Слушатель должен о многом догадываться. Информации мало, и слушатель	Необходима речевая терапия и изучение языка жестов, консультации или синтез голоса.

		должен управлять разговором.	
Полная немота	5	Непонятные выражения и любые словесные попытки.	Изучение языка жестов, синтез голоса.

Эти шкалы позволяют лучше понять последствия каждого заболевания и оказывать влияние на качество жизни. Предлагается определять качество жизни по схеме, представленной на рис. 3. Нарушения речи напрямую связаны с нарушениями в коммуникативной сфере.



Рис. 3. Шкала качества жизни

3. Предлагаемый подход. Для ввода информации в ЭВМ используется устройство, представленное на рис. 4. Устройство записывает дифоннобалансированный текст через микрофон, запись в формате *.wav заносится в базу данных. Далее происходит преобразование звука в спектр по методу спектрального анализа, который тоже заносится в базу данных. Затем голос пациента сравнивается с эталонным голосом этого же пациента (голос получен при нормальных условиях и до периода заболевания) и устанавливаются аномалии по спектру сигнала. Установив соответствие нарушений с базой данных, можно будет узнать вид заболевания. Результаты будут переданы на компьютер и распечатаны. Это позволит отслеживать ситуацию пациента для того, чтобы получить общую картину.

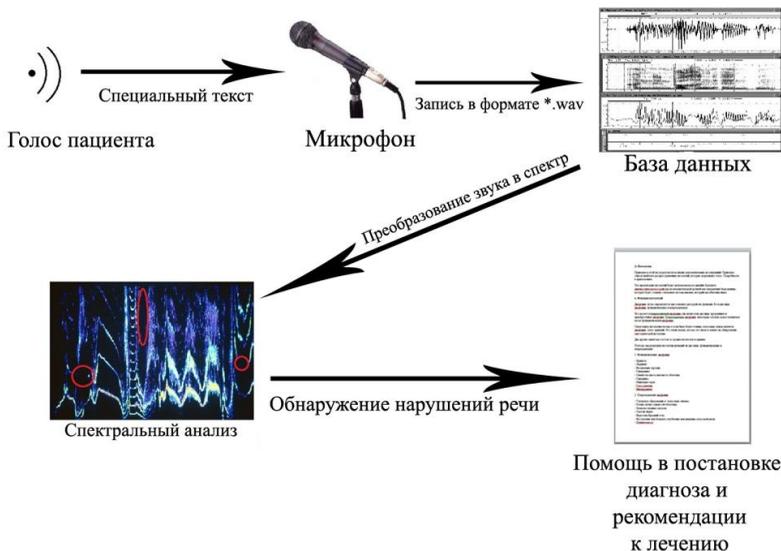


Рис. 4. Диагностическое устройство

Для диагностирования дисфонии предлагается использование метода спектрального анализа. Как правило, для выявления патологии голоса пациента врачу-фоониатру необходимо его графическое изображение. Для этого пациенты должны произнести два конкретных предложения («В бухту с моря налетел ветерок» и «Эти жирные сазаны ушли под палубу») и гласные («А», «И», «О»). Спектральный анализ должен быть сделан для каждого предложения и гласных. Для преобразования звуковых записей пациента в графическую характеристику голоса используется математический аппарат.

Спектральный анализ речевого сигнала используется для диагностики патологий. В базе данных речевых сигналов, состоящей из нескольких анализов для всех патологий, о которых говорилось ранее, были найдены общие характеристики одинаковых заболеваний. Указанная база данных будет использоваться в диагностическом устройстве. Она содержит спектральные характеристики для каждого пола и возраста. Были сделаны записи голосов нескольких пациентов разного возраста, пола и страдающих различными болезнями (120 записей).

