

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ О ВОЗРАСТНЫХ ИЗМЕНЕНИЯХ СЛУХА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ НЕЙРОСЕНСОРНОЙ ТУГОУХОСТИ

*Порхун М.И.*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Вашкевич М.И. – канд. тех. наук*

Предлагается подход к использованию информации о возрастных изменениях в слуховой системе человека при моделировании нейросенсорной тугоухости. Данный подход предлагается использовать в модели потери слуха, построенной на базе банка фильтров с применением компрессоров динамического диапазона в субполосах. Для настройки компрессоров модели используется информация об усреднённых порогах слышимости людей разных возрастов. В работе приведен пример моделирования нейросенсорной тугоухости для возраста 75 лет.

Для моделирования нейросенсорной тугоухости разработано множество методов. Однако, на практике, основными являются методы, основанные на субполосной декомпозиции звукового сигнала с последующим применением компрессоров динамического диапазона (КДД) в субполосах. Декомпозиция сигнала выполняется банком фильтров, согласованным с работой человеческого уха, а КДД выполняют задачу частотно-зависимого ослабления субполосного сигнала. Настройка параметров КДД, как правило, выполняется на основании аудиограммы тугоухого человека [1]. В большинстве случаев моделирование нейросенсорной тугоухости выполняется по аудиограмме слабослышащего человека относительно нормального слуха (абсолютного порога слышимости). Т.е. предполагается, что прослушивать результирующий сигнал будет человек с нормальным слухом. Нужно учесть, что целью моделирования является предоставление возможности человеку с нормальным слухом ощутить, как воспринимает звуки тугоухий человек. Для более точного достижения этой цели необходимо знать аудиограмму того человека («целевого» слушателя), который будет прослушать результирующий сигнал. Однако, как правило информация о слухе «целевого» слушателя неизвестна. В этом случае для подстройки модели можно использовать информацию об усреднённых порогах слышимости для разных возрастных групп. В данном случае предполагается, что возраст «целевого» слушателя известен.

Возрастное ухудшение слуха обусловлено как биологическими процессами старения организма, так и результатом воздействия шумов [2]. Наиболее острый слух наблюдается у людей в

возрасте от 14 до 19 лет. По мере старения человека абсолютный порог слышимости увеличивается, особенно в области высоких частот. Помимо того, с возрастом, отмечается ограничение верхнего порога воспринимаемых частот. При этом процесс ухудшения слуха с возрастом необратим [3].

В данной работе для моделирования нейросенсорной тугоухости с учётом возрастных изменений слуха предлагается использовать модификацию метода, описанного в [1]. Структура метода представлена на рисунке 1.

Для учёта возрастных изменений слуха предлагается использовать усреднённые пороги слышимости для разных возрастов (рисунок 2).

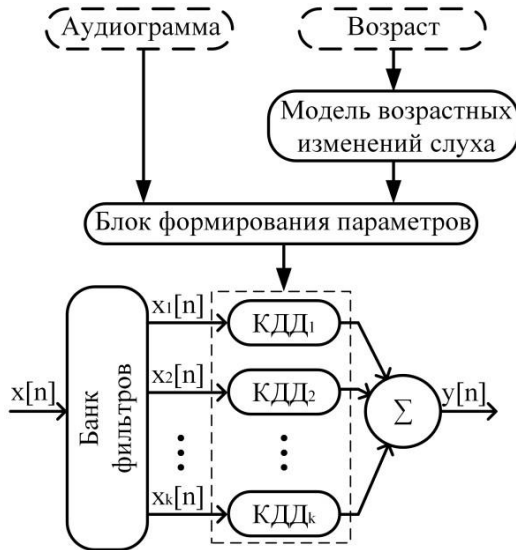


Рисунок 1 – Структура метода моделирования нейросенсорной тугоухости

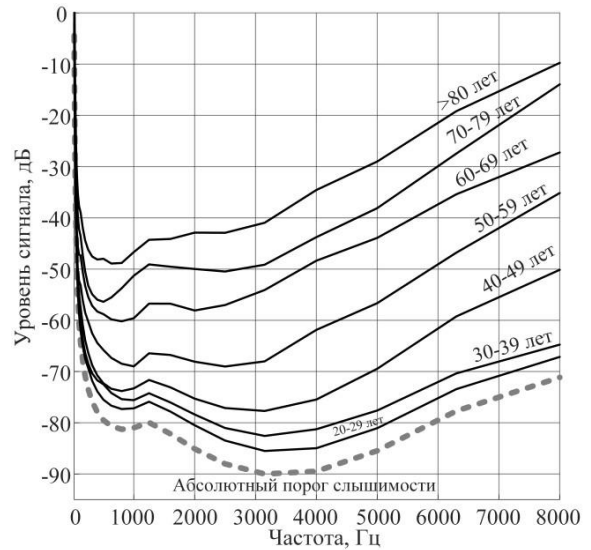


Рисунок 2 – Усреднённые пороги слышимости для людей разных возрастов

Входной сигнал  $x[n]$  раскладывается на субполосы при помощи банка гамматон-фильтров, имитирующий механизм частотного восприятия звука в ухе. Результирующие субполосные компоненты сигнала проходят через соответствующие компрессоры динамического диапазона (КДД), задачей которых является автоматический выбор коэффициентов ослабления субполос в зависимости от уровня мощности сигнала. Модель возрастных изменений слуха позволяет определить порог слышимости для конкретной частоты с учётом возраста человека без использования аудиограммы. Блок формирования параметров позволяет задать характеристику вход/выход для каждого КДД на основании либо аудиограммы тугоухого человека (если она известна), либо его возраста (если аудиограмма не известна). Выходной сигнал  $y[n]$  синтезируется путём суммирования обработанных КДД субполосных компонент.

