

# Система преобразования речевых сообщений в сигналы костной проводимости для лиц с ограниченными возможностями слухового восприятия

К. Н. Болсунов, А. Е. Гапанёнок

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет

«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

bolsunov\_k@mail.ru, 19981939S@mail.ru

**Аннотация.** Для полноценного восприятия окружающего мира человеку необходимо пять чувств – зрение, слух, вкус, обоняние, осязание. Одним из важнейших органов чувств является слух. При помощи органов слуха человек получает довольно-таки большую долю информации, а именно 9%. С возрастом чувствительность слуха у человека уменьшается и прежде всего в области верхних частот звукового диапазона. Как правило, человек теряет слух постепенно. Сначала «исчезают» наиболее тихие, невыразительные звуки и тончайшие нюансы. Из-за этого человеку сложно самому констатировать изменение способности слышать. Одним из наиболее распространённых в наше время способов коррекции слуха являются слуховые аппараты. Наушники костной проводимости являются наиболее безопасным и удобным способом коррекции слуха так, как они не используют для передачи звука барабанные перепонки. Для того чтобы с помощью них человек слышал звук как можно лучше необходима система для преобразования речевых сигналов в сигналы костной проводимости, которая будет учитывать все нюансы слуха пациента.

**Ключевые слова:** слух, наушники костной проводимости, речевые сигналы, сигналы костной проводимости, преобразования сигнала

## I. ВВЕДЕНИЕ

Слух – способность биологических организмов воспринимать звуки органами слуха; специальная функция слухового аппарата, возбуждаемая звуковыми колебаниями окружающей среды, например, воздуха или воды. Одно из биологических дистантных ощущений, называемое также акустическим восприятием. Обеспечивается слуховой сенсорной системой [1].

Человек способен воспринимать звук, лежащий в частотном диапазоне от 16 Гц до 22 кГц при передаче колебаний в воздушной среде и до 220 кГц при передаче звука по костям черепа. А разговаривать с частотой звука не ниже 40 Гц, звуки с более низкой частотой могут встречаться изредка и только в музыке. Когда звук находится в области очень высоких частот как правило исчезает и музыкальное восприятие вместо этого возникает некое неопределенное звуковое ощущение, которое зависит только от индивидуальных особенностей слушателя.

С возрастом чувствительность слуха у человека уменьшается и прежде всего в области верхних частот звукового диапазона. Как правило, человек теряет слух постепенно. На сегодняшний день проблема снижения и

потери слуха широко распространяется как на лиц пожилого возраста, так и на молодое поколение.

Одним из наиболее распространённых в наше время способов коррекции слуха являются слуховые аппараты. Но для настройки и использования слуховых аппаратов, в том числе и наушников костной проводимости необходимы точные данные о слухе пользователя, которые можно получить после полного обследования у специалиста с применением программных средств.

Обеспечит возможность проверки слуха и получения точного заключения врача-сурдолога система преобразования речевых сообщений в сигналы костной проводимости, о которой и пойдет речь в данном докладе.

## II. СТРУКТУРА СИСТЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ РЕЧЕВЫХ СООБЩЕНИЙ В СИГНАЛЫ КОСТНОЙ ПРОВОДИМОСТИ

Система включает в себя пять модулей: модуль регистрации медико-биологических показателей, модуль преобразования речевых сообщений в сигнал костной проводимости, модуль хранения и обработки (анализа) данных, модуль представления данных исследователю, по мимо них в системе есть еще модуль настроек и калибровки. Также в системе есть наушники костной проводимости, через которые пациенту (БО) поступает обработанный сигнал (рис. 1).

- $\{x_i\}$  – обработанный сигнал, поступающий к пациенту через наушники костной проводимости;
- $\{y_i\}$  – реакция пациента на поступающий сигнал, то есть насколько хорошо он воспринимает (слышит) получаемый сигнал;
- $\{u_i\}$  – сигнал, поступающий к пациенту, который необходимо преобразовать;
- $\{u_i^*\}$  – сигнал после обработки;
- $\{s_i\}$  – преобразованный сигнал и его характеристики, подобранные под пациента;
- $\{s_i^*\}$  – параметры сигнала, задаваемые врачом и подстраиваемые под пациента;
- $\{r_i^*\}$  – речевое сообщение, которое необходимо преобразовать.

