

## Современные информационные технологии обучения и коррекции произношения глухих

*Харьковский национальный университет радиозлектроники  
Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»*

Представлены и проанализированы проблемы обучения и коррекции речи глухих и слабослышащих. Описаны современные методы обучения глухих, в том числе с использованием компьютерных технологий, рассмотрены их достоинства и недостатки. На основе анализа выявлены недостатки «спектрального» метода распознавания визуальных речевых образов и реализующего его программного обеспечения. Представлена и обоснована концепция нового метода обучения глухих и слабослышащих произношению и коррекции речи путём визуализации звуковых образов методом «координат» с целью формирования и закрепления правильных кинестетических стереотипов мышц речеобразующих органов. Сформулированы основные требования к ПО, реализующему новый метод обучения глухих.

**Ключевые слова:** обучение глухих, произношение, визуализация образов звуков, спектр звука, амплитудно-временная характеристика.

### Введение

Согласно статистике глухие люди составляют примерно 2 % от общего числа людей. Известна исключительная роль слуха в развитии речи. Нарушения в развитии речи, вызванные недостаточностью слуха, в значительной степени связаны с временем потери слуха, а также с характером слухового дефекта. Недостаточность функции слухового анализатора приводит к нарушению развития всех сторон речи — фонетической, лексической грамматической, смысловой, а в некоторых случаях - и к полному отсутствию речи [1]. Несмотря на определенные успехи в обучении глухих, большинство все еще пользуется при общении языком жестов и плохо поддается обучению. Обучение глухих и слабослышащих людей пониманию речи и разборчивому произношению представляет собой сложнейшую комплексную задачу [2], на сегодня не решённую на приемлемом уровне. Основным средством общения глухих продолжает оставаться язык жестов, который непонятен для большинства людей [3]. Это создаёт труднопреодолимые границы между глухонемыми и слышащими людьми, препятствует повышению образовательного уровня и социокультурной интеграции глухих в общество. В этой связи возникает настоятельная потребность в совершенствовании методов обучения глухих пониманию устной и письменной речи и практическим навыкам её воспроизведения. Ниже остановимся в основном на проблеме формирования разборчивой речи у людей с проблемами слуха.

### 1. Цель работы

Целью работы является анализ современных методов и представление концепции нового метода обучения глухих и слабослышащих практическим навыкам произношения с использованием информационных компьютерных технологий (ИКТ).

## 2. Метод визуализация как средство обучения глухих произношению и распознаванию устной речи

Один из эффективных методов обучения глухих пониманию устной речи основан на слухозрительном восприятии речи с использованием достаточного слуха (усиленного с помощью слуховых аппаратов) и чтении с губ собеседника. Этот метод дополняется ранним обучением глухих детей буквам и письменной речи [4]. Имеются случаи, когда глухие с помощью данного метода могут понимать устную речь, говорить достаточно разборчиво для окружающих. Усилия, потраченные на обучение глухих, а затем и практические результаты обучения пониманию и произношению речи варьируются в широких пределах. Эти результаты зависят от многих причин: времени потери слуха (до или после трёх лет от рождения), степени потери слуха (тугоухость или тяжёлая глухота), интенсивности и эффективности применяемых методик обучения и др. В случаях тяжёлой потери слуха в доречевом периоде реабилитация требует огромных затрат времени как обучаемых, так и обучающихся (родителей и высококвалифицированных специалистов). Поэтому идея зрительного восприятия устной речи, возможность видеть и распознавать звуковую информацию, разборчиво воспроизводить её с правильной интонацией сохранила свою актуальность. Процесс произношения звуков осуществляется, в частности, на основе развития кинестетических механизмов работы мышц органов речи. Кинестетическая основа построения сложных координированных стереотипов мышечных усилий под контролем слуха и определяет процесс формирования устной речи.

У глухих эти механизмы из-за отсутствия слуха не включаются в активный режим, они функционально не востребованы и не получают своего развития. В данном случае можно говорить об аналогии с процессом формирования у ребенка навыков ходьбы, где по мере освоения элементарных доступных двигательных актов, последовательных тренировок и под контролем сенсорной системы осваиваются сложные движения.

У слышащих детей, развивающихся в говорящей среде, благодаря контролю слуха формируется динамический стереотип мышечных усилий для каждого звука, позволяющий воспроизводить речевые звуки, причём этот сложный физиологический процесс происходит автоматически без каких-либо видимых усилий. В процессе обучения и формирования динамического стереотипа *при отсутствии слуха* основным критерием оценки качества произносимого звука может выступать визуальный образ произносимого звука. Подчеркнем, что визуализация и сравнение структур в процессе обучения имеет научное обоснование. Формирование системы звуковых сигналов-символов и их структур, их сравнение, последовательное приближение к необходимому результату в виде многократных повторений для формирования речевых стереотипов нашло свое подтверждение, например, в работах В. Пенфильда (1959) [6], Н.Г. Салминой (1988) [7], Ю. Б. Зеленской. (2003) [8].

