

**КОРНИЛОВ АЛЕКСАНДР ЮРЬЕВИЧ**

**Управление процессом речевой реабилитации с использованием  
биологической обратной связи.**

Специальность 05.13.01. Системный анализ, управление и обработка  
информации. (Отрасль: информация и информационные системы)

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Томск 2005

Работа выполнена в Томском государственном университете систем управления и радиоэлектроники.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор  
Бондаренко Владимир Петрович.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор,  
Силич Виктор Алексеевич;

кандидат физико-математических наук,  
старший научный сотрудник  
Афонин Геннадий Иванович.

Ведущая организация: Новосибирский государственный технический  
университет (НГТУ).

Защита состоится «29» июня 2005 г. в 15<sup>00</sup> часов на заседании  
диссертационного совета Д212.269.06 при Томском политехническом  
университете по адресу: г. Томск, ул. Советская, 84.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ТПУ.

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2005 г.

Ученый секретарь диссертационного совета ,  
кандидат технических наук, доцент \_\_\_\_\_ Сонькин М.А.

## **Общая характеристика работы.**

**Актуальность темы диссертации.** Рак гортани представляет собой сравнительно частое заболевание среди злокачественных опухолей. Хирургическое вмешательство по поводу рака гортани стали производить в конце XIX века. Устраняя новообразование, операция полного удаления гортани вместе с тем нарушает функцию дыхания (трахея разобщается с глоткой, а дыхание происходит через трахеостому) и лишает больного голоса при сохранении артикуляционного аппарата и нейрофизиологических механизмов речи. Кроме физического разрыва связи между легкими и речеобразующим трактом, так же нарушается множество рефлексов, связанных с устройством гортани, такими как кашель, сморкание и др.

Таким образом, больной, после полного удаления гортани представляет собой инвалида, неспособного к трудовой деятельности. В раннем послеоперационном периоде проводится речевая реабилитация, целью которой является возвращение речевой функции пациента. Существуют три основных способа, дающие возможность пациенту общаться при помощи звучной речи после операции полного удаления гортани: протезирование с установкой голосового протеза, использование голосообразующих аппаратов и формирование пищевода голоса. Каждый из способов имеет свои преимущества и свои недостатки.

Самая невнятная и металлическая речь получается при использовании речеобразующих аппаратов, хотя возможность общаться при помощи речи обеспечивается сразу.

Использование голосового протеза — распространенная методика восстановления голосовой функции. При протезировании трахея соединяется с речеобразующим трактом специальным устройством — протезом, который при закрывании трахеостомы (дыхательного отверстия в горле) направляет модулированный воздушный поток в речеобразующий тракт. Обычно пациент на третьи сутки имеет возможность общаться при помощи звучной речи.

Недостатками такого способа являются высокая стоимость протеза, быстрая изнашиваемость (около 3 лет), слабая степень управления просодией при речевом общении, а так же невозможность скрыт изменения внешнего облика (трахеостому). Протез не может быть установлен ряду пациентов с медицинскими противопоказаниями.

Формирование пищевого голоса — это самый физиологичный способ вернуть речевую функцию пациенту. Традиционная методика реабилитации описана Таптаповой С. Л. и используется повсеместно при речевой реабилитации. При данном способе реабилитации создает новый компенсаторный орган, берущий на себя речеобразующую функцию. Так как речеобразующий тракт разобщен с легкими, то в качестве источника давления используется объем пищевода, а первое физиологическое сужение пищевода берет на себя функцию модулятора воздушного потока, подобно голосовым связкам. Речевая реабилитация при использовании данной методики занимает от 2 до 8 недель. Качество речи сразу после реабилитации уступает голосовым протезам, но сильно превосходит голосообразующие аппараты. В отличие от голосового протеза пищеводный голос улучшается с течением времени и может стать почти неотличимым от голоса в норме. Речевая функция сохраняется на всю жизнь.

Наряду с анатомическими отличиями при формировании пищевого речи, врачам приходится иметь дело с неработающими рефлексам и психологическими проблемами. Особо важны психологические последствия операции, так как потеря речи и наличие трахеостомы является сильнейшими психотравмирующими факторами. Поэтому совершенствование методики речевой реабилитации является сегодня актуальной задачей.

К психотравмирующим факторам относятся: факт онкологического заболевания, хирургическое лечение с нарушением привычного облика, потеря речи, инвалидность.

К социальным факторам следует отнести потерю привычного способа общения и, как следствие, изменение привычного круга общения, выключение из привычных коллективов.

