

Моделирование эффекта потери слуха

Авторы:

магистрант Порхун М.И.
к.т.н., доцент Вашкевич М.И.

Республика Беларусь, Минск,
БГУИР, ЭВС

2018



Цель и задачи

- **Цель:** разработка метода моделирования эффекта потери слуха.
- **Задачи:**
 - разработка и реализация метода моделирования потери слуха;
 - тестирование метода и анализ полученных результатов.

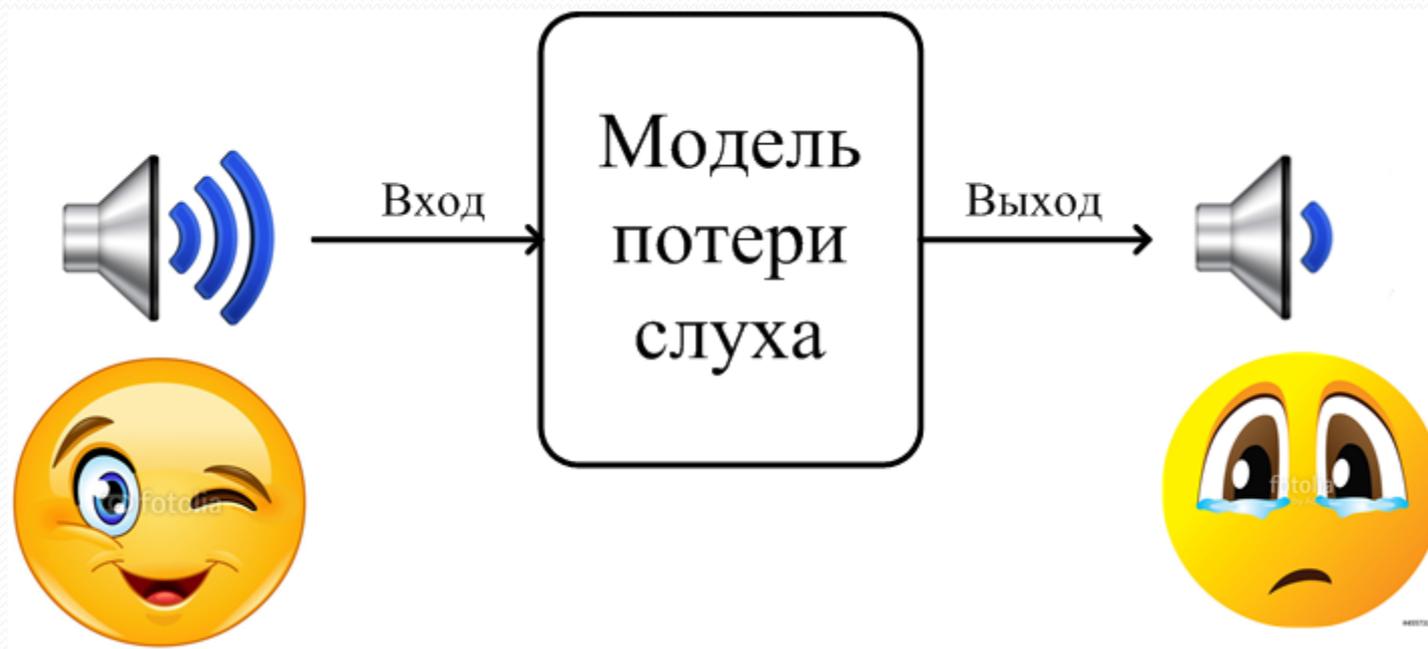
Актуальность разработки

- В последние годы были разработаны различные методы моделирования потери слуха, *но ни один из них не получил широкого распространения.*
- Модель демонстрирует *коммуникативные и психосоциальные эффекты* при нарушении слуха, а также предоставляет людям информацию о *рисках ухудшения слуха.*