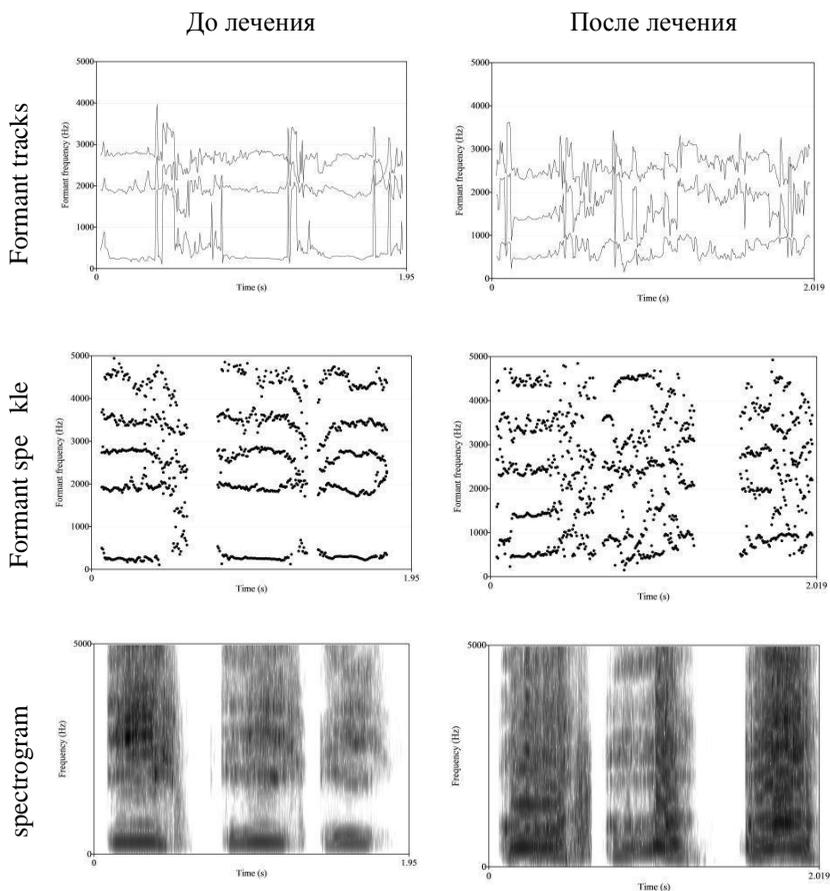
Установлено, что необходимо получить по 10 записей для каждого пола в четырех возрастных группах для каждой болезни,

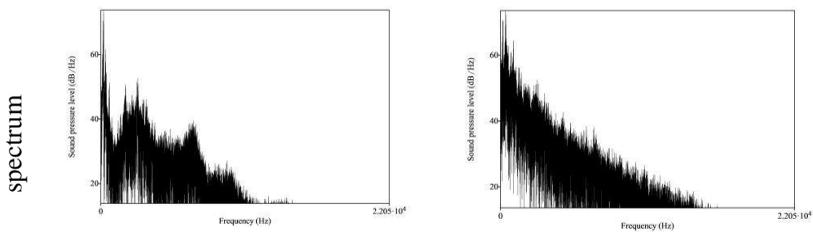
чтобы получить достаточный список характеристик для улучшения системы. Список представляет собой более 2 000 записей для тех болезней, которые были отмечены.

4. Апробация исследований. Для проверки метода спектрального анализа были исследованы речевые сигналы более пятидесяти пациентов. Приведем результаты исследований по двум пациентам.

1. Андрей Б. (пол: М, Дата рождения: 02.06.69, диагноз: Хронический ларингит)

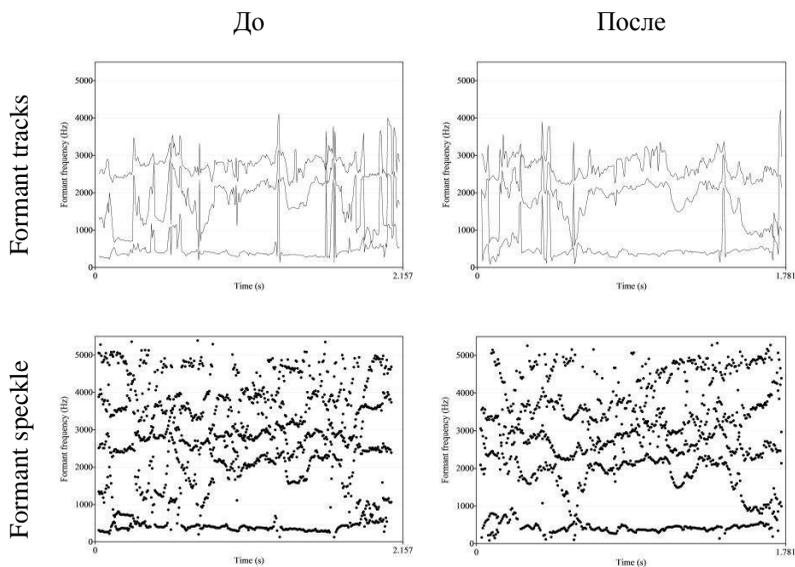
Таблица 2 – Параметры голоса пациента Андрея Б.