Как правило, существующие методы визуализации звуковой информации основаны на том известном факте, что произносимый звук является результатом сложения гармонических колебаний с учетом их амплитудно-частотной характеристики. Для цели обучения используется метод сравнения (назовём его «спектральным» методом): произносимый глухим звук визуализируется на экране компьютера и сравнивается с визуальным образом образца-эталона звука, которому

необходимо обучить. Учителем (сурдопедагогом) путём наговаривания в микрофон, подключаемый к звуковой карте компьютера, создается банк эталонных речевых единиц (звуков, слогов, слов). Необходимый визуальный контроль в этом случае надо осуществлять по громкости произносимого звука (амплитуды сигнала), его форме, длительности и частотной характеристике (спектр звукового сигнала). Правильное произношение формируется у глухих с опорой на зрение и после многократного повторения происходит запоминание ощущений рецепторов речевых органов. Запись, анализ и разложение звукового сигнала на спектральные составляющие осуществляется с помощью специальных компьютерных программ. Обучаемый произносит в микрофон разучиваемую речевую единицу, соответствующую эталону, а программа на основании анализа записанного звукового сигнала определяет его временную и амплитудно-частотную (спектральную) структуры и выводит звуковой образ на экран. Образ образца-эталона и образ звука ученика помещают в двух окнах экрана компьютера или совмещают в одном окне с выделением цветом. Затем сурдопедагогом совместно с учеником выполняется визуальное сравнение этих структур. Сурдопедагог производит анализ различий и понуждает ученика произвести коррекцию произношения (например, поднять корень языка, включить голос, вибрацию и т.д.), затем процесс повторяется до достижения совпадения структур и, соответственно, правильного (разборчивого) звучания.

### **3. Анализ современных компьютерных программ, реализующих метод визуализации звуков («спектральный» метод) для обучения глухих и слабослышащих произношению**

Наиболее известна и широко применяется в отечественной и российской сурдопедагогике программа «Speechviewer III» (Видимая речь, версия 3), разработанная известной фирмой IBM. Программа явилась существенным прорывом в обучении произношению людей с проблемами слуха и позволила значительно ускорить процесс обучения [8], [9]. В программе впервые удалось реализовать изложенный выше «спектральный» метод обучения произношению путём визуализации и сравнения звуковых образов. Программа даёт возможность сурдопедагогу работать с базовыми компонентами звучащей речи: речевым дыханием, голосообразованием, голосоведением и фонематическим оформлением речи. Визуализируется наличие и отсутствие голоса, длительность фонации, интенсивность голоса и его частотный диапазон [10]. Кроме того, программа даёт возможность сурдопедагогу реализовать принцип постепенного усложнения, интерактивное взаимодействие, игровую стратегию обучения. На рис. 1 показан скриншот модуля программы. Одинаковый речевой материал, произнесённый учителем и учеником, отображается в виде различных видеogramм. Красным цветом выделено включение голоса, зелёным – речевое дыхание и отсутствие голоса. Амплитуда кривой соответствует интенсивности голоса и речевого дыхания. Общая конфигурация кривой отражает слоговую структуру, слитность звучания, ударение. Анализируя и сравнивая конфигурацию, амплитуду, форму и цвет, специалист получает детальное представление об ошибках произношения. Однако «Speechviewer III» имеет и существенные недостатки. Версия 3 программы вышла в 1997 г. и с тех пор разработчиком не модифицировалась. Этим объясняется примитивность (по современным меркам) анимации, дизайна, невозможность сохранять в памяти компьютера взрывные согласные П, Т, К, Б, Д, Г [11]. Программа не предусмат-

ривает возможность визуального отображения деятельности артикуляционного аппарата, что усложняет понимание учениками того, как правильно воспроизводить звуки. Программа предназначена для детей дошкольного и младшего школьного возраста.

Для обучения и коррекции произношения глухих (слабослышащих) подростков и взрослых используются компьютерные программы, именуемые звуковыми редакторами SpectraLAB, SoundForgePro 10.0 и им подобные. Программы имеют широкие возможности анализа, визуализации и сравнения звуковых сигналов образца-эталона и ученика. Записанная звуковая информация представляется на графиках в виде зависимостей уровня сигнала от времени (рис. 2 - 5), или зависимостей уровня сигнала от частоты (рис. 2 -4), или распределения частот сигнала во времени (интенсивность сигнала изображается цветом).