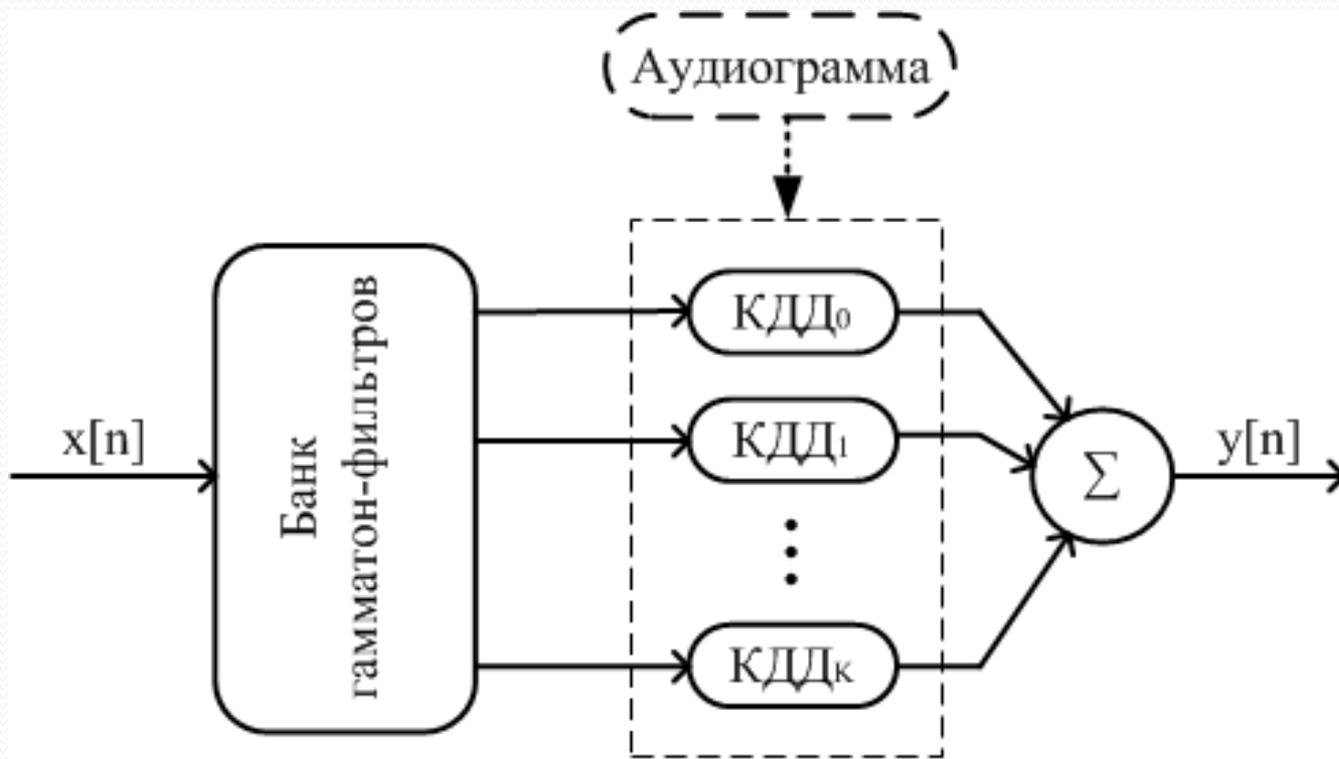
Актуальность разработки

- Используя данную модель, можно показать людям с нормальным слухом как тугоухий человек воспринимает окружающую акустическую среду.
- На основе модели может быть оценена эффективность различных способов коррекции слуха.

Идея разработки



Структура модели потери слуха



Банк фильтров

- Для разделения сигнала на субполосные составляющие в работе предлагается использовать **банк гамматон-фильтров**, который имитирует механизм частотного разложения звука в ухе.

Банк фильтров

- Гамматон-фильтр в области Лапласа:

$$G(s) = \left[\frac{e^{j\varphi} \left(s - \left(-\frac{\omega_0}{Q} + j\omega_0 \sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}} \right) \right)^N + e^{-j\varphi} \left(s - \left(-\frac{\omega_0}{Q} - j\omega_0 \sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}} \right) \right)^N}{[(s + b)^2 + \omega_c^2]^N} \right]$$

- Импульсная характеристика гамматон-фильтра:

$$g(t) = At^{N-1} e^{-2\pi b ERB(f_c)t} \cos(2\pi f_c t + \varphi)$$

- где N – порядок фильтра, f_c – центральная частота, $ERB(f_c)$ – эквивалентная прямоугольная полоса пропускания фильтра, φ – начальная фаза, A – амплитуда, b – параметр, регулирующий ширину ERB .