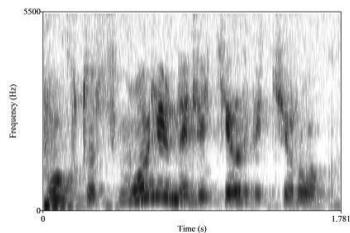
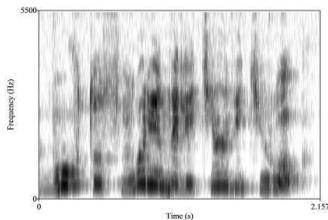


2. Наталья Г. (пол: Ж, Дата рождения: 24.02.56, диагноз: острый ларингит)

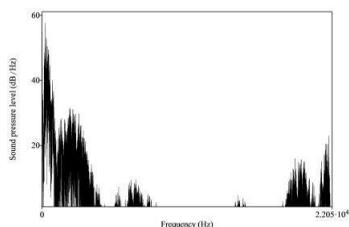
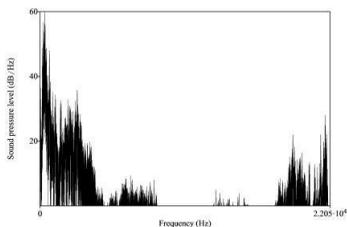
Таблица 3 – Параметры голоса пациента Натальи Г.



spectrogram



spectrum



Выводы, которые можно сделать по указанным пациентам:

- Для пациента Андрея Б. до лечения: длительное произношение гласных звуков (когда голосовые связки должны быть в автоколебательном режиме); увеличение в расширении верхней форманты и снижение интенсивности (в спектрограмме) сигнала; пациент испытывает трудности в произношении. После лечения: длительность фонации увеличилась; форманты становятся более выраженными.

- Для пациента Натальи Г. до лечения: длительное произношение гласных звуков (когда голосовые связки должны быть в автоколебательном режиме); увеличение диапазона верхней форманты и снижение интенсивности (в спектрограмме) сигнала; продолжительность произнесенных фраз короткая; при произнесении фразы появляются высшие гармоники, которые означали "свист" и утку воздушного потока через голосовую щель. После лечения: нормализация структуры формант при произношении.

Необходимо отметить, что исследования проводились и в процессе лечения различных форм дисфонии. В частности, в таблице 4 представлены результаты изменения различных параметров голоса программой praat [8] после проведения воздействия вибрационным устройством на частотах 20, 40, 60 Гц. Темным цветом отмечены

значения показателей, улучшивших свои значения в процессе лечения различных форм дисфонии (С1, С2 – ларингиты, О1, О2 – осиплости).

5. Заключение. Проведенные испытания показывают, что метод спектрального анализа может не только применяться врачом-логопедом, но и использоваться в автоматическом режиме. Он обеспечивает высокую скорость оценки и постановки диагноза, тем самым позволяя врачу сконцентрироваться на разработке курса лечения. Диагностическое устройство будет востребовано в любом отделении оториноларингологии и может повысить качество обслуживания пациентов. В настоящее время модель устройства проходит апробацию в 10 поликлинике г. Томска. Выражаем особую благодарность Мухиной В.И. за помощь и апробацию данной модели. В дальнейшем планируется создание мобильного устройства для использования в качестве индивидуального медицинского устройства.