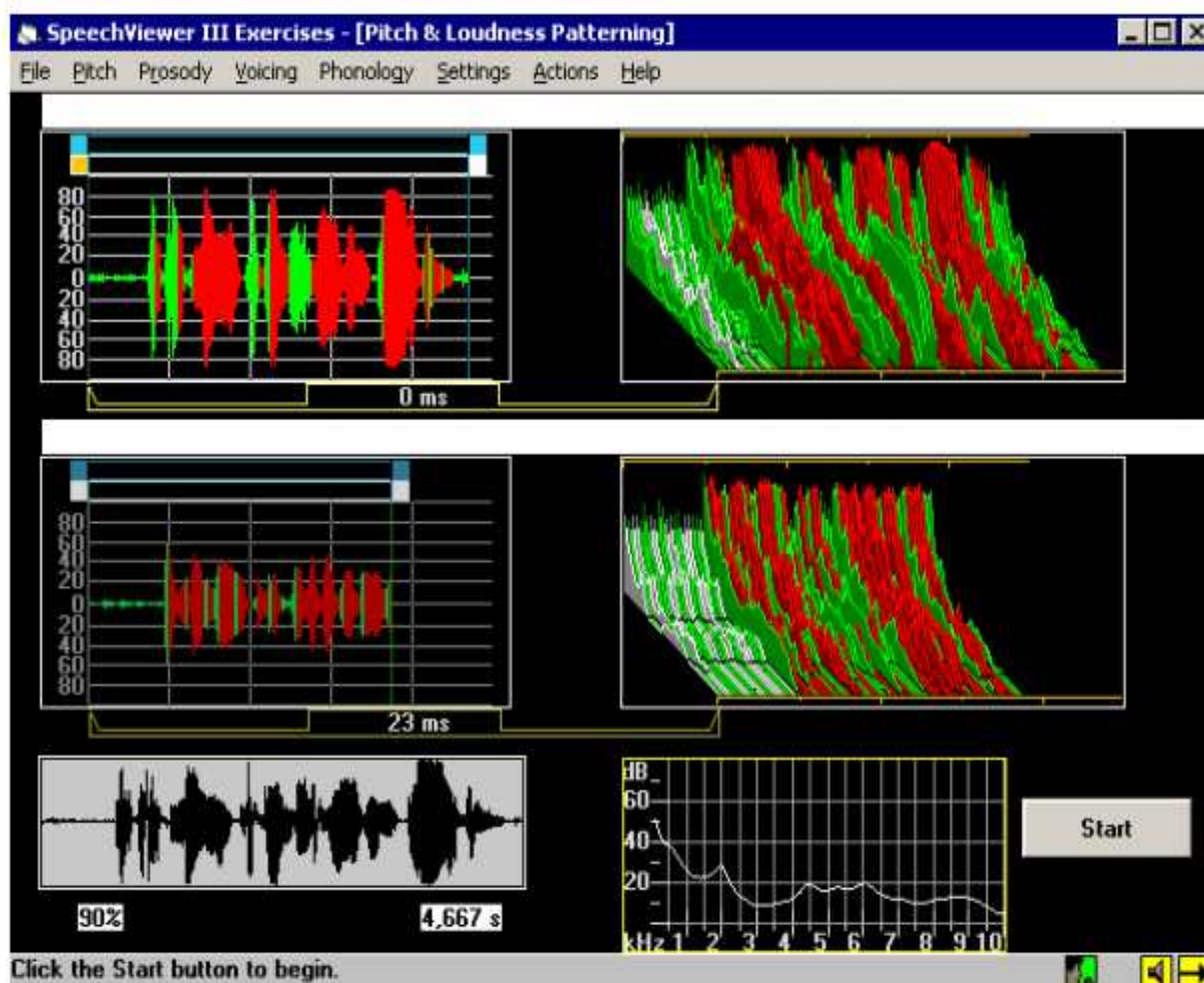


Рис. 1. Скриншот модуля программы «Speechviewer III»

Программы позволяют отображать трехмерное изображение спектра сигнала, наблюдать на экране, запоминать и сравнивать одновременно до 4 спектрограмм, а также работать со звуковыми файлами разных форматов (wav, raw, mp3), измерять частоты, сравнивать спектры сигналов и определять разность частот, делить звуковой поток на фрагменты и анализировать каждый фрагмент отдельно.

В процессе обучения специалист (сурдопедагог) анализирует визуальные образы звуковых сигналов, определяет близость структур произносимых и эталонных звуков и путем последовательного приближения достигает правильное произношение. Далее осуществляется закрепление и автоматизация произношения.

На рис. 2 - 4 представлены звуковые сигналы звуков "а", "и", "у" и их спектральные характеристики, полученные с помощью программы SpectraLAB. На рис. 5 показан визуальный образ слова «вишня»: а) образец-эталон слова «вишня», произнесённый учителем; б) образец-эталон слова «вишня», произнесённый учеником. По отличиям графиков на рис. 5 опытный сурдопедагог может увидеть ряд дефектов: чрезмерное напряжение в начале звука «В», нечёткое произношение звуков «И», «Ш», «Н», удлинение переключения «ш-н». Можно сделать вывод о необходимости перехода на более низкий этап обучения, т. е. работать над произношением простых фонем. Дополнительную информацию об ошибках специалист может получить, сравнивая спектры сигналов. К недостаткам подобных программ относятся невозможность визуального отображения деятельности артикуляционного аппарата, отсутствие игровой стратегии, что влечёт за собой снижение мотивации, быструю утомляемость учеников.