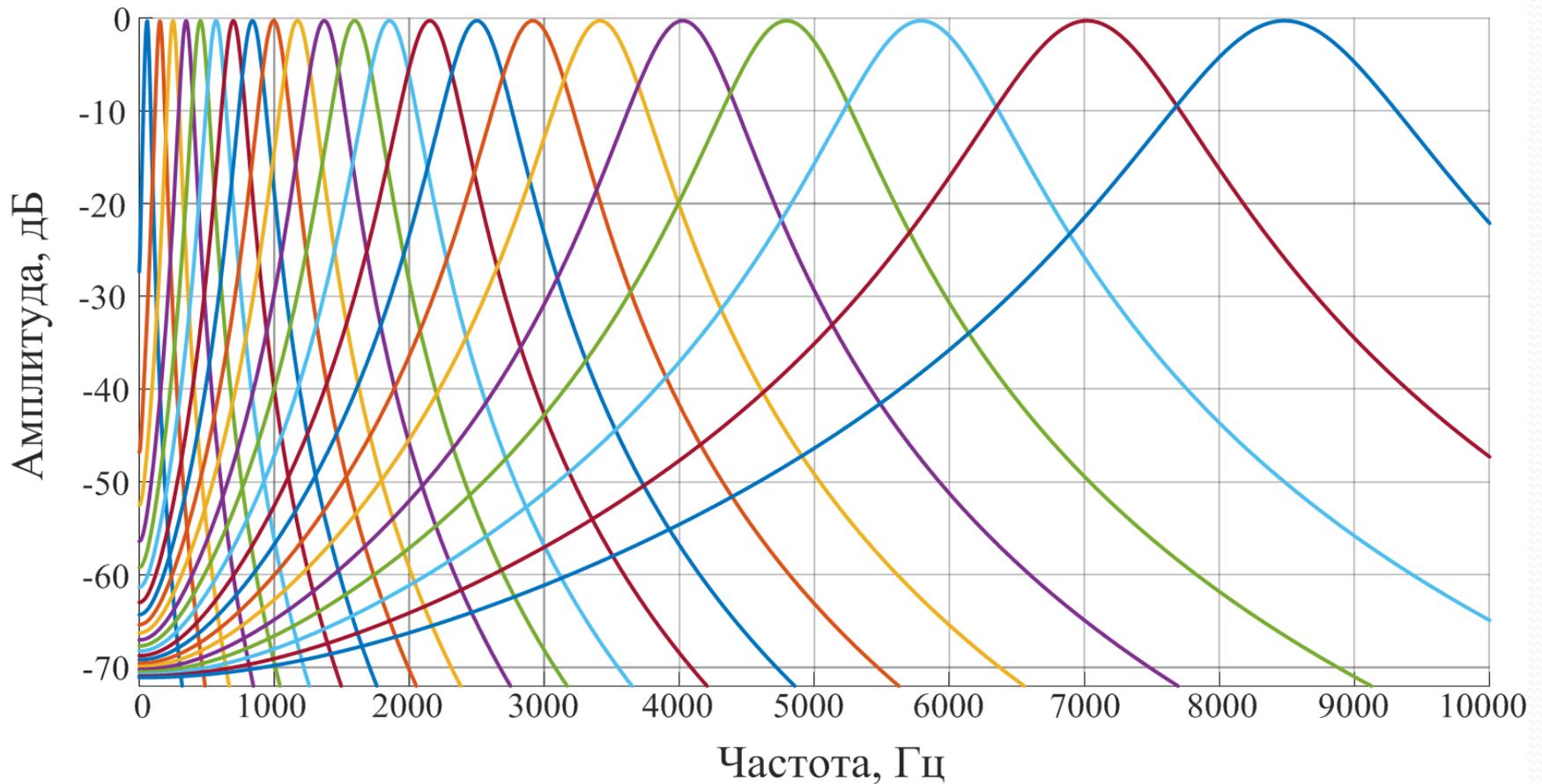
Банк фильтров

- При умеренных уровнях мощности сигнала

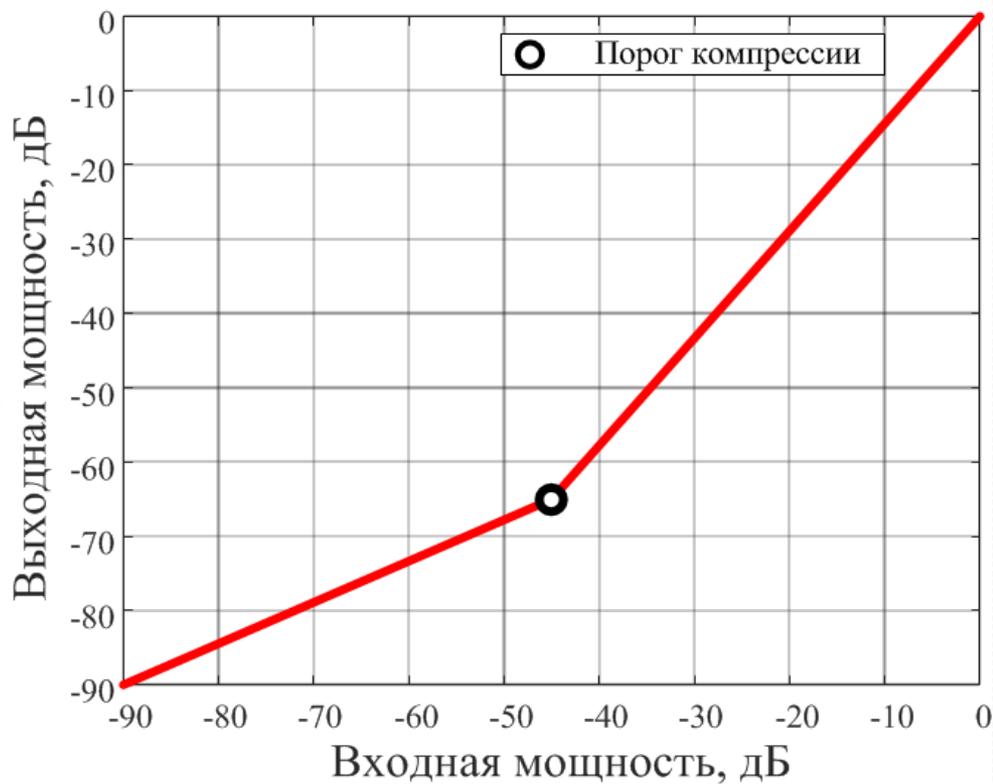
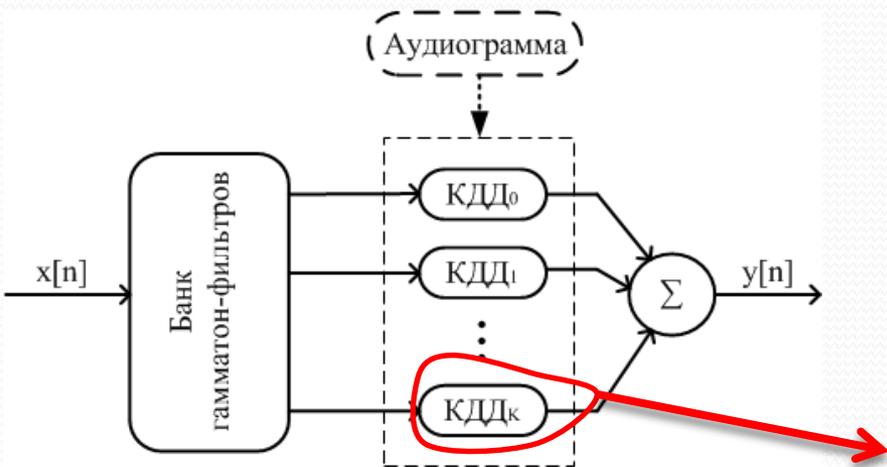
$$ERB(f) = 24.7 + 0.108f$$

- В работе использован 22-канальный банк фильтров, реализованный в виде гребёнки КИХ-фильтров. Порядок гамматон-фильтров равен четырём ($N = 4$), а коэффициент $b = 1.019$.