Таблица 4. Шкала голосовых нарушений

Идентификатор гласной	Заблуждение	Форманта	Показатель HNR				Показатель jitter				Показатель shimmer			
			0	20	40	60	0	20	40	60	0	20	40	60
БорАБ	С1	[а]	20,248	21,113	20,502	22,033	0,319	0,203	0,201	0,228	2,144	1,898	3,047	2,225
БорАБ	С1	[и]	14,509	16,48	17,199	18,038	0,318	0,237	0,253	0,285	2,76	1,972	1,833	1,274
БорАБ	С1	[о]	22,181	21,454	22,397	20,829	0,311	0,289	0,221	0,236	3,036	3,177	2,026	2,244
КриУВ	О2	[а]	19,638	20,019	19,789	23,244	0,405	0,407	0,367	0,383	3,332	3,714	4,423	2,793
КриУВ	О2	[и]	21,596	22,414	21,629	22,654	0,319	0,396	0,263	0,314	2,751	2,149	4,12	2,934
КриУВ	О2	[о]	24,435	25,561	26,003	19,223	0,376	0,396	0,336	0,375	3,127	2,649	2,929	7,069
ЛекЛН	С2	[а]	19,942	22,652	24,497	22,561	0,341	0,267	0,189	0,296	3,611	2,285	2,56	2,757
ЛекЛН	С2	[и]	26,051	25,658	29,782	27,443	0,294	0,261	0,184	0,228	2,091	3,591	1,529	1,92
ЛекЛН	С2	[о]	19,01	28,753	30,796	10,213	0,396	0,217	0,169	0,959	8,931	1,899	1,108	16,502
ПлоНА	О1	[а]	23,662	21,335	22,916	24,815	0,298	0,491	0,242	0,244	2,397	2,068	1,941	1,781
ПлоНА	О1	[и]	16,851	19,579	19,167	22,477	0,295	0,489	0,202	0,307	4,255	2,98	2,607	2,096
ПлоНА	О1	[о]	26,292	26,559	28,026	24,779	0,326	0,354	0,292	0,35	1,814	1,406	2,039	2,493

Литература

1. Основы логопедии / Т.Б. Филичева, Н.А. Чевелева, Г.В. Чиркина.— М.: Просвещение, 1989.—223 с.: ил.
2. *Вартамян И.А.* Физиология сенсорных систем: Руководство / Серия «Мир медицины». - СПб.: Издательство «Лань», 1999. – 224с.
3. *Gold B., Morgan N.*, “Speech and Audio Signal Processing”, John Wiley and Sons, New York, 2000.
4. *Quatieri T.*, “Discrete-Time Speech Signal Processing: Principles and Practice”, Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, 2002.
5. *Huang X., Acero A., Hon H.-W.* “Spoken Language Processing”, Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, 2001.
6. *Ганбат Д., Ронжин А.Л., Найдандорж Р., Будков В.Ю., Прищена М.В.* Разработка веб-системы для предоставления обучающих сервисов удаленным мобильным пользователям // Труды СПИИРАН. Вып. 13, СПб.: Наука, 2010, С. 21-34.
7. *Кипяткова И.С., Карпов А.А.* Аналитический обзор систем распознавания русской речи с большим словарем // Труды СПИИРАН. Вып. 12, СПб.: Наука, 2010, С. 7-20.
8. *Ронжин А.Л., Карпов А.А., Леонтьева Ан.Б., Костюченко Б.Е.* Разработка многомодального информационного киоска. // Труды СПИИРАН. Вып. 5, т. 1. — СПб.: Наука, 2007, С. 227-245.
9. Программа praat [режим доступа: свободный] <http://www.fon.hum.uva.nl/praat/>.

Сизов Александр Геннадьевич — аспирант кафедры Комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем ТУСУР. Область научных интересов: медицинское приборостроение, оценка качества жизни, математическое моделирование. Число научных публикаций — 4. cu3blu.ru@gmail.com; г. Томск, пр. Ленина, 40, ауд. 210, тел. +7 (913) 888 58 86

Sizov Alexandr Gennadievich - post-graduate student, Dept. of Complex Security of Electronic-computing Systems of Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics (TUSUR). Research interests: medical equipment, life quality estimation, mathematical modeling . The number of publications — 4. cu3blu.ru@gmail.com; KIBEVS Dept. TUSUR, 40, Lenin-avenue Tomsk, 634050, Russia; phone +7 (913) 888 58 86.

Мешеряков Роман Валерьевич — канд. тех. наук, заместитель начальника научного управления, доцент кафедры Комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем ТУСУР. Область научных интересов: системный анализ и информационной безопасности: вопросы обработки информации в интеллектуальных системах, особое внимание уделяется вопросам создания информационно-безопасных систем. Число научных публикаций — 247. mrv@security.tomsk.ru; 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, ауд. 210; p.т. +7 (3822) 900-111, факс +7 (3822) 900-111.

Meshcheriakov Roman Valerievich — PhD, assistant professor, Dept. of Complex Security of Electronic-computing Systems of Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics (TUSUR). Research interests: speech analysis, speech recognition, medical technology, information security. The number of publications — 247, IEEE Senior Member. mrv@security.tomsk.ru; KIBEVS Dept. TUSUR, 40, Lenin-avenue Tomsk, 634050, Russia; office phone +7(3822)413-426, fax +7(3822)900-111.