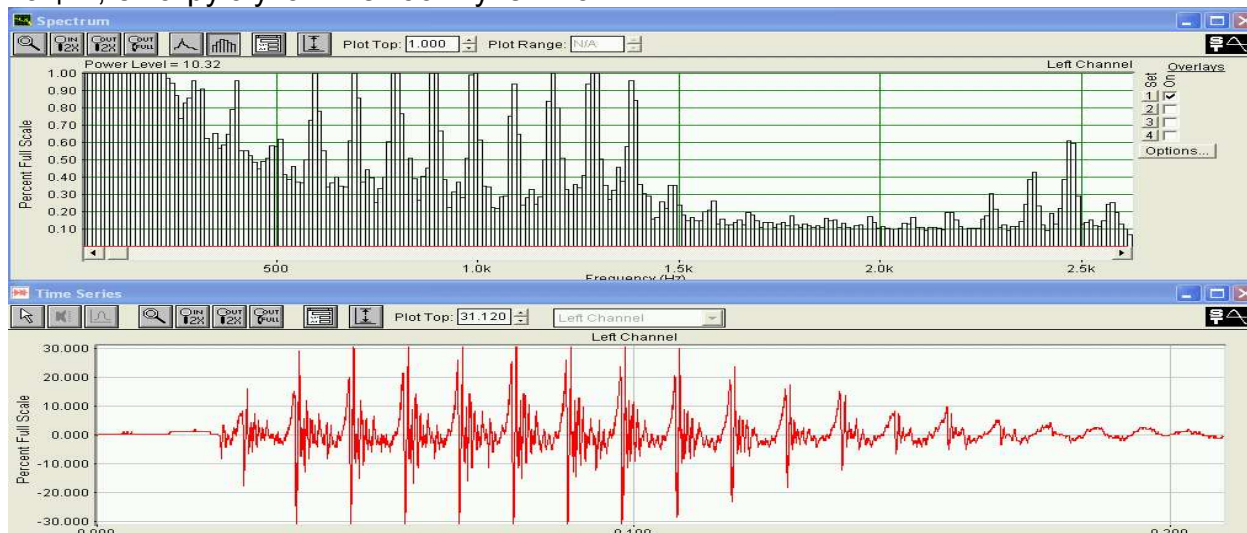


Рис. 2. Спектрограмма и амплитудно-временная характеристика звука "а"

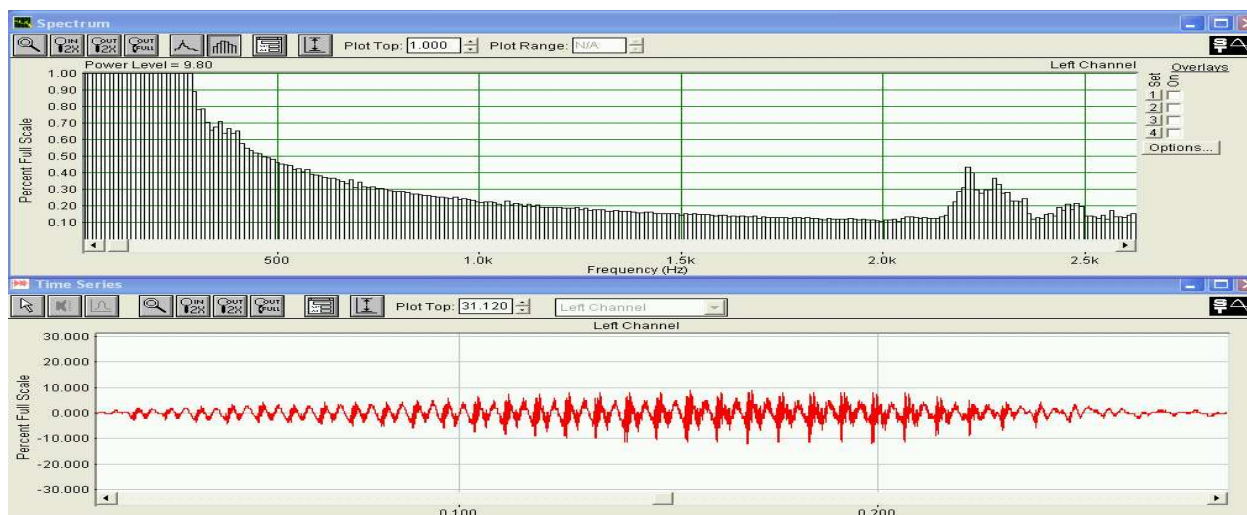


Рис. 3. Спектрограмма и амплитудно-временная характеристика звука "и"