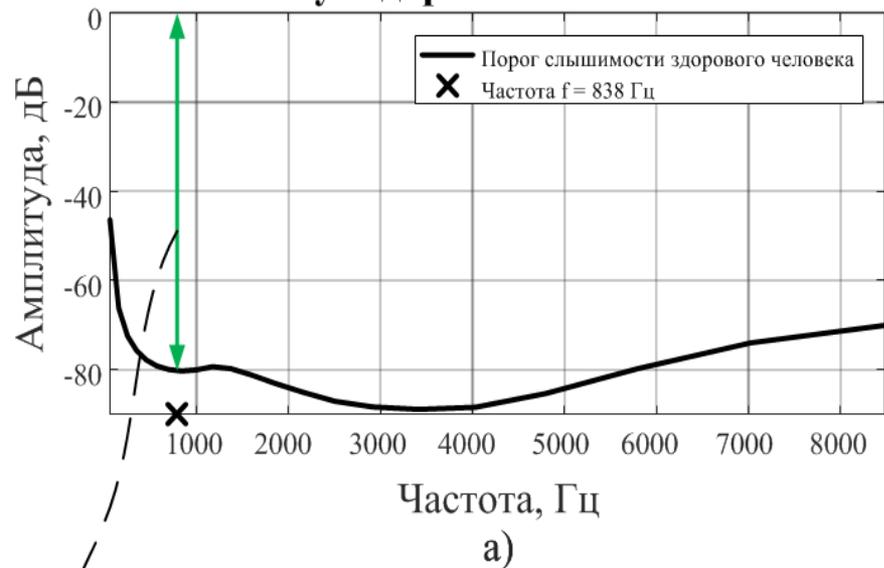
АЧХ банка фильтров



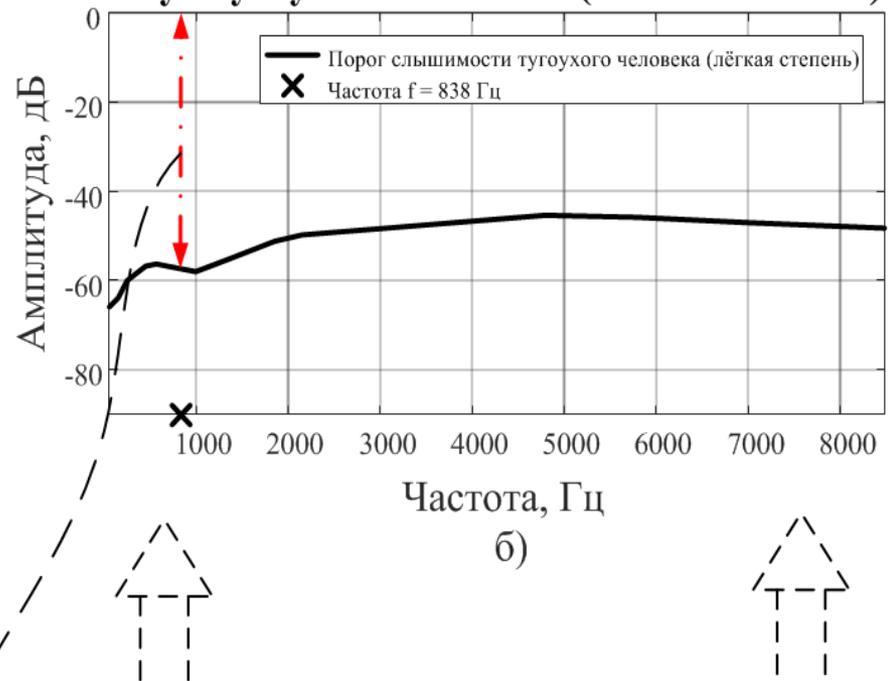
Компрессор динамического диапазона



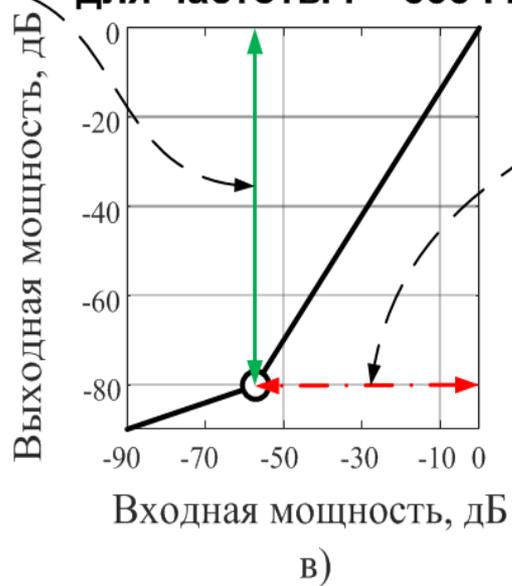
Слух здорового человека



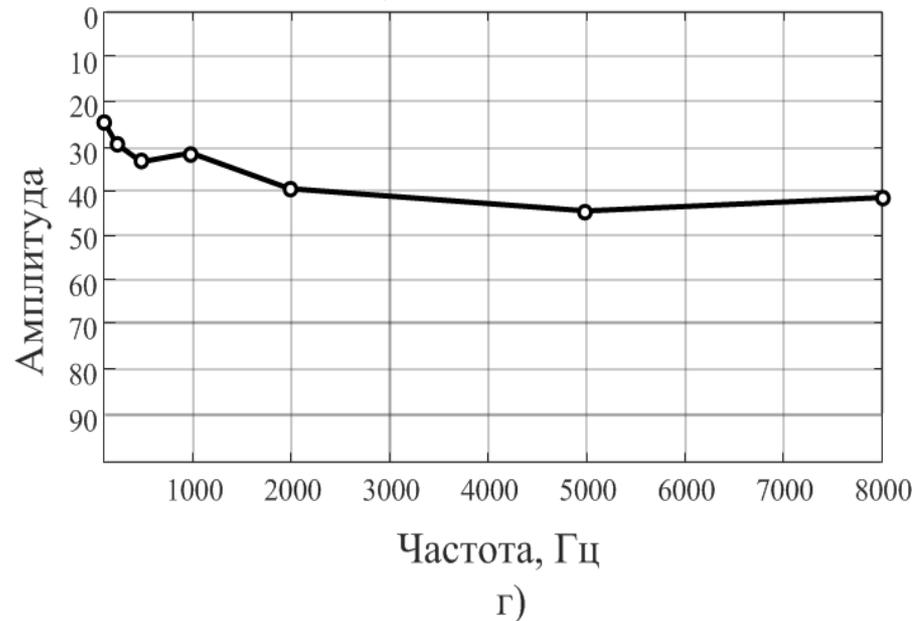
Слух тугоухого человека (лёгкая степень)