Согласно [1], настройка модели нейросенсорной потери слуха выполняется на основании значений порогов слышимости на центральных частотах банка фильтров. На первом этапе определяются пороги слышимости тугоухого человека. Для этого на сетку центральных частот банка фильтров выполняется интерполяция либо аудиограммы «целевого» слушателя (если она известна), либо усреднённая аудиограмма для его возраста. На следующем этапе определяются пороги слышимости для тугоухого человека и слуха в норме. Исходя из значений полученных порогов слышимости, выполняется настройка характеристики вход/выход КДД. Пример зависимости порогов слышимости среди разных возрастов для частоты 1 кГц приведены на рисунке 3.

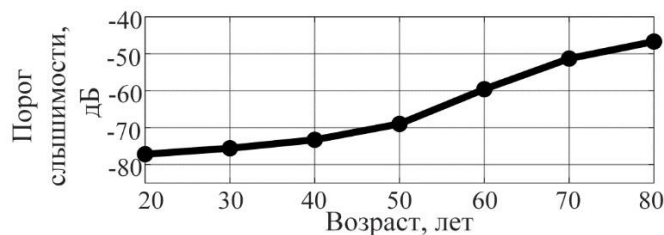


Рисунок 3 – Зависимость порогов слышимости от возраста для частоты 1 кГц

Проверка предлагаемого метода моделирования нейросенсорной тугоухости с учётом возрастных изменений слуха производилась на речевом сигнале (рисунок 4, а) для человека в возрасте 75 лет. Спектрограмма выходного сигнала (рисунок 4, б) отражает особенности восприятия

ИСХОДНОГО ЗВУКОВОГО СИГНАЛА ПОЖИЛЫМ ЧЕЛОВЕКОМ.

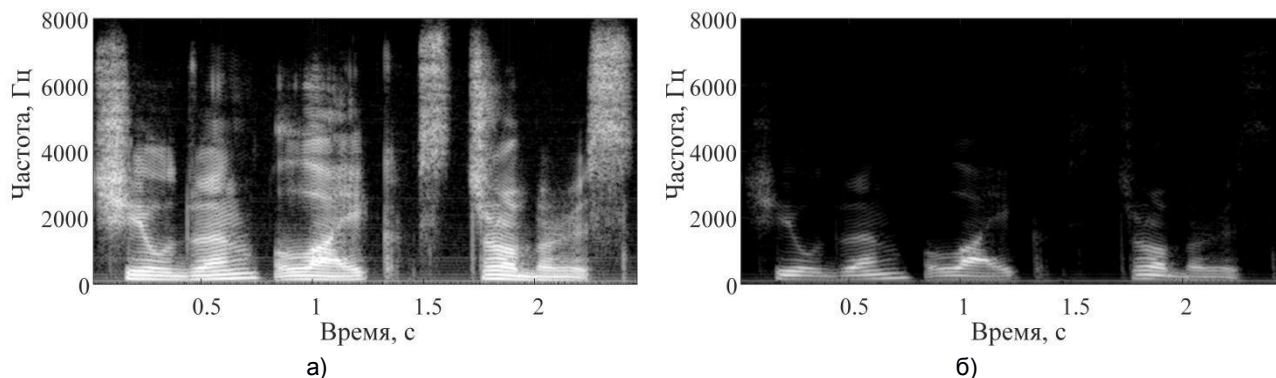


Рисунок 4 – Результаты обработки звукового сигнала предложенным методом: а) исходный звуковой сигнал; б) обработанный сигнал для возраста 75 лет

В работе предложен подход к использованию информации о возрастных изменениях слуха при моделировании нейросенсорной тугоухости. Ключевой особенностью метода является возможность моделировать возрастные слуховые патологии без использования аудиограмм конкретных людей. Работоспособность метода подтверждена результатами MATLAB-моделирования.

**Список использованных источников:**

1. Порхун, М. И. Моделирование эффекта потери слуха / М. И. Порхун, М. И. Вашкевич // Цифровая обработка сигналов и ее применение: труды 20-й междунар. конф., Москва, 28-30 марта 2018 г. / РНТОРЭС имени А.С. Попова. – Москва, 2018. – Т. 1. – С. 228 – 233.
2. Ярыгин В.Н. Руководство по геронтологии и гериатрии / В.Н. Ярыгин, А.С. Мелентьев. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2008. – Т. 4. – 528 с.
3. Старческая тугоухость (пресбиакузис) / А. И. Лопотко [и др.] // А. : Ылым, 1986. – 300 с.