К экономическим факторам относятся расходы государства, как на сам процесс реабилитации, так и расходы, связанные с выплатами пособий и пенсий по инвалидности. Проблема усугубляется тем, что большинство больных (около 60%) являются мужчины в возрасте от 30 до 60 лет, то есть самая трудоспособная часть населения. Поэтому работа по усовершенствованию реабилитационных мероприятий получила государственный грант № 502-р в 2004 году. В экономическом обосновании при подаче заявки на грант приводились такие цифры: уменьшение сроков речевой реабилитации всего на две недели для каждого больного давало экономию в 500 тысяч рублей в год только для НИИ Онкологии СО РАМН в городе Томске.

Успешная реабилитация позволяет больному вернуться в привычную социальную среду, к нормальной трудовой деятельности, убрать или сильно уменьшить психотравмирующие послеоперационные факторы.

Исследования, проведенные в 2001 году д.т.н. проф. Бондаренко и к.т.н. Коцубиским В.П. при участии д.б.н. В.П.Балацкой Л.Н., д.м.н. Кицманюк З.Д., в области математического моделирования пищеводного голоса позволили выработать новые подходы к речевой реабилитации. По данным этих исследований речевая реабилитация дает возможность вернуть к прежнему социальному статусу 67,6% пациентов после ларингэктомии, 78,2% - после резекции гортани, 86,9% после органосохранных операций органов полости и ротового отдела глотки, 98% - с парезами и параличами гортани. На основании математического моделирования, проведенного Коцубинским В.П., стало ясно, какими параметрами мы можем управлять, и как это управление отразится на формируемом голосе.

Однако до сих пор осталась открытой проблема претворения в жизнь полученных теоретических результатов, выбора методики обучения, контроля

качества обучения, внедрения методики в онкологические учреждения. Сведение в единую систему данных, полученных к сегодняшнему времени, современных технологий обучения совместно с высокопроизводительной аппаратной частью позволит серьезно улучшить и облегчить процесс речевой реабилитации больных, и будет способствовать скорейшему возвращению пациентов к трудовой деятельности. Особое значение имеет выработка хорошего произношения гласных и звонких согласных звуков, так как более 60-70% (по времени) речевого сигнала формируется с участием голоса. Гласные и звонкие звуки определяют естественность и узнаваемость речи, и поэтому очень важно, чтобы реабилитируемые больные овладели звучной речью в полном объеме. Это определяет актуальность диссертационной работы и задает направление дальнейших исследований в области речевой реабилитации онкологических больных.

**Цель работы.** Основной целью диссертационной работы является организация управления процессом речевой реабилитации, с помощью автоматизированной системы обучения на основе биологической обратной связи и выработка методики обучения онкологических больных пищеводному голосу. Для достижения поставленной цели в диссертационной работе были сформулированы следующие задачи:

- провести исследования по применению методов БОС к задаче выработки пищеводного голоса;
- Исследовать количественные параметры речевого сигнала, характеризующие отличие патологически измененного голоса от нормального, и создать инструментальную среду для исследования этих параметров;
- определить структуру технических и программных средств для организации автоматизированного управления процессом речевой реабилитации с использованием БОС;
- провести апробацию созданных средств; результаты внедрить в методику обучения онкологических больных на основе созданных средств.

**Методы исследования.** Для решения поставленных задач в работе используются системный анализ, теория управления, методы теории восприятия и разборчивости речи, преобразование Фурье, теория цифровой фильтрации сигналов.

**Научная новизна.** Научная новизна работы состоит в следующем:

- Развитие БОС-методики для речевой реабилитации онкологических больных после операции полного удаления гортани;
- Методика оценки качества пищеводного голоса на основе предложенных количественных шкал;
- Методика и алгоритмы БОС-тренировок параметров пищеводного голоса.

**Тезисы, выносимые на защиту.**

- методика обучения пищеводному голосу с использованием биоуправления на основе биологической обратной связи, позволяющая целенаправленно тренировать параметры пищеводного голоса;
- система количественных оценок качества пищеводного голоса, расширяющая существующую субъективную систему оценок и позволяющая совершенствовать методику реабилитации;
- автоматизированный комплекс, обеспечивающий БОС - тренировки пищеводного голоса на основе количественных оценок качества патологически измененной речи.

**Практическая ценность работы.**

- Разработанная система позволяет логопеду проводить БОС тренировки онкологических больных с целью создания качественного пищеводного голоса (псевдоголоса).
- база данных пациентов позволяет логопеду проводить оценку результатов реабилитации, проводить классификацию пациентов и вырабатывать оптимальные траектории тренировок;
- алгоритм автоматизированного выделения частоты основного, позволяющий измерять частоту основного тона в слитном речевом сигнале, нормальном и патологически измененном;

- алгоритм вычисления динамического спектра с помощью системы рекурсивных цифровых фильтров, позволяет в режиме реального времени с затратами, меньшими, чем требует быстрое преобразование Фурье, проводить спектральный анализ речевого сигнала в процессе речевой реабилитации.