Компрессор динамического диапазона для частоты $f = 838$ Гц



Аудиограмма



Реализация компрессора динамического диапазона

$$P_k^{in}[n] = \beta P_k[n-1] + (1 - \beta)x_k^2[n], \quad k = 0 \dots K - 1,$$

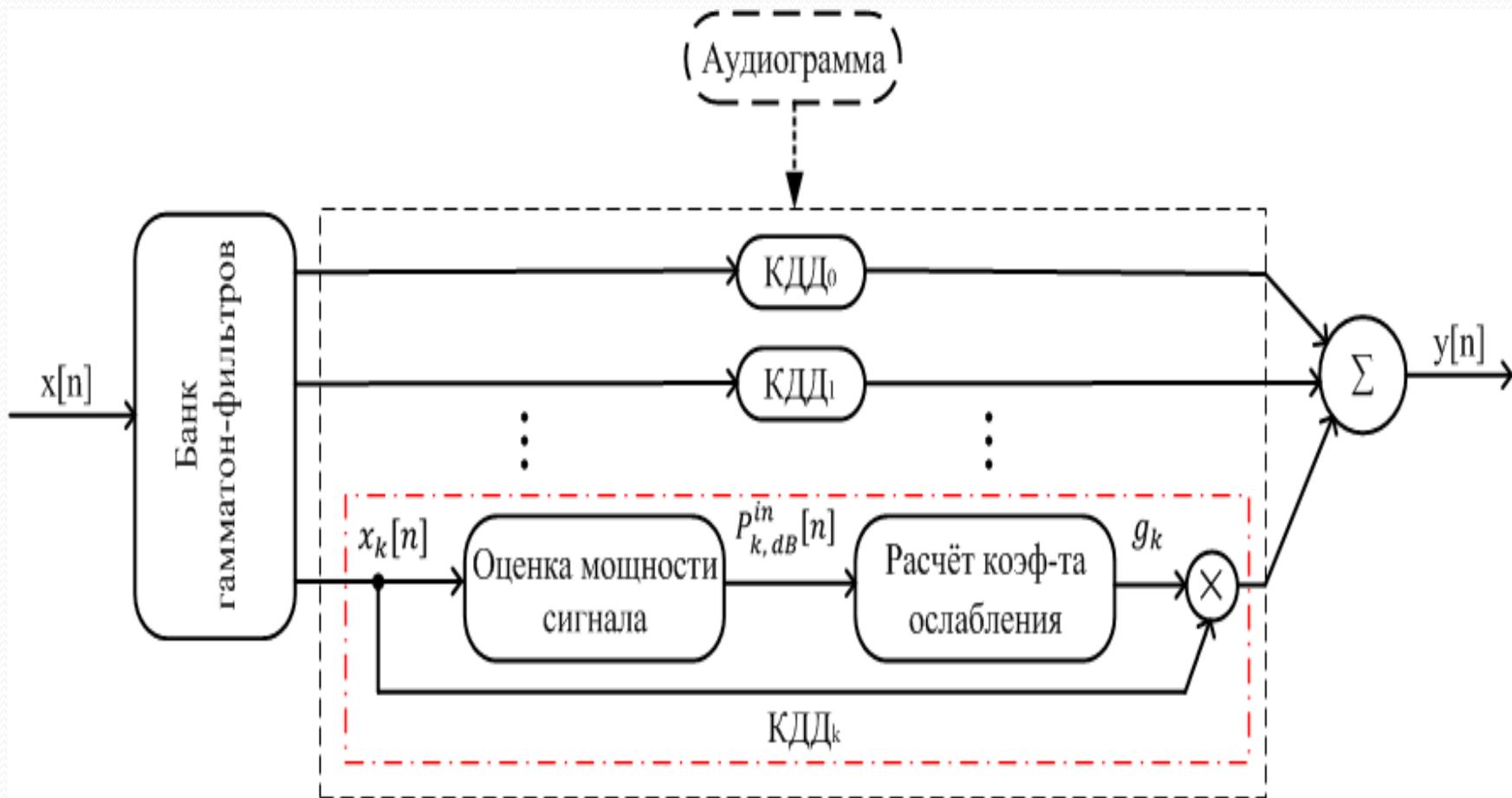
$$P_{k,dB}^{in}[n] = 10 \log_{10} P_k^{in}[n]$$

