

ВОЗМОЖНОСТИ ИСКУССТВЕННЫХ ГОЛОСОВЫХ АППАРАТОВ

Мукановская И.В., Дацок О.М.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

61166, Харьков, пр. Науки, каф. БМИ, тел. (099) 075-75-17

E-mail: iryna.mukanovska@nure.ua

The given work is devoted to the modern developments in the field of artificial voice apparatus. At the work considered the basic definitions, characteristics and prospects of development of artificial voice apparatus.

Гортань является одной из важнейших составляющих в процессах дыхания и речи человека. Именно поэтому ее полное или частичное отсутствие приносит человеку большой моральный и социальный дискомфорт, так как без возможности полноценного общения, человек становится социально изолированным.

Искусственный голосовой аппарат (ИГА) – это электронное устройство, которое предназначено для восстановления речи у людей, после удаления гортани (ларингэктомии) или при нарушениях функций речи.

Одним из наиболее значимых изобретений в области ИГА было создание в 1920 году компанией WesternElectric первой механической гортани, которая работала без использования электричества. Существенным недостатком данной модели было слишком тихое воспроизведение звуков. Прототип современных ИГА был спроектирован в 1940 году. До этого времени пищеводный голос был единственным способом речевой реабилитации, однако его обучение требовало много времени, поэтому ИГА стал эффективной альтернативой.

ИГА могут быть рекомендованы к применению:

- для постоянного использования людьми, утратившими голос вследствие операций по удалению гортани;

- временного применения теми, кому по индивидуальным причинам на определенное время не рекомендуется напрягать голосовые связки, а также пациентами, подключенными к аппарату искусственного дыхания;

- пациентами, овладевшими навыками пищеводной речи – применение аппарата снизит мышечные нагрузки и повысит разборчивость речи.

Анатомически голосовой аппарат человека располагается вблизи шеи, возбужденный сигнал передается через ткани шеи, как результат имеем звуковые волны внутри ротовой полости. Изменение объема и формы ротовой полости приводит к изменению в формантной структуре сигнала возбуждения. Основными недостатками ИГА является монотонная, неразборчивая речь, что связано с постоянной частотой возбуждения сигнала. Недостатком является необходимость постоянного удерживания аппарата в руках и манипуляций с его включением/выключением при формировании речевых пауз [1].

В структурную схему большинства аппаратов входит низкочастотный генератор импульсов с усилителем мощности, преобразователь электрических импульсов в колебания мембраны и элементы питания. Существуют ИГА, которые содержат электромагнитные преобразователи вибрационного типа с приводимой в действие контактной металлической магнитоприводящей мембраной, которой свойственна собственная частота синусоидальных колебаний, преимущественно по основной гармонике.

Проведем анализ самых распространенных моделей ИГА, представленных на рынке: ServonaServox (Германия), Хронос АГ-2000 (Россия) и GriffinTruTonePlus (США). Производители гарантируют высокое качество звука и длительность работы.

Голосообразующий аппарат TruTone™ производства американской компании Griffin Laboratories, специализирующейся на разработке и производстве приборов для ларингэктомированных пациентов, выполнен из ударопрочного и влагостойкого пластика. Аппарат цилиндрической формы с габаритными размерами 30 x 114 мм; масса

аппарата с аккумуляторной батареей составляет не более 130 г. В перечне производимой продукции компании звуковые усилители голоса и handsfree-гарнитуры для своих устройств

Голосообразующий аппарат АГ-2000 ООО «Хронос» (Санкт-Петербург) предназначен для возможности разговаривать механическим голосом после удаления гортани и голосовых связок. Голосообразующий аппарат не устанавливается, необходимо носить его в руках; для разговора аппарат прижимается к горлу.

Аппарат обеспечивает диапазон изменения частоты основного тона не менее 45-120 Гц. Аппарат питается от аккумуляторной батареи с номинальным напряжением 2,4 В; ток потребления на частоте 75 Гц составляет не более 100 мА. Масса аппарата с аккумуляторной батареей не более 150 г; габаритные размеры 37 x 115 мм.

ИГА SERVOX Digital – это электронный аппарат, в основном предназначенный для воспроизведения речи людей с удаленной гортанью. Аппарат возможен и для применения у людей с сохраненной гортанью, но в ситуациях, когда нельзя или нет возможности говорить нормальным способом. Данный аппарат позволяет настраивать индивидуально громкость и тембр голоса.

Аппарат выполнен в титановом корпусе цилиндрической формы с габаритными размерами 35 x 118 мм; масса аппарата с аккумуляторной батареей не более 170 г. Главными преимуществами является легкость и компактность, аккумуляторная батарея позволяет использовать аппарат до 15 часов.