### **Достоверность.**

Достоверность результатов и выводов, полученных в диссертационной работе обеспечивается:

- результатами численных экспериментов по оценке метрологических характеристик автоматизированного комплекса;
- качественным и количественным сопоставлением результатов БОС-тренировок с результатами традиционной методики восстановления звучной речи, использующейся в НИИ онкологии ТНЦ СО РАМН.

**Реализация результатов работы.** Применение биоуправления с БОС в области восстановления звучной речи, вместе с созданием нового компенсаторного органа **применяется впервые**. Методика БОС-тренировки и автоматизированный комплекс используется в НИИ онкологии ТНЦ СО РАМН. По результатам работы оформлен патент № МПК7: А61N2/00. “Способ восстановления звучной речи у больных после полного удаления гортани.” Теоретические результаты работы используются в учебном процессе факультета электронной техники кафедры промышленной электроники ТУСУР для студентов специальности 210106 «Промышленная электроника». Внедрение результатов подтверждается соответствующими актами внедрения.

**Апробация результатов работы.** Апробация результатов проводилась на базе НИИ онкологии СО ТНЦ СО РАМН. Материалы диссертации докладывались и обсуждались на международной конференции «Электронные средства и системы управления» в 2004г (г. Томск), на международной конференции «Речь и компьютер» SPECOM’2004 (г. Санкт-Петербург), на международной конференции "Информационные технологии в образовании, технике и медицине" в 2004г (г. Волгоград). Комплекс и методика речевой реабилитации онкологических больных демонстрировались на выставке

"Интеграция-2004", а так же получили диплом конкурса "Сибирские Афины" в 2005г.

**Публикации.** По результатам исследований опубликовано 11 работ, из них 10 статей (в том числе 1 в центральной печати и 3 на английском языке) и одни тезисы доклада.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и содержит 139 страницу, 49 иллюстраций, 17 таблиц. Список литературы содержит 121 наименований.

### Содержание работы.

Во **введении** приводится обоснование актуальности темы, формулируется цель работы, указывается научная новизна и практическая ценность полученных результатов, описывается основное содержание работы.

В **первой главе** описан процесс создания пищевого голоса после операции полного удаления гортани. Анатомия речеобразующего тракта здорового человека и перенесшего операцию полного удаления гортани представленно на рисунке 1.

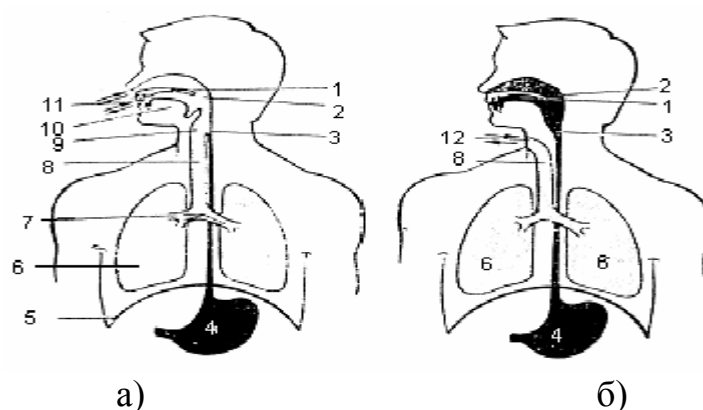


Рисунок 1. Схема расположения органов голосообразования до (а) и после (б) ларингэктомии (1 – небо, 2 – фаринкс, 3 – пищевод, 4 – желудок, 5 – диафрагма, 6 – легкие, 7 – бронхи, 8 – трахея, 9 – гортань, 10 – язык, 11 – губы, 12 – трахеостомы)

Описаны основные физиологические, акустические и механические параметры легких, бронхов, трахеи, гортани, голосовых складок.

В нормальной системе речеобразования звучная речь образуется за счет периодического смыкания и размыкания голосовых складок. Процесс колебания голосовых складок обычно называется механизмом фонации.

В диссертационной работе автор опирался на выводы, полученные в ходе математического моделирования Коцубинским В.П:

- Движение голосовых складок обусловлено разностью подскладочного и надскладочного давления;
- Подскладочное давление зависит от выходного импеданса системы легкие, бронхи, голосовая щель, трахея;
- Надскладочное давление зависит от входного импеданса речеобразующего такта и выходного импеданса голосовой щели;
- Звукообразование происходит в полной системе: легкие, бронхи, трахея, голосовая щель и речеобразующий тракт.