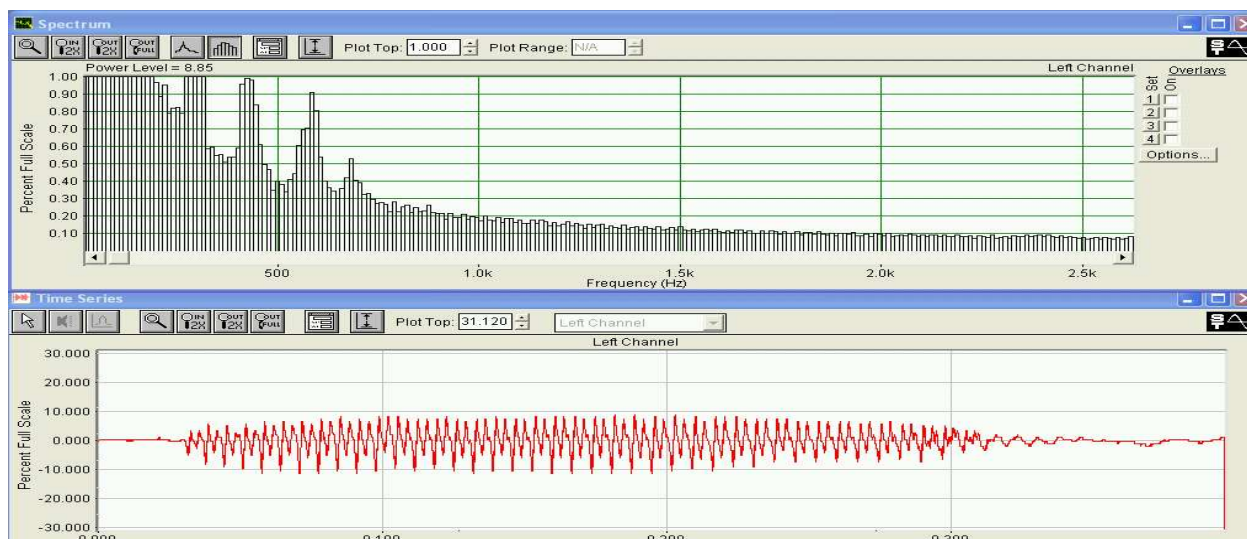


Рис. 4. Спектрограмма и амплитудно-временная характеристика звука "у"

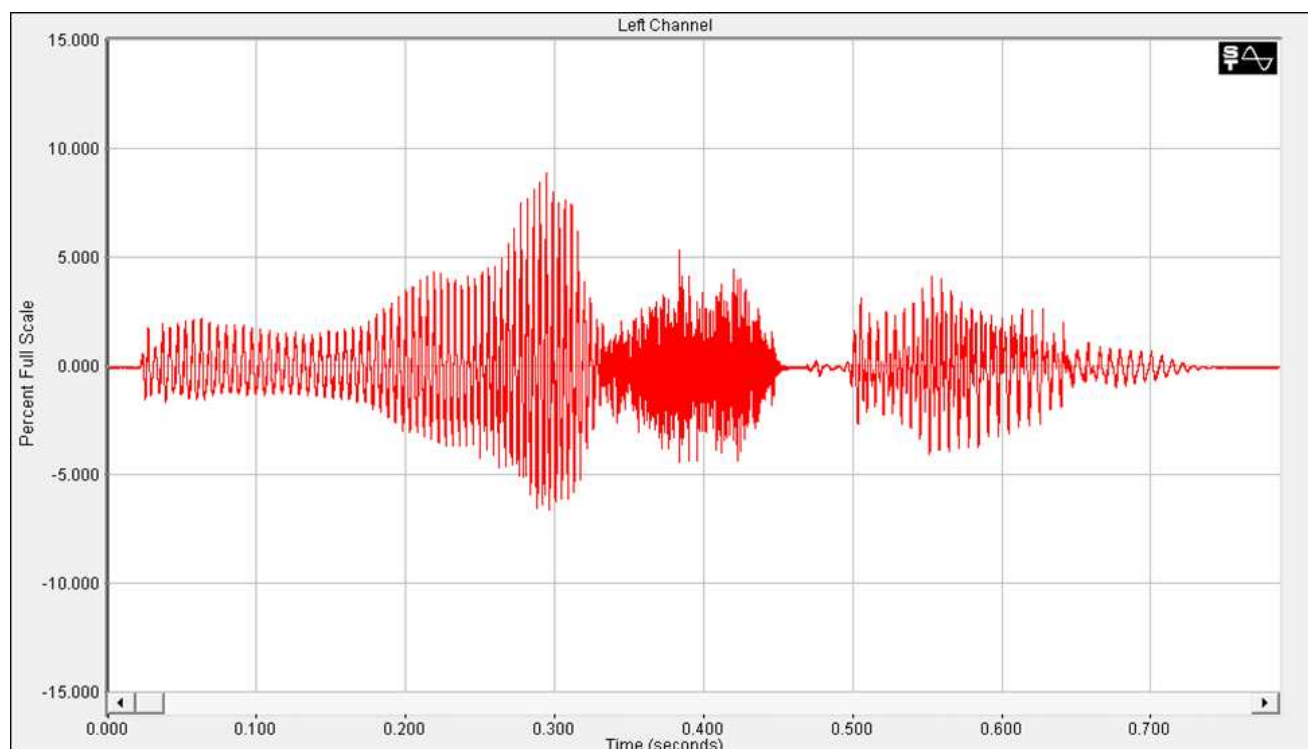
#### 4. Концепция нового метода обучения