$$G_{k,dB} = P_{k,dB}^{out} - P_{k,dB}^{in}$$

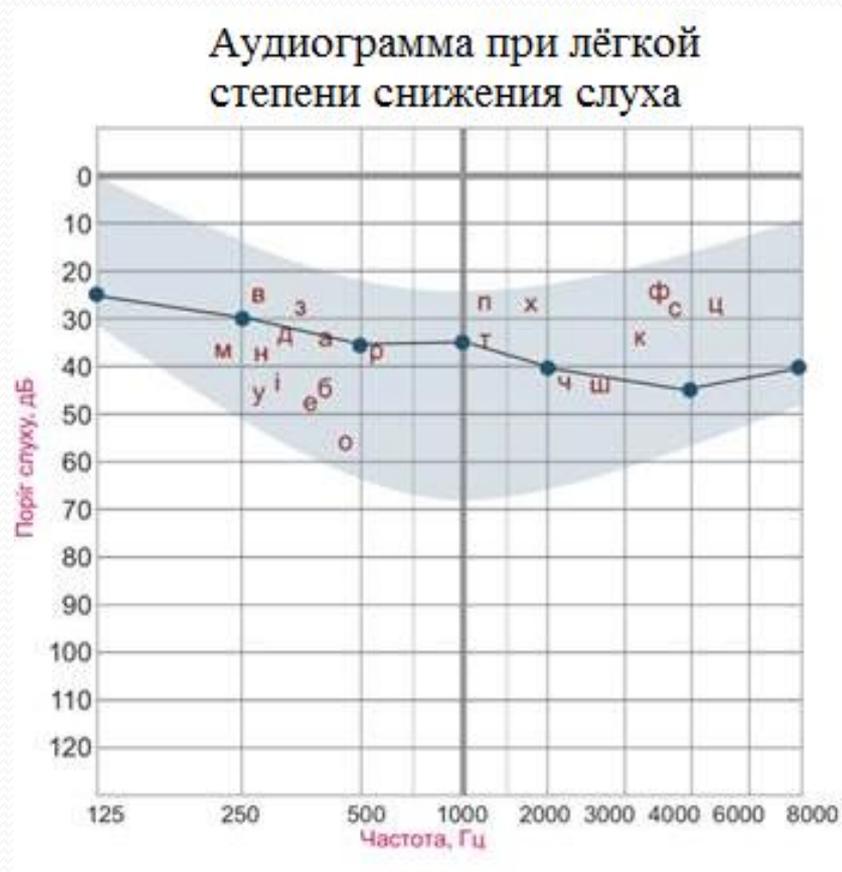
$$g_k = 10^{G_{k,dB}/20}$$

- где $P_k^{in}[n]$ – мощность сигнала на выходе k -го канала банка фильтров, $P_k^{out}[n]$ – выходная мощность (рассчитывается исходя из характеристики вход/выход КДД), $x_k[n]$ – сигнал на выходе k -го канала банка фильтров, K – число каналов банка фильтров, коэффициент β (0.995), $G_{k,dB}$ – субполосные коэффициенты ослабления (в дБ), g_k – субполосные коэффициенты ослабления.