Анализируя данные выводы, становится понятно, что целью реабилитации должна стать тренировка пищеводного пузыря и первого физиологического сужения пищевода.

С точки зрения рефлексов, фонация представляет собой единый рефлексорный акт, в котором одновременно участвуют мышцы легких, гортани, артикуляторов. Нервные обратные связи замыкаются через так называемый речевой круг (Рисунок 2).

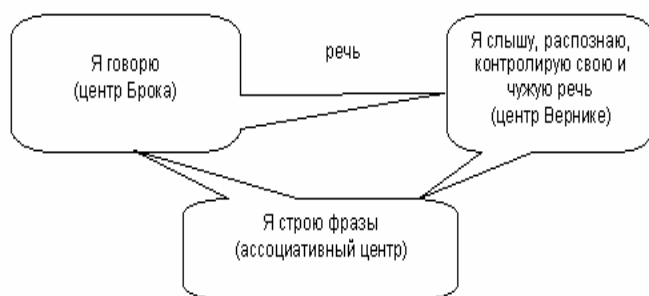


Рисунок 2. Речевой круг

Изменения, вносимые в речеобразующую систему человека, операцией полного удаления гортани носят, как чисто анатомический, так и рефлексорный характер.

Анатомические изменения:

- Удаляется основной модулирующий орган речеобразования — гортань.
- Физически разрывается связь между легкими и речеобразующем трактом.

- Трахея выводится на переднюю стенку горла, что позволяет больному дышать, но не обеспечивает поступление воздуха в речеобразующий тракт.

На основании перечисленных причин выделим основные следствия:

- Потерян рефлекс фонации (нет единого акта за счет отсутствия гортани и избыточно давления).
- Сохранен рефлекс артикуляции, который все же терпит ущерб за счет разрыва местных обратных связей в области гортани.

Задачей реабилитации является создание нового компенсаторного фонационного органа, при сохранности артикуляционного органа и нейрофизиологических механизмов. При выработке пищевого голоса формируется новый условный рефлекс, основанный на нескольких принципиальных моментах. Во-первых, в пищеводе образуется воздушный пузырь, в котором создается избыточное давление, являющееся эквивалентом избыточного давления в легких при образовании нормальной речи. Объем воздушного пузыря составляет около  $150-200 \text{ см}^3$ , то есть на один-два порядка меньше объема легких. Создание этого пузыря является первоочередной задачей первого этапа реабилитации. Во-вторых, образование на уровне V – VI шейных позвонков псевдоголосовой щели в I физиологическом сужении пищевода и выработке ее произвольного смыкания, что служит основой появления пищевого голоса. Псевдоголосовая щель имеет существенные отличия от голосовых складок. Во-первых, пищевод обладает гораздо меньшим набором мышц, по сравнению с гортанью, что приводит к значительному уменьшению выразительности пищевого голоса. Во-вторых, масса стенок пищевода больше массы голосовых складок, что приводит к существенному падению частоты основного тона (до 40Гц и ниже).

Далее в главе проанализирована существующая методика реабилитации больных, применяемая в НИИ онкологии ТНЦ СО РАМН. Составлена структурная схема реабилитационных мероприятий.

Рассмотрены основы функционирования систем биоуправления с использованием биологической обратной связи (БОС). В основе БОС метода

лежит идея о том, что если какой либо параметр функционирования организма сделать доступным для непосредственного наблюдения пациентом, то этим параметром можно научиться управлять. В контур обратной связи на первом этапе включаются технические средства, которые и делают доступным наблюдению контролируемый параметр. Но параллельно происходит формирование внутреннего контура управления, который остается при удалении технического средства.

Для использования БОС метода в реабилитационном комплексе необходимо выявить параметры речи, наиболее сильно влияющие на качество псевдоголоса, оценить их количественно и предъявить данные параметры пациенту в удобной форме. Следует так же организовать механизм положительного подкрепления для наиболее быстрого образования новой внутренней системы управления.

При рассмотрении традиционной системы оценок реабилитационных мероприятий были сделаны выводы о том, что нельзя построить БОС тренировку на основе этой системы оценок, поэтому было предложено сформировать новую количественную систему оценок качества пищеводного голоса. Эта система оценок должна дать возможность управлять процессом создания пищеводного голоса, путем введения ее в биологическую обратную связь. Далее в главе поставлены задачи научных исследований.