Эксплуатационными преимуществами аппаратов Хронос АГ-200 и Griffin TruTone Plus является время полной зарядки аккумулятора, которое составляет 10 мин. Аппараты серии TruTone могут быть снабжены дополнительными усилителями и handfree держателями, с помощью которого аппарат жестко закрепляется на шее и руки пациента остаются свободными.

Одними из важных эксплуатационных характеристик ИГА являются параметры электропитания аппаратов. Подробней остановимся на этом вопросе. В табл. 1 сведены показатели по электропитанию для голосовых аппаратов.

Таблица 1 – Параметры электропитания

| Параметр | Хронос АГ-2000 | ServonaServox | GriffinTruTonePlus |
|--|----------------|---------------|--------------------|
| Автономная работа (мин.) | 900 | 960 | 720 |
| Время полной зарядки (мин.) | 10 | нет данных | 10 |
| Тип аккумулятора | нет данных | Ni-MH | NiCad |
| Напряжение на выходе аккумулятора (В) | 2,4 | 7,2 | 9 |
| Индикатор заряда аккумулятора | Нет | Да | Нет |
| Возможность использования стандартных батареек | Нет | Нет | Да |

ИГА, как правило, функционируют следующим образом: возбуждение сигнала основного тона в полости рта пациента происходит с помощью вибратора, прижимаемого к шее, далее следует преобразование речевого сигнала, поступающего изо рта пациента в электрический эквивалент с помощью микрофона, усиление электрического сигнала и преобразование его в акустический сигнал с помощью электроакустического преобразователя. Возбуждение вибратора осуществляется с помощью импульсного сигнала, частота следования импульсов у которого совпадает с частотным интервалом между зубцами гребенчатого фильтра, на вход которого поступает электрический эквивалент речевого сигнала, сформированный в микрофоне. После прохождения гребенчатого фильтра все частотные компоненты сигнала сдвигаются по частоте на частотный интервал, равный половине частотного интервала между зубцами

гребенчатого фильтра. Полученный сигнал подвергается процедуре спектрального вычитания, после которой очищенный электрический эквивалент речевого сигнала усиливается и преобразуется в акустическую форму с помощью электроакустического преобразователя [2].

Основными преимуществами ИГА является: быстрое обучение говорению, компактные размеры, небольшая масса, отсутствие противопоказаний для использования. К недостаткам ИГА можно отнести следующее.

1. Вибратор создает очень сильный шум, который маскирует речь и ухудшает ее восприятие.

2. Пациент вынужден прижимать вибратор к горлу рукой, что неудобно, т.к. одна рука оказывается все время занятой.

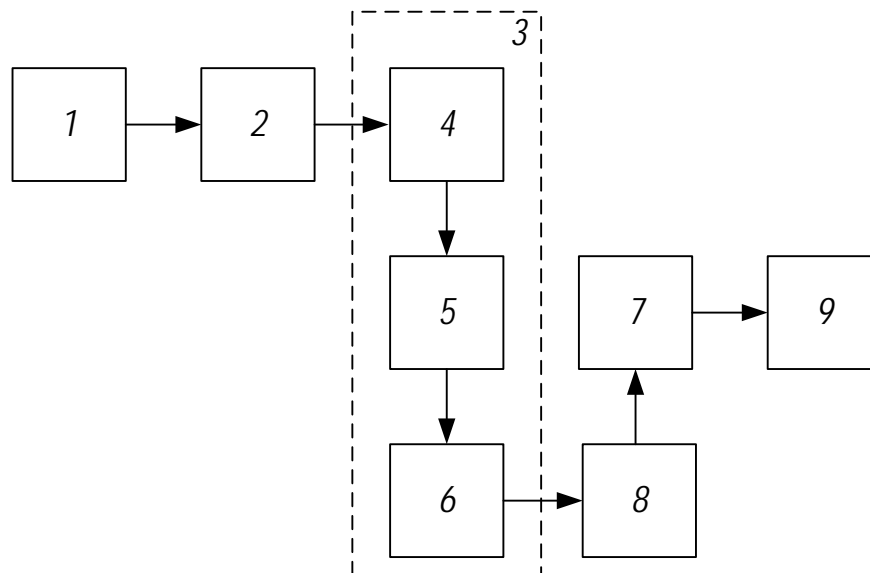
3. У многих пациентов прохождение звука через ткани горла и шеи оказывается невозможным из-за толстых складок или жировых отложений.