Тиунов Сергей Дмитриевич — аспирант кафедры Комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем ТУСУР. Область научных интересов:

обработка речевого сигнала, математическое моделирование. Число научных публикаций — 13. t5d@mail.ru ; г. Томск, пр. Ленина, 40, ауд. 210, тел. +7 (913) 823 32 56

Tiunov Sergey Dmitrievich - post-graduate student, Dept. of Complex Security of Electronic-computing Systems of Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics (TUSUR). Research interests: speech signal processing, mathematical modeling . The number of publications — 13. t5d@mail.ru; KIBEVS Dept. TUSUR, 40, Lenin-avenue Tomsk, 634050, Russia; phone +7 (913) 888 58 86.

Поддержка исследований. Данное исследование поддержано Министерством образования и науки РФ в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 гг.» (госконтракт № П11083).

Рекомендовано лабораторией речевых и многомодальных интерфейсов, заведующий лабораторией Ронжин А.Л., д-р техн. наук, доц.
Статья поступила в редакцию 26.07.2011.

РЕФЕРАТ

Сизов А.Г., Мещеряков Р.В., Тиунов С.Д. **Оценка качества голоса лиц, страдающих дисфонией.**

Основной целью и задачей проекта является разработка математической модели качества жизни людей, страдающих заболеваниями голосообразования – дисфонией, и ее применение в устройстве для оценки качества жизни. Предлагается проводить оценку влияния нарушений системы коммуникации человека на его социальную жизнь, включая голосообразование и слух. В частности, рассматриваются нарушения фонации и частный случай – дисфония. Дисфония – основное расстройство фонации и следствие патологии голосовых связок – функциональной и повреждающей дисфонии.

Указанные заболевания имеют различные степени тяжести, что существенно отражается на качестве жизни человека. Диагностирование нарушений фонации помогут определить уровень качества жизни. Для ввода информации в ЭВМ предлагается использовать специальное устройство, которое записывает фониатрический текст через микрофон и заносит его в базу данных.

Для обработки сигнала используется как существующее, так и оригинальное математическое и программное обеспечения с целью выявления вида и степени тяжести заболевания, а также проведения оценки качества жизни пациента. Для диагностирования дисфонии предлагается использование методов спектрального анализа. При выявлении патологии голоса пациента врачу-фониадру необходимо их графическое изображение. Для этого пациенты должны произнести два предложения, содержащие отличительные признаки наличия или отсутствия заболевания. Спектральный анализ должен быть сделан для каждого предложения и гласных. По графикам можно будет выделить частотную модуляцию голоса пациента. Указанная база данных, которая содержит спектральные характеристики для каждого пола и возраста, будет использоваться в диагностическом устройстве. Проведенные испытания показывают, что метод спектрального анализа может применяться как врачом-логопедом, так и использоваться в автоматическом режиме. Он обеспечивает высокую скорость оценки и постановки диагноза. Устройство будет востребовано в отделениях оториноларингологии и может повысить качество обслуживания пациентов.

SUMMARY

Sizov A.G., Mescheriakov R. V., Tiunov S.D. **People with dysphonia voice quality estimation.**

The main aim and objective of the project is to develop a mathematical model of life quality for persons suffering from diseases of phonation – dysphonia and its implementation in the device for assessing life's quality. It is proposed to assess the influence of violations of human communication on social life, including phonation and hearing. In particular, we consider disturbances of phonation, and as a special case - dysphonia. Dysphonia - the main phonation disorder and the consequence of pathology of the vocal cords - damaging and functional dysphonias. These diseases have different degrees of severity, which significantly affect the quality of human life.

Diagnosing the disorders of phonation will help to determine the level of quality of life. For loading information into computer we propose to use a special device that records phonetics text through a microphone and puts it into the database. Signal processing is used as the current and original mathematical and software in order to identify the type and severity of the disease, as well as to assess the quality of life. For the diagnosis of dysphonia we suggest the use of methods of spectral analysis. For identifying the patient's voice pathology doctors need phonetics to be graphic.

For this purpose patients have to pronounce two sentences of the distinctive features which reveal the presence or absence of a disease. Spectral analysis has to be fulfilled for each sentence and vowels. Using the graph you can select the frequency modulation of the patient's voice. The database, which contains the spectral characteristics for each sex and age, will be used in a diagnostic device. The tests show that the method of spectral analysis can be used equally by a speech pathologist and in automatic mode. It provides high-speed evaluation and diagnostics. The device will be in demand at the otorhinolaryngology department, and can improve the quality of medical care.