Во **второй главе** выделены и проанализированы этапы БОС-тренировок, определены на каждом этапе, место и функции технических средств, а так же описано взаимодействие пациента, логопеда и автоматизированного комплекса. Разработан алгоритм работы автоматизированного комплекса в режиме тренировок, блок-схема которого представлена на рисунке 3.

Введены оценки, позволяющие количественно измерить качество пищеводного голоса. Определено, что качество пищеводного голоса связано с длительностью фонации, частотой основного тона и ее нестабильностью. По этим параметрам чаще всего отличается пищеводный голос от параметров речи. Предложены количественные оценки качества пищеводного голоса,

ориентированные на проведение БОС-тренировок в процессе речевой реабилитации больных. Сформированные оценки приведены в таблице 1.



Рисунок 3. Блок схема алгоритма БОС-тренировок.

В заключении, сформулированы требования к погрешностям измерения параметров пищеводного голоса, а именно, требования к погрешности определения амплитуды, времени фонации и частоты основного тона

Таблица 1. Оценки параметров качества пищеводного голоса (Т —длительность фонации, F0 —частота основного тона, D — среднеквадратичное отклонение F0).

| Длительность фонации,<br>%                                                                                                                  | Частота основного тона,<br>%.                                                                                               | Нестабильность частоты<br>основного тона, %.                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $O_T = \begin{cases} 100\%, \text{если } T \geq 1000\text{мс} \\ \frac{T-100}{900} \cdot 100\%, \text{если } T < 1000\text{мс} \end{cases}$ | $O_{F0} = \begin{cases} 100\%, \text{если } F0 > 90, \\ \frac{F0-30}{60} \cdot 100\%, \text{если } F0 \leq 90. \end{cases}$ | $O_D = \begin{cases} 100\%, \text{если } D \leq 5\% \\ \frac{50-D}{40} \cdot 100\%, \text{если } D > 5\%. \end{cases}$ |

В **третьей главе** рассмотрено решение задачи измерения параметров пищеводного голоса, а именно факта наличия голоса, длительности фонации и частоты основного тона. Для этого была реализована возможность калибровки измерительной подсистемы в зависимости от акустических параметров среды, в которой работает комплекс. Произведен выбор технических средств по измерению амплитуд сигналов с заданной погрешностью. Предложена методика измерения частоты основного тона при помощи гребенки рекурсивных фильтров, особенностью которых является то, что они формируют логарифмическую шкалу частот. Это позволяет обеспечить постоянную относительную погрешность в частотном диапазоне анализа и наиболее адекватно отражает особенности слухового восприятия.

Для измерения частоты основного тона используется следующая методика:

- входной сигнал с частотой выборки 44100Гц подается на НЧ фильтр
- после прохождения НЧ фильтра производится уменьшение частоты выборки до 882Гц (десимация в 50 раз);
- десимированный сигнал подается на вход гребенки фильтров с резонансными частотами, распределенными по логарифмическому закону.
- сигналы с каждого канала выпрямляются;
- проводится аппроксимация огибающей полиномами первого порядка.

Первой точкой аппроксимации является найденный максимум за период, а второй точка, отстоящая от первой на один период, вычисленный для

каждого канала. Огибающая сигналов с каналов является мерой интенсивности сигнала в канале;

- Частота основного тона определяется по номеру канала, на выходе которого сигнал имеет максимальную интенсивность.

Подробно рассмотрен процесс создание рекурсивных фильтров. Создано несколько наборов цифровых фильтров, различающихся по частотной избирательности и времени реакции. Для более гибкой частотной перестройки системы описана методика формирования нерекурсивного фильтра для децимации входной последовательности.

Проведена оценка погрешностей измерения амплитуды сигнала, длительности фонации и частоты основного тона. Получены оценки времени реакции системы измерения при помощи серии численных экспериментов. Данные по погрешностям измерения частоты основного тона приведены в таблице 2.

На основе произведенных численных экспериментов показано, что система измерения параметров пищеводного голоса обеспечивает требуемые метрологические характеристики, достаточные для проведения БОС-тренировок.

Таблица 2. Погрешности при измерении частоты основного тона.

| Характер изменения частоты основного тона (среднее относительное отклонение от среднего значения F0 50%). | Среднеквадратичная погрешность измерения частоты основного тона, % |             | Задержка измерения, мс |             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------|-------------|
|                                                                                                           | Максимальная                                                       | Минимальная | Максимальная           | Минимальная |
| линейнонарастающий                                                                                        | 0.979                                                              | 0.959       | 44                     | 14          |
| линейноспадающий                                                                                          | 2.165                                                              | 1.116       | 40                     | 23          |
| переодический                                                                                             | 1.804                                                              | 1.655       | 33                     | 22          |

В четвертой главе описана реализация комплекса. Дана общая структура комплекса (рисунок 4), описаны интерфейсы пациента и логопеда. Типичные тренировочные экраны, представлены на рисунке 5.