Реализация компрессора динамического диапазона

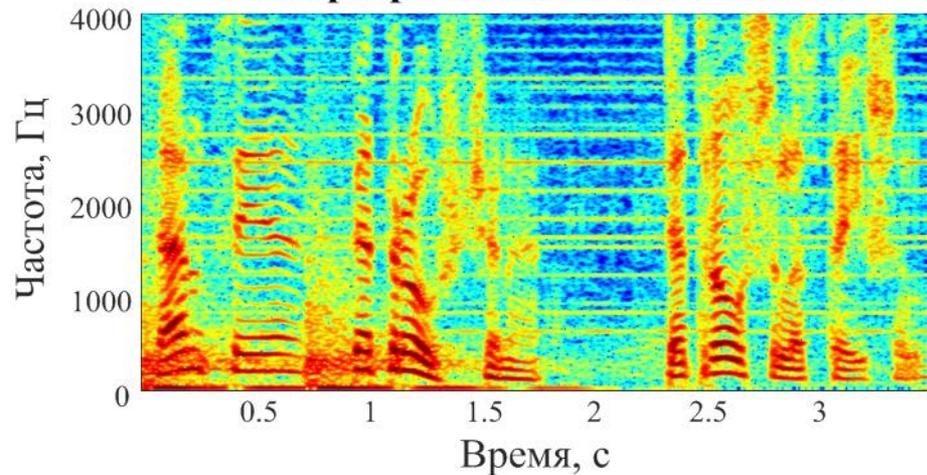


Результаты экспериментов



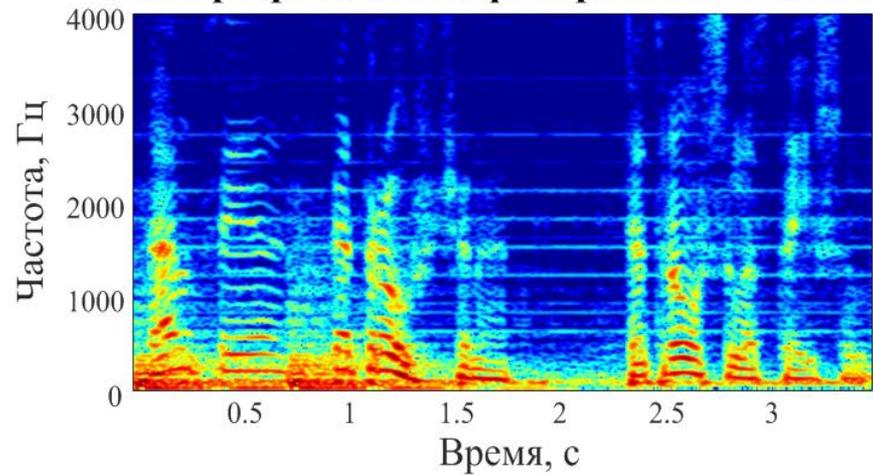
Результаты экспериментов

Спектрограмма исходного сигнала



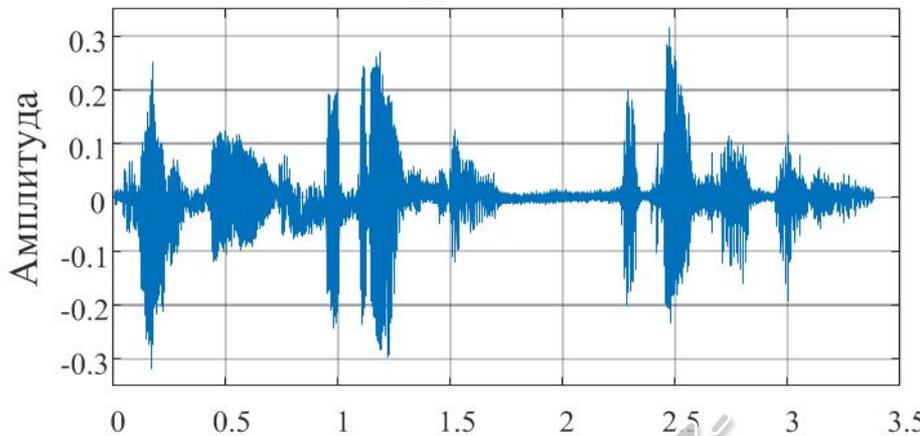
а)

Спектрограмма модифицированного сигнала



б)

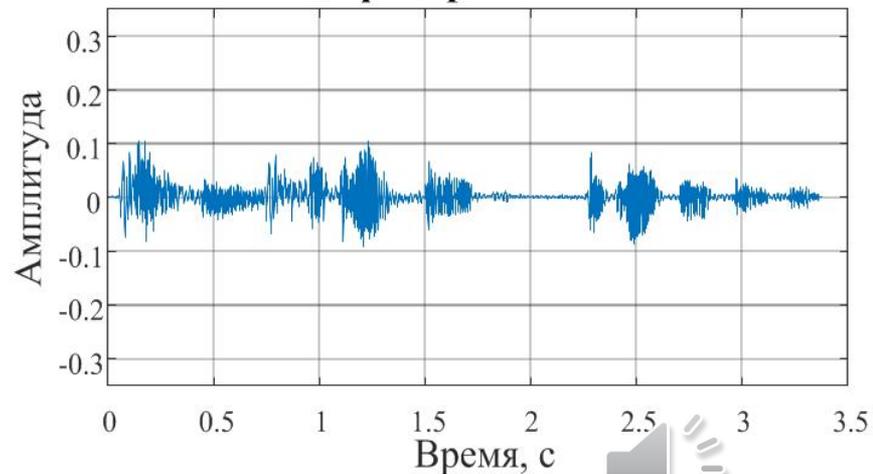
Исходный сигнал



в)



Модифицированный сигнал

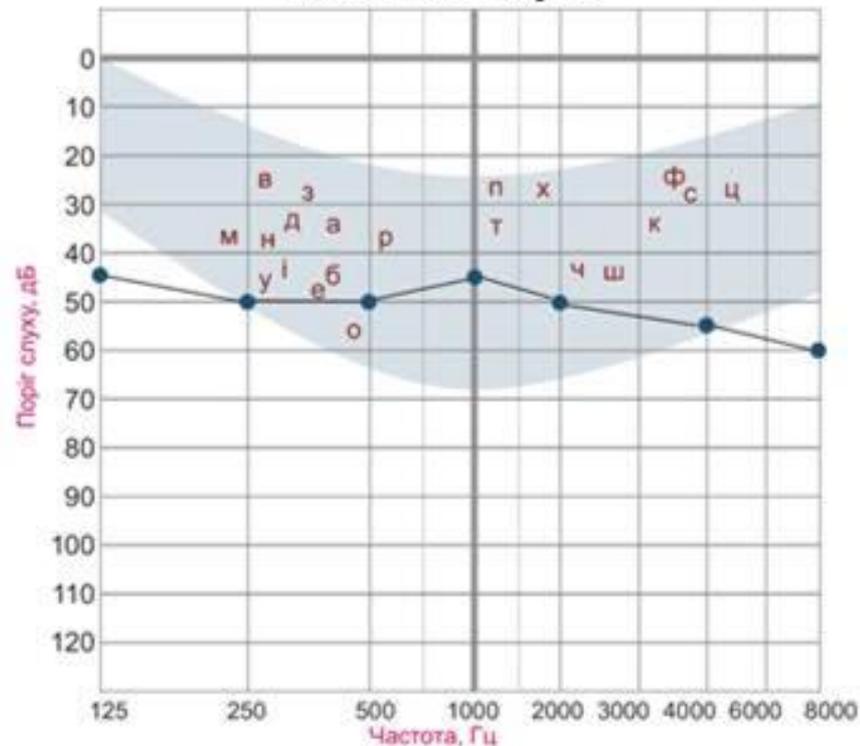


г)