При дефектах произношения только опытный сурдопедагог по сопоставлению образов звуков (см. рис. 1, 5) может подсказать ученику, какой элемент речедвигательной системы надо изменить, чтобы получить правильное произношение. Только после такой коррекции глухой ученик видит сближение визуальных характеристик звука с эталоном и может путём повторения закрепить их с опорой на зрение. Неспециалист и ученик самостоятельно не в состоянии изменить речедвигательные органы в нужном направлении. Анализ «спектрального» метода сравнения (см. п. 2) и реализующих его компьютерных программ (см. п. 3), а также опыт сурдопедагогов и собственный опыт авторов показывают, что основную роль в обучении произношению продолжает играть сурдопедагог, точнее, его квалификация. Это является основным недостатком, узким местом метода. Поясним, почему. Известно, что проблема высококвалифицированных специалистов в образовании, тем более в специальном образовании (сурдопедагогика), стоит очень остро. Нередки случаи, когда учителя из-за слабой квалификации и недостатка опыта формировали у глухих учеников неправильное произношение, скорректировать которое труднее, чем «поставить» правильный звук изначально. Кроме работы с сурдопедагогом для закрепления (автоматизации) произношения нужна дополнительная многочасовая самостоятельная (и/или с родителями) работа. Поэтому концепция нового метода состоит в том, чтобы облегчить ученику понимание того, чем нужно подвигать, чтобы правильно произнести; дать ученику интуитивно понятную подсказку (вербальную и невербальную). В этом случае, по мнению авторов, процесс обучения произношению существенно упростится, что повысит его эффективность и даст возможность проводить занятия самостоятельно или с родителями.

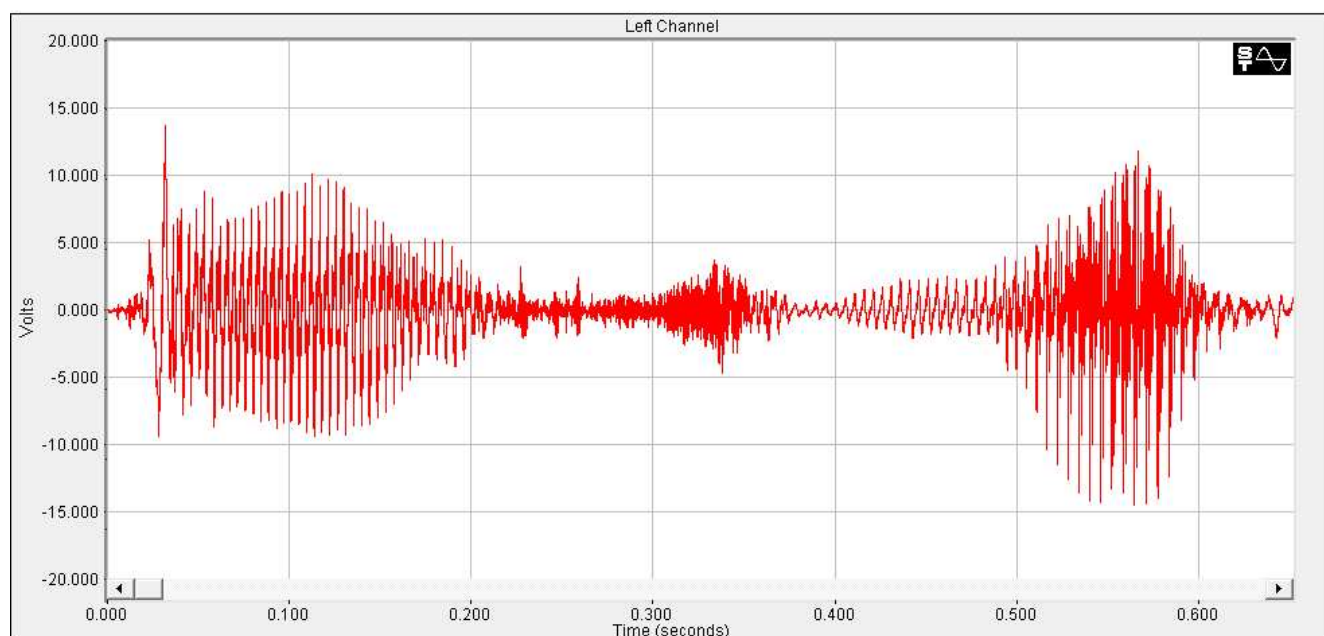
Нами предложена концепция нового метода визуализации процесса обучения (назовём его условно «координатным» методом). Метод реализуется с помощью специальной компьютерной программы и должен решать следующие задачи:

1. Автоматический (программный) анализ ошибок произношения путём сравнения звуковых образов ученика с образцами-эталонами и вывод на экран

подсказок, помогающих неспециалистам корректировать произношение. Научное обоснование и основные идеи метода намечены в работе [12].