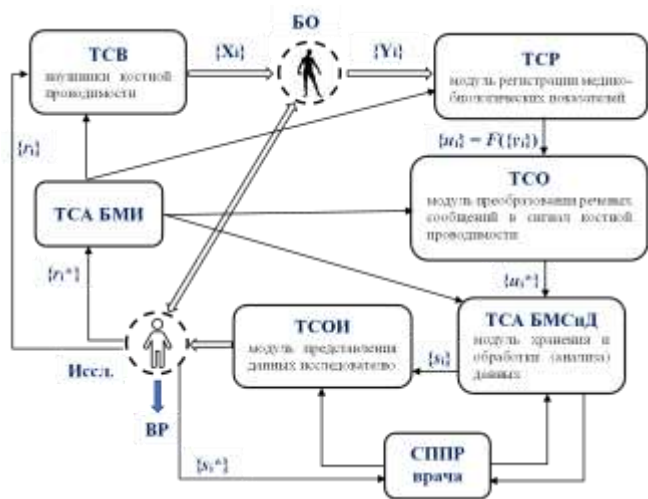


Рис. 1. Структура разрабатываемой системы

Модуль настроек и калибровки нужен для того, чтобы настроить внешний вид программы и откалибровать тестовый сигнал, который нужен для того, чтобы в дальнейшем настроить преобразованный сигнал точно под характеристики слуха пациента. Данный модуль делает систему наиболее точной.

Модуль регистрации медико-биологических показателей нужен для регистрации показателей пациента, то есть характеристик слуха пациента и реакции пациента на входящий преобразованный сигнал, чтобы подстроить его под пациента.

Модуль преобразования речевых сообщений в сигнал костной проводимости нужен для преобразования речи говорящего в сигнал костной проводимости.

Модуль хранения и обработки (анализа) данных нужен для того, чтобы проанализировать и обработать данные о медико-биологических данных пациента, а также для анализа откалиброванного тестового сигнала.

Модуль представления данных исследователю этот модуль нужен чтобы предоставить и отобразить все необходимые данные исследователю.

### III. СОСТАВ ОБЕСПЕЧЕНИЙ РАЗРАБАТЫВАЕМОЙ СИСТЕМЫ

Система состоит из методического, информационного, программно-алгоритмического, метрологического и инструментального обеспечения.

На данный момент мы разрабатываем инструментальное обеспечение системы, которое бы позволило сделать данную систему простой в использовании, но при этом с обширными возможностями преобразования сигнала.

Система преобразования речевых сообщений в сигналы костной проводимости для лиц с ограниченными возможностями слухового восприятия реализуется в рамках биотехнической измерительно-вычислительной системы (рис. 2).

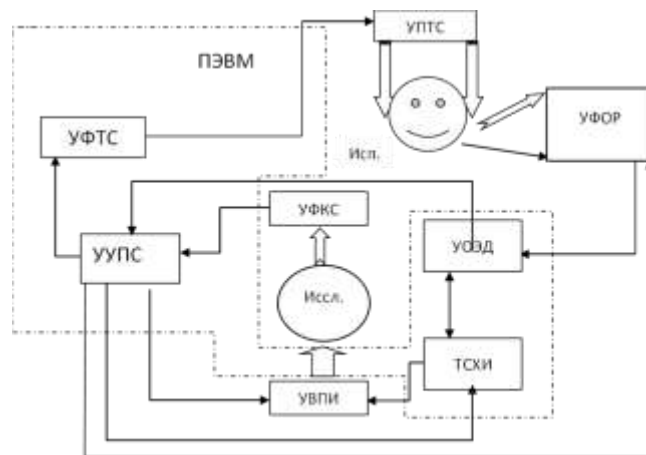


Рис. 2. Структура преобразования речевых сообщений в сигналы костной проводимости для лиц с ограниченными возможностями слухового восприятия. УФТС – устройство формирования тестовых сигналов; УПТС – устройство предъявления тестового сигнала; УУПС – устройство управления процессом исследований; УФКС – устройство формирования командных сигналов; УВПИ – устройство визуализации процесса исследований; УОЭД – устройство обработки экспериментальных данных; ТСХИ – технические средства сохранения информации; УФОР- устройство фиксации ответной реакции; Иссл. – исследователь; Исп. – испытуемый.

Для того чтобы разрабатываемая система могла осуществлять свое назначение наиболее эффективно, каждый из ее элементов должен выполнять свои определенные функции. То есть те функции, которые могут выполнять биообъекты в диалоге «Испытуемый – Исследователь»:

1. источник измерительной информации, оценивает характеристики и отдельные параметры жизнедеятельности биообъекта;
2. объект, подвергающийся воздействиям с целью изменения его состояния в нужном направлении;
3. подсистема, проводит анализ предоставляемой с помощью первых двух функций информации и формирует представление о мгновенном состоянии исследуемого объекта, а также формирует прогноз его развития;
4. подсистема, отвечает за принятие решений о способах управления состоянием объекта исследования.

Первые две функции присущи биообъекту, выступающему в роли испытуемого. Две оставшиеся функции свойственны исследователю, деятельность которого оказывает большое влияние на надежность и качество работы всей системы в целом [2].