Проведена проверка производительности и сформированы требования к аппаратным ресурсам, необходимым для корректной работы реабилитационного комплекса.

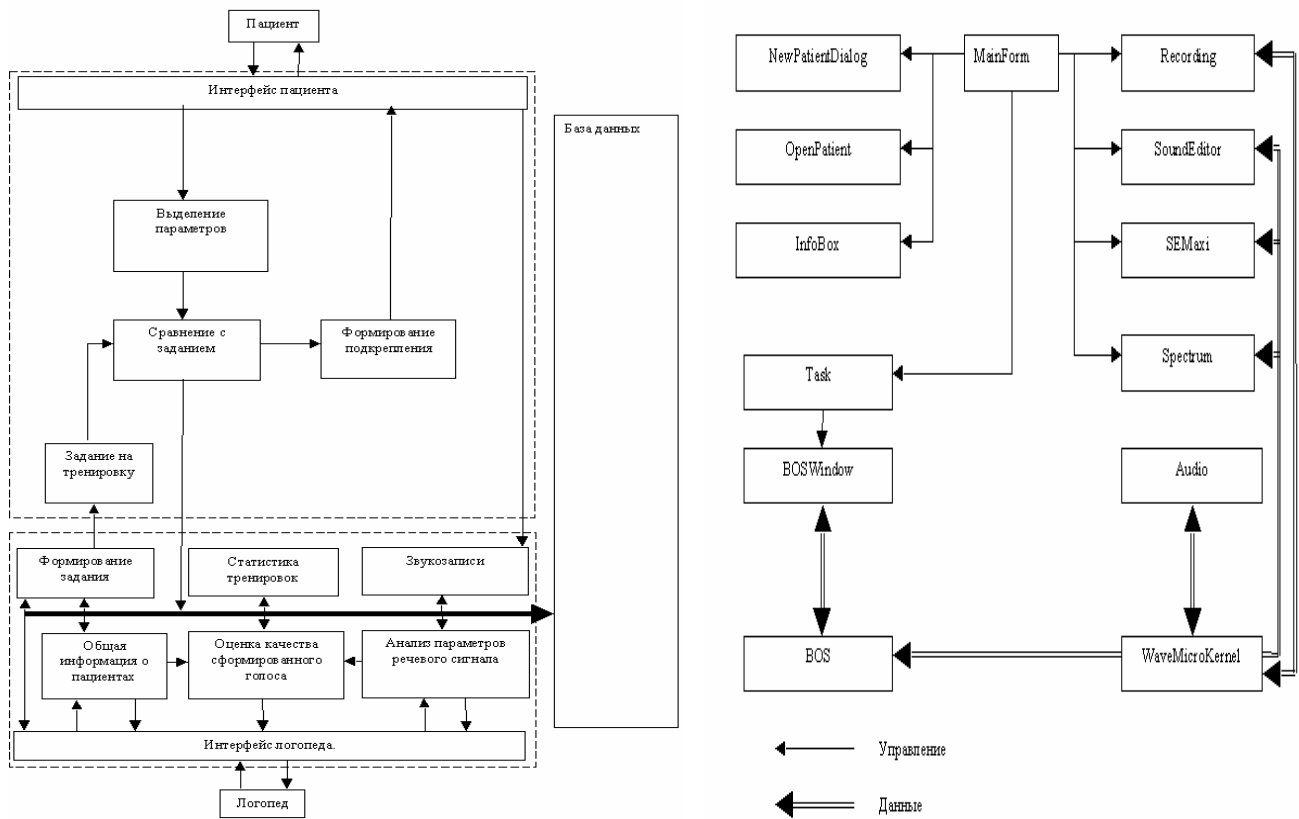


Рисунок 4. Схемы реабилитационного комплекса. а) структурная схема, б) схема взаимодействия модулей программы.