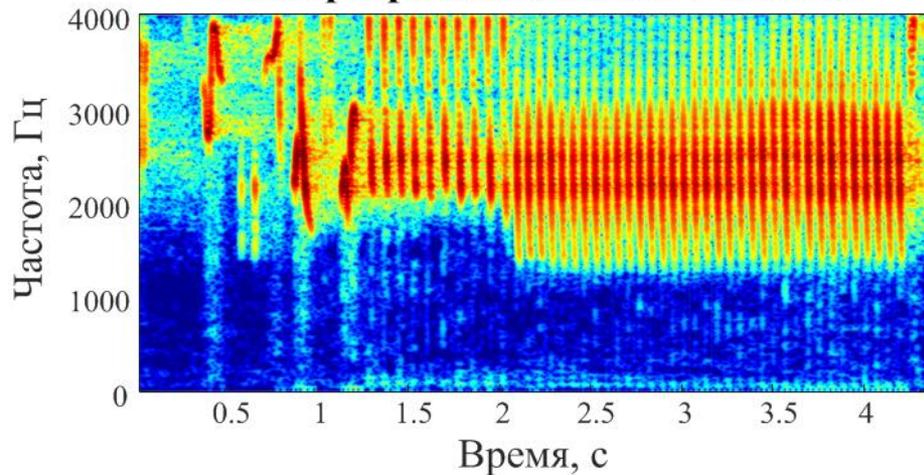
Результаты экспериментов

Аудиограмма при средней степени снижения слуха



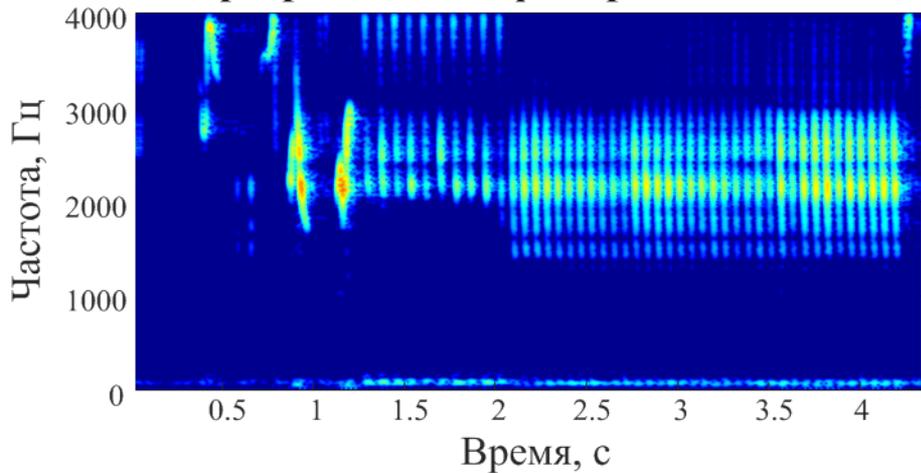
Результаты экспериментов

Спектрограмма исходного сигнала



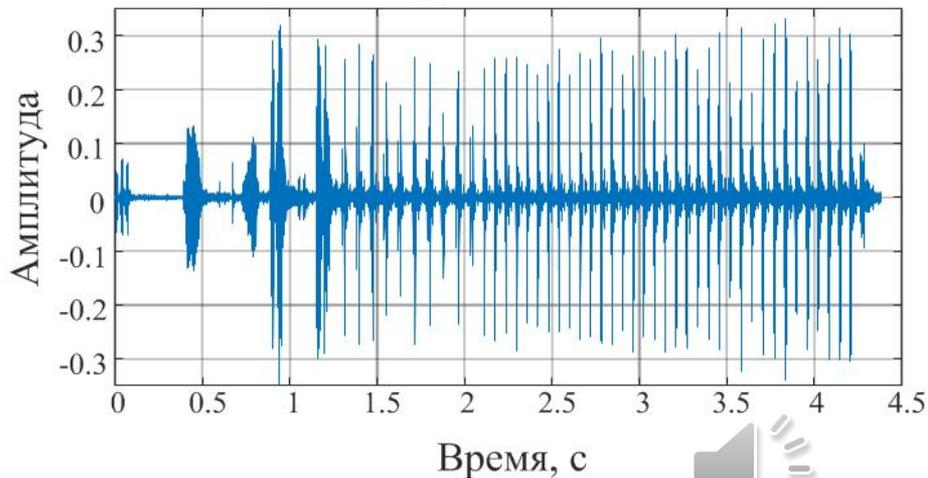
а)

Спектрограмма модифицированного сигнала



б)

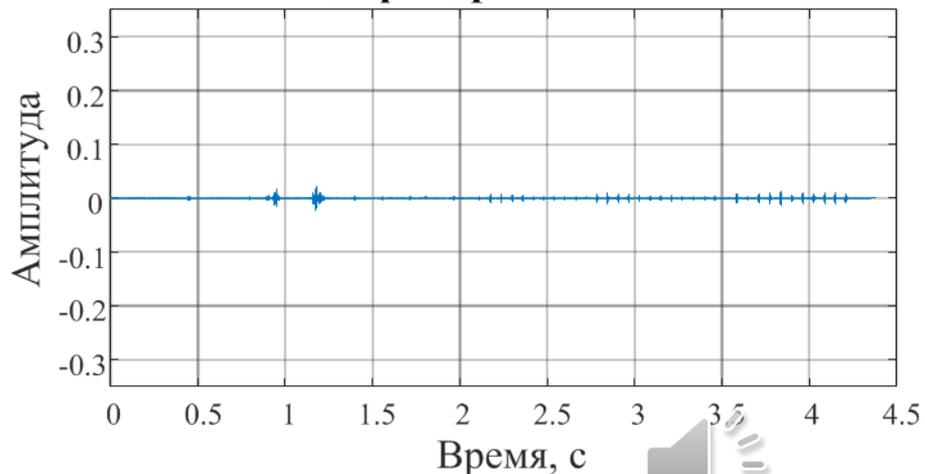
Исходный сигнал



в)



Модифицированный сигнал



г)



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