4. Точку приложения вибратора к участку горла необходимо подбирать в процессе речеобразования. Кроме того, в процессе использования ИГА вибратор сдвигается и речевой контакт с собеседником нарушается.

5. Качество речи недостаточно высокое. Речь монотонна, недостаточно четко формируются согласные звуки [3].

Анализируя основные недостатки аппаратов можно прийти к выводу, что в основу построения современных ИГА следует положить совершенно иной метод получения сигнала его обработку и анализ. Альтернативой к традиционному подходу является применение электромиографического сигнала, снимаемого в режиме реального времени для восстановления речи пациента [4].

Структурная схема ИГА, которая использует ЭМГ-сигнал с шеи пациента (рис. 1) состоит из трех основных узлов: датчиков, которые надеваются на шею пациента в виде ремня, модуля преобразования сигнала (фильтрация и усиление) и модуля управления на основе микроконтроллера.



1 – биологический объект; 2 – блок датчиков; 3 – модуль обработки сигналов;
4 – блок усиления; 5 – блок фильтрации; 6 – блок выпрямления; 7 – персональный компьютер; 8 – микроконтроллер; 9 – динамики

Рис. 1. Структурная схема ИГА, который использует ЭМГ-сигнал с шеи пациента (стационарное исполнение)

В данной схеме от трех электродов (2), которые предназначены для обнаружения ЭМГ-сигнала, наложенных на шею пациента (1) поступает сигнал на вход блока усиления

(4). Необходимо предусмотреть формирование цепи отрицательной обратной связи по синфазному сигналу, чтобы повысить коэффициент ослабления синфазного сигнала и тем самым повысить соотношение сигнал/помеха. Фильтр нижних частот (5) фильтрует сигнал с частотой $f < 1$ кГц (значительная часть информационной составляющей сигнала лежит в пределах до 1 кГц, а остальные составляющие представляют собой шумы). Коэффициент усиления можно регулировать вручную. Сигнал разбивается на положительную и отрицательную полярности; составляющие сигнала выпрямляются и далее поступают на два аналоговых входа микроконтроллера (8). После аналогового-цифрового преобразования, производятся вычислительные процедуры с составляющими сигнала [5]. В результате оцифровки электромиографический сигнал имеет теоретическое разрешение амплитуды 13 бит. После чего сигнал поступает на персональный компьютер (8) и динамики (9).

Анализ принципов построения, основных технических и эксплуатационных параметров и характеристик современных портативных ИГА позволил сформировать основные требования к перспективным разработкам в данном сегменте медицинской техники:

- отсутствие в конструкции аппарата вибратора;
- возможность регулирования громкости и тембра воспроизводимой речи;
- фиксирование аппарата вблизи шеи для высвобождения рук пациента;
- применение самообучающейся системы, которая может адаптироваться под особенности каждого пациента в отдельном случае;
- использование миниатюрных электродов для снятия ЭМГ-сигнала, необходимость точной локализации места их наложения для получения адекватных электрических сигналов;
- воспроизведение речи в режиме реального времени;
- компактность;
- простота интерфейса для быстрого обучения.

Таким образом, способ восстановления речи пациента на основе анализа электромиографического сигнала голосовых мышц может быть положен в основу разработки современных высокоэффективных ИГА. Для реализации такого подхода необходима разработка вычислительных алгоритмов анализа сигнала и наличие библиотек для воспроизведения речи по снимаемой миограмме. Состояние современной элементной базы позволяет выполнить ИГА в портативном исполнении с достаточным запасом автономности.

Литература:

1. Пузин С. Н. Обеспечение инвалидов голосообразующими аппаратами [Электронный ресурс] / С. Н. Пузин. – 2007. – Режим доступа к ресурсу: http://www.invalidnost.com/publ/sotrudnikam_sluzhby_mseh/obespechenie_invalidov_golosobrazujushhimi_apparatami/3-1-0-453.
2. Department of Otolaryngology. Electrolaryngeal Speech [Текст] / Eastern Virginia Medical School. – Retrieved 14 March 2013. – 93 p.
3. Нифонтов И. А. Способ построения электронной гортани [Электронный ресурс] / И.А. Нифонтов – 2012. – <http://www.findpatent.ru/patent/231/2318475.html>.
4. OKAWA.ElectricDesign [Электронный ресурс] / OKAWA. – 2008. – Режим доступа к ресурсу: <http://sim.okawa-denshi.jp/en/>.
5. James T. Heaton. Development of a wireless electromyographically controlled electrolarynx voice prosthesis. [Текст] / James T. Heaton, Mark Robertson, Cliff Griffin. // Conference proceedings: Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. – Jan. 2011.