а) < - в - >< - и - >< - ш - > < - н - >< - я - >



б)

Рис. 5. Пример визуализации звучания слова «вишня»:  
а)- образец-эталон слова «вишня», произнесённый учителем;  
б)- образец-эталон слова «вишня», произнесённый учеником

2. Визуализация (с помощью программной анимации) работы органов речив динамике. На анимации должны выделяться ошибки произношения.

3. Новый более наглядный способ визуализации, основанный на определении и сравнении "координат" произносимых и эталонных звуков, например, гласных звуков речи, расположенных в фонетическом пространстве треугольника гласных Щербы [13]. Критерием успешности освоения глухими звуков и слов является разборчивость (понятность) их произношения для окружающих. Для обучаемого этому соответствует «попадание» произнесённых им звуков в «эталонную» область на экране компьютера (обведенные области на рис. 6). Таким способом осуществляется визуальный самоконтроль. На рис. 6 по осям абсцисс ( $V_1$ ) и ординат ( $V_2$ ) расположены значения классификационных признаков в условных единицах. Эти признаки отражают физиологию процесса произношения. В зависимости от разучиваемых речевых единиц это могут быть: высота/глубина положения языка, включение/выключение голосовых связок, вибрация и другие элементы речедвигательной системы. По мнению авторов, это придаст большую наглядность, существенно облегчит глухим управление процессом произношения правильных (разборчивых) звуков. Сопоставив рис. 2 – 4 с рис. 6, можно убедиться в удобстве и компактности метода «координат».

Помимо перечисленных выше требований (п.п. 4.1 – 4.3) ПО должно реализовывать и ставшие уже стандартными требования: игровую стратегию, привлекательный дизайн, возможность последовательного усложнения процесса обучения, интерактивное взаимодействие.

Авторы не имеют иллюзий, что компьютерная программа на сегодняшнем этапе может заменить высококвалифицированного специалиста, но надеются, что она поможет избежать на практике грубых трудноисправимых дефектов произношения.

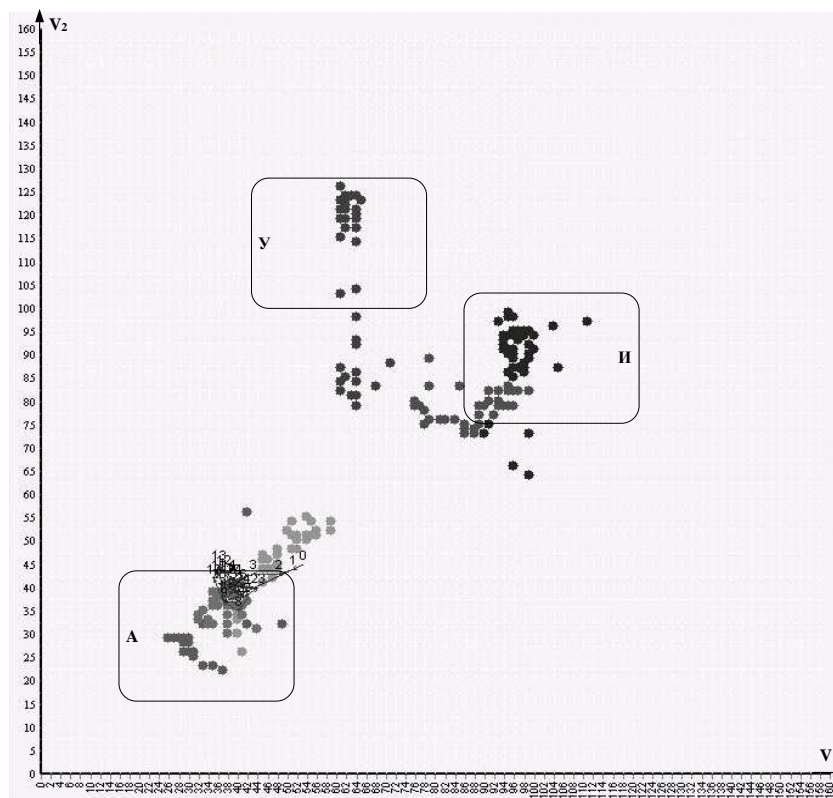


Рис 5. Фонетическое пространство гласных звуков речи



## Заключение

Рассмотрены проблемы реабилитации людей с проблемами слуха и, в частности, обучения их произношению на современном этапе. Проведен анализ существующих методов обучения произношению с использованием компьютерных технологий реализующих их компьютерных программ. На основе анализа и собственного опыта выявлены основные проблемы существующего («спектрально-го») метода обучения произношению. Это, с одной стороны, невозможность самостоятельного обучения без привлечения высококвалифицированных специалистов, с другой - хроническая нехватка таких специалистов (сурдопедагогов).