### IV. ВИД МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ, ИСПОЛЗУЕМОЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ

При разработке данной системы использована модель восприятия звуков, так как она наиболее полно отражает основной процесс, происходящий в разрабатываемой системе.

Для начала необходимо разобраться в схеме возникновения слуховых ощущений (рис. 3) [3].

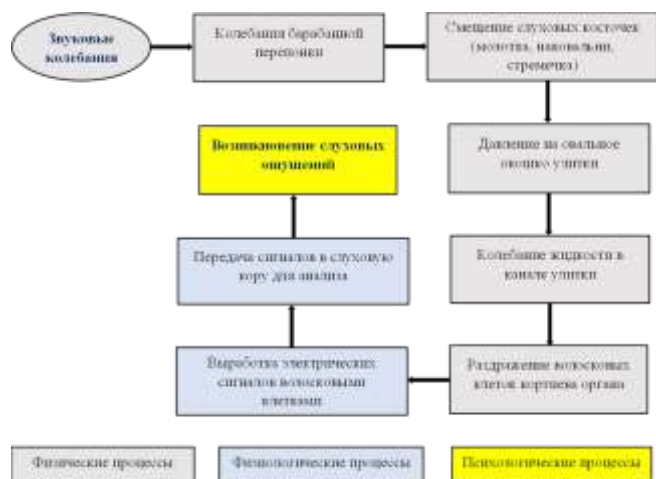


Рис. 3. Схема возникновения слуховых ощущений

Уровень адекватности разрабатываемой модели: адекватность – это уровень соответствия модели реальному объекту. Разрабатываемая модель имеет высокий уровень адекватности, так как наиболее приближена к реальному звуковосприятию человека [4].

Влияние адекватности разрабатываемой модели на эффективность разрабатываемых методов исследования и эффективность функционирования биотехнической системы: так как система еще разрабатывается, то сравнить полученные с ее помощью результаты и результаты, полученные с помощью реального объекта нельзя. Но адекватность модели действительно будет влиять на эффективность разрабатываемых методов исследования и эффективность функционирования биотехнической системы, в особенности на точность методов, так как, чем более высокий уровень адекватности модели, тем более точные результаты будет давать система, а значит будет наиболее эффективной.

## V. Выводы

В ходе выполнения данной работы была разработана структура биотехнической системы, одним из компонентов которой будет разрабатываемая система преобразования речевых сообщений в сигналы костной проводимости для лиц с ограниченными возможностями слухового восприятия. А также проанализированы основные аспекты, которые необходимо учесть при разработке системы. Это и характеристики самой системы и характеристики её уровней обеспечения.

Основные результаты работы:

1. Поставлены цели и задачи диссертационного исследования.
2. Разработана структура биотехнической системы, одним из компонентов которой будет разрабатываемая система преобразования речевых сообщений в сигналы костной проводимости для лиц с ограниченными возможностями слухового восприятия.
3. Была дана характеристика объекта исследования, определен вид математической модели, используемой при разработке системы, определен уровень адекватности разрабатываемой модели, а также мы определили, что адекватность разрабатываемой модели будет влиять на эффективность разрабатываемых методов исследования и эффективность функционирования биотехнической системы.
4. Было определено, что большое значение при функционировании биотехнических систем имеет ее устойчивость. На уровень которой влияют как внешние, так и внутренние факторы, воздействующие на биотехническую систему.
5. Также были определены основные аспекты, которые необходимо учесть при разработке каждого из уровней обеспечения системы, в том числе и влияние уровней обеспечения друг на друга.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Болсунов К.Н., Гапаненко А.Е./ XXXII Всероссийская научно-техническая конференция студентов, молодых ученых и специалистов "Биотехнические, медицинские и экологические системы, измерительные устройства и робототехнические комплексы" (БИОМЕДСИСТЕМЫ–2019): тез. докл., XXXII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов «Биотехнические, медицинские и экологические системы, измерительные устройства и робототехнические комплексы» (БИОМЕДСИСТЕМЫ–2019), СПб, 4–6 дек. 2019 г. / СПбГЭТУ «ЛЭТИ», СПб, 2010, С. 103–106.
- [2] TEXPEBИЗOP URL: <https://tehrevizor.ru/kak-vybrat/audio/rejting-luchshih-naushnikov-sony.html>
- [3] Схемы и таблицы. Схемо РФ URL: <https://cxemo.pf/schema/26698-shema-vozniknovenija-sluhovyh-oschuschenii.html>
- [4] Studme.org URL: [https://studme.org/163940/informatika/adekvatnost\\_Modeli](https://studme.org/163940/informatika/adekvatnost_Modeli)