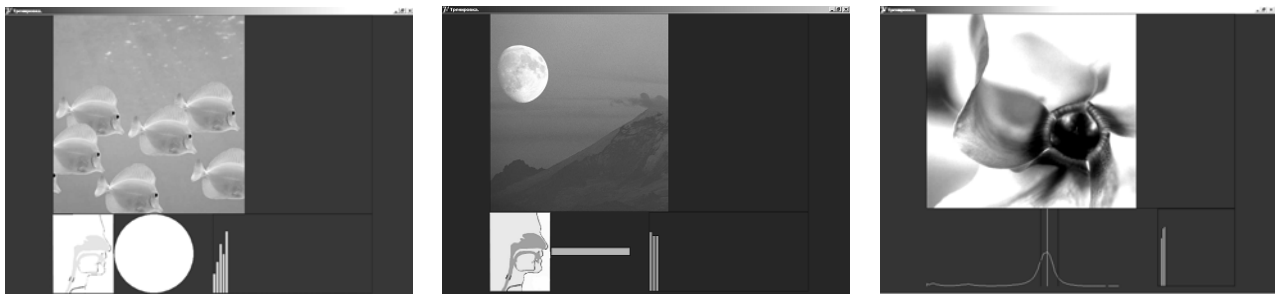


Рисунок 5. Типовые тренировочные экраны.

Описано применение разработанного комплекса речевой реабилитации в НИИ онкологии ТНЦ СО РАМН.

Описана методика речевой реабилитации на основе БОС-тренировок на основании патента, а так же дана дополнительная информация, не вошедшая в патент.

Проведена предварительная проверка работоспособности методики на здоровых людях. Было показано, что данная методика обеспечивает обучение становлению заданных параметров голоса.

Описано внедрение разработанного комплекса в НИИ онкологии ТНЦ СО РАМН. Описаны результаты внедрения комплекса в клиническую практику. Приведена предварительная статистика по речевой реабилитации онкологических больных после полного удаления гортани, подтверждающая эффективность данной методики. На сегодняшний день речевую реабилитацию прошли 10 человек. У всех больных сформирован рефлекс фонации, средний рост количества появлений пищеводного голоса за тренировку составил 11.5%. На рисунке 6 приведен график роста длительности фонации для шести больных.

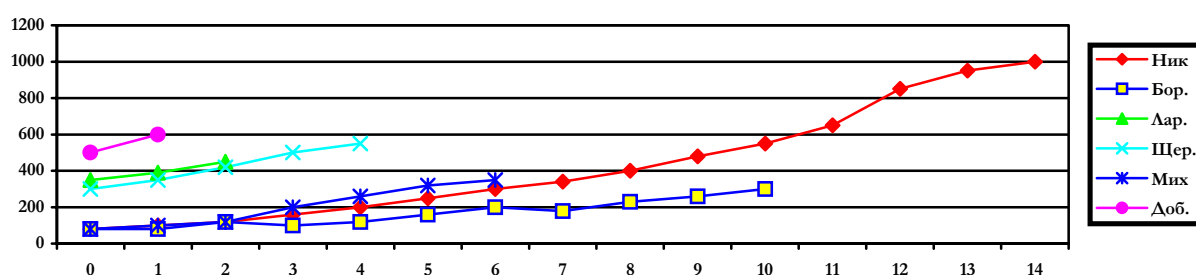


Рисунок 6. Зависимость длительности фонации от количества БОС-тренировок.

Средний рост частоты основного тона составил 3.5 Гц за тренировку. Численная выходная оценка была сформирована для 2-х больных. В таблице 3 приведены результаты применения данной системы оценок.

В процессе клинической апробации были сделаны выводы о применимости методики биоуправления с использованием биологической обратной связи при восстановлении звучной речи. Проведено сравнение сроков реабилитации с использованием комплекса с средним сроком реабилитационных мероприятий. Для пациентов, которые прошли все тренировки, сокращение сроков реабилитации составило одну неделю.

Таблица 3. Комплексная оценка пищеводного голоса.

| Пациент | Оценка ЧОТ | Оценка девиации ЧОТ | Оценка длительности фонации |
|---------|------------|---------------------|-----------------------------|
| Бор     | 92%        | 87%                 | 22%                         |
| Ник     | 100%       | 100%                | 100%                        |

### Основные результаты работы:

- Разработана методика нахождения частоты основного тона, основанная на обработке входного сигнала при помощи системы резонансных рекурсивных фильтров, позволяющая измерять частоту основного тона как нормальной, так и патологически измененной речи.
- Разработана система количественных оценок качества пищеводного голоса, расширяющая существующую субъективную систему оценок и позволяющая совершенствовать методику реабилитации.
- Создана база данных, хранящая информацию о проведенных БОС-тренировках и контрольные звукозаписи голосов пациентов, что позволяет логопеду проводить оценку результатов голосовой реабилитации и вырабатывать оптимальные траектории тренировок.
- Разработана методика обучения пищеводному голосу с использованием биоуправления на основе биологической обратной связи, позволяет логопеду целенаправленно тренировать параметры пищеводного голоса.
- Реализован автоматизированный комплекс, обеспечивающий БОС - тренировку пищеводного голоса на основе количественных оценок качества патологически измененной речи.