Предложена концепция нового метода («координат») визуализации процесса обучения произношению людей с проблемами слуха, реализуемая с помощью специальной компьютерной программы. Сформулированы основные требования к программному обеспечению. Новые подходы, по мнению авторов, должны существенно сократить сроки и увеличить эффективность обучения.

Перспективы дальнейших научных разработок в данном направлении: создание ПО и отработка его в реальных условиях обучения людей с проблемами слуха. В настоящее время нами в сотрудничестве с сотрудниками ХНУРЭ ведется практическая работа по разработке ПО нового метода визуализации обучения.

## Список литературы

1. Выготский, Л.С. Основы дефектологии [Текст]: собр. соч.: в 6 т. / Л. С. Выготский - М., 1983. - Т. 5. - С. 62 — 84.
2. Боскис, Р.М. Глухие и слабослышащие дети [Текст] / Р.М. Боскис М.: Сов.спорт, 2004. – 303 с.
3. Википедия. Глухота. [Электронный ресурс] -Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Глухота>
4. Леонгард, Э.И. Развитие речи детей с нарушенным слухом [Текст] / Э.И. Леонгард, Е.Г. Самсонова М.: Просвещение, 1991. – 319 с.
5. Кукушкина, О.И. Информационные технологии в контексте отечественной традиции специального образования. [Текст] : монография / О. И. Кукушкина - М. Полиграфсервис, 2005. – 327 с.
6. Speech and Brain Mechanisms, Penfield, Wilder and Roberts, Lamar [Текст] : Princeton University Press, 1959. - 300 pp.
7. Салмина, Н. Г. Знак и символ в обучении. [Электронный ресурс] / Н. Г. Салмина. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1988. – 228 с. - Режим доступа: <http://www.twirpx.com/file/113837/>
8. Зеленская, Ю. Б. Использование компьютерной программы Speechviewer ("Видимая речь") в процессе логопедического воздействия - [Текст] : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.03 / Зеленская Юлия Борисовна. - М.: Ин-т коррекционной педагогики РАО, 2003. – 164 с.
9. Гарнюк, Л. Г. Застосування програмно-технічного комплексу "Видима мова" в корекційній роботі з глухими дітьми. [Електронний ресурс] : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.03 / Л. Г. Гарнюк. – К., 2005. - 178 арк.: Режим доступу: <http://www.lib.ua-ru.net/diss/cont/244654.html>
10. Зеленская, Ю.Б. Эволюция технических средств формирования и коррекции произносительной стороны речи у детей [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://odub.tomsk.ru/portals/0/elib/resouch/BD/2/0055.pdf> - С. 84 – 95.

11. Кукушкина, О.И. Информационные технологии в контексте отечественной традиции специального образования [Электронный ресурс] -Режим доступа: <http://childrens-needs.com/ftpgetfile.php?module=eshop&id=193>- С.40- 51.
12. Работягов, А.В. Метод идентификации человека на основе индивидуально-го речевого кода [Текст] :дисс. ... канд. техн. наук: 05.13.23 / 12. Работягов Андрей Валентинович. – Харьков: ХНУРЭ, 2006. – 168 с.
13. Зиндер, Л. Р. Общая фонетика. [Текст] -Изд. 2-е, перераб. и доп. М. : / Л. Р. Зиндер, 1979.— 312 с.

**Рецензент:** д.т.н., профессор, заведующий кафедрой инженерии программного обеспечения № 603 Туркин Игорь Борисович Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков  
**Поступила в редакцию 02.09.2014**

### **Сучасні проблеми навчання та корекції мовлення з використанням комп'ютерних технологій**

Наведено проблеми навчання і корекції мовлення глухих. Описано сучасні методи навчання глухих, в тому числі з використанням комп'ютерних технологій, розглянуто їхні переваги та недоліки. На основі аналізу виявлено недоліки «спектрального» методу порівняння візуальних мовних образів. Представлено і обгрунтовано концепцію нового методу навчання глухих і слабочуючих вимові шляхом візуалізації звукових образів методом «координат». Сформульовано основні вимоги до ПЗ, що його реалізує.

**Ключові слова:** навчання глухих, вимова, візуалізація образів звуків, спектр звуку, амплитудно-часова характеристика.

### **Modern problems of learning and correction of pronunciation deaf using computer technology**

The problems of learning and speech correction deaf are presented and analyzed. The advantages and disadvantages of the modern methods of teaching deaf, including the use of computer technology, are considered. On the basis of analysis revealed deficiencies "spectral" method of recognition of visual speech patterns. The concept of teaching deaf and hearing loss by visualizing sound images by "coordinates" are presented and proved. The main requirements to software implementation of the teaching the deaf by new method are formulated.

**Keywords:** learning deaf, pronunciation, visualization images sounds, Spectrum of sound, amplitude-time characteristic.