### Публикации по теме диссертации.

1. Балацкая Л.Н., Чойнзонов Е.Л., Красавина Е.А., Бондаренко В.П.,

- Коцубинский В.П., Корнилов А.Ю. Применение БОС в комплексе реабилитации больных после полного удаления гортани.// Сибирский онкологический журнал. — 2004. — №4 (12), с 17-20.
2. Изотов Д.А., Корнилов А.Ю. Проблемы создания подсистемы вывода данных для системы моделирования электронных схем. //Региональная научно-техническая конференция студентов и молодых специалистов «Радиотехнические устройства, информационные технологии и системы управления». Программа. ТУСУР, Томск, 2001 г.Стр 6.
  3. Корнилов А.Ю., Терешков А.М., Красавина Е.А. Построение биологической обратной связи в процессе реабилитации больных после полного удаления гортани.  
// Информационные технологии в образовании, технике и медицине: Материалы международной конференции. В 3-х т. Т.3./ ВолгГТУ.- Волгоград, 2004. - С.209-212.
  4. Корнилов А.Ю. Моделирование цифровых нерекурсивных фильтров. // Интеллектуальные системы в управлении, конструировании и образовании. Выпуск 2. Под редакцией А.А. Шелупанова — Томск: SST, 2002. — 232 с. стр 32-36.
  5. Корнилов А.Ю. Метод обработки речевого сигнала для задачи распознавания слитной речи. // Интеллектуальные системы в управлении, конструировании и образовании. Выпуск 2. Под редакцией А.А. Шелупанова — Томск: SST, 2003. — 232 с. стр 32-36.
  6. Корнилов А.Ю. Программа для тренировки пищеводной речи, сформированной у онкологических больных после полного удаления гортани. Стр 24-26.// Электронные средства и системы управления. Материалы международной научно-практической конференции. Часть 2. Издательство института оптики атмосферы СО РАН, 2004. В трех частях. Ч.2. — 252 с.
  7. Красавина Е.А., Корнилов А.Ю., Терешков А.М. Повышение эффективности и сокращение сроков реабилитации больных после полного удаления гортани // Информационные технологии в образовании, технике и медицине: Материалы международной конференции. В 3-х т. Т.3./ ВолгГТУ.- Волгоград, 2004. - С.207-209.
  8. Терешков А.М., Корнилов А.Ю., Красавина Е.А. Модель условно-рефлекторных механизмов в методике восстановления звуочной речи после полного удаления гортани, основанная на принципе биологической обратной связи (БОС) // Интеллектуальные системы в управлении, конструировании и образовании. - Томск, Издательство института оптики атмосферы СО РАН, 2005 —55-62с.
  9. Alexander U. Kornilov. The investigation of gullet speech spectrum by means of the recursive filters system. Page 138-140. Proceedings of the Ninth International Conference “Speech and Computer”, SPECOM’2004. Saint-Petersburg, 2004. Printed in Saint-Petersburg, 2004 by Publishing house “Anatolya”.
- Корнилов А.Ю. Исследование спектра пищеводного голоса с помощью

системы рекурсивных фильтров. // Материалы работы конференции "Речь и компьютер", SPECOM2004, Санкт-Петербург 2004, Стр 138-140.

10. Alexander U. Kornilov. The simple algorithm of building nonrecursive digital filter for decimation purpose. Page 210-211. . Proceedings of the Ninth International Conference "Speech and Computer", SPECOM'2004. Saint-Petersburg, 2004. Printed in Saint-Petersburg, 2004 by Publishing house "Anatolya".

Корнилов А.Ю. Простой алгоритм построения нерекурсивного цифрового фильтра для децимации входной последовательности // Материалы работы конференции "Речь и компьютер", SPECOM2004, Санкт-Петербург 2004, Стр 210-211.

11. Alexander U. Kornilov. The biofeedback program for speech rehabilitation of oncological patients after full larynx removal surgical treatment. Page 560-562. Proceedings of the Ninth International Conference "Speech and Computer", SPECOM'2004. Saint-Petersburg, 2004. Printed in Saint-Petersburg, 2004 by Publishing house "Anatolya".

Корнилов А.Ю. Программа с использованием биологической обратной связи для речевой реабилитации онкологических больных перенесших операцию полного удаления гортани.// Материалы работы конференции "Речь и компьютер", SPECOM2004, Санкт-Петербург 2004, Стр 560-562.