

# Исследование возможности применения модифицированного дискретного косинусного преобразования с деформацией частотной оси для построения слухового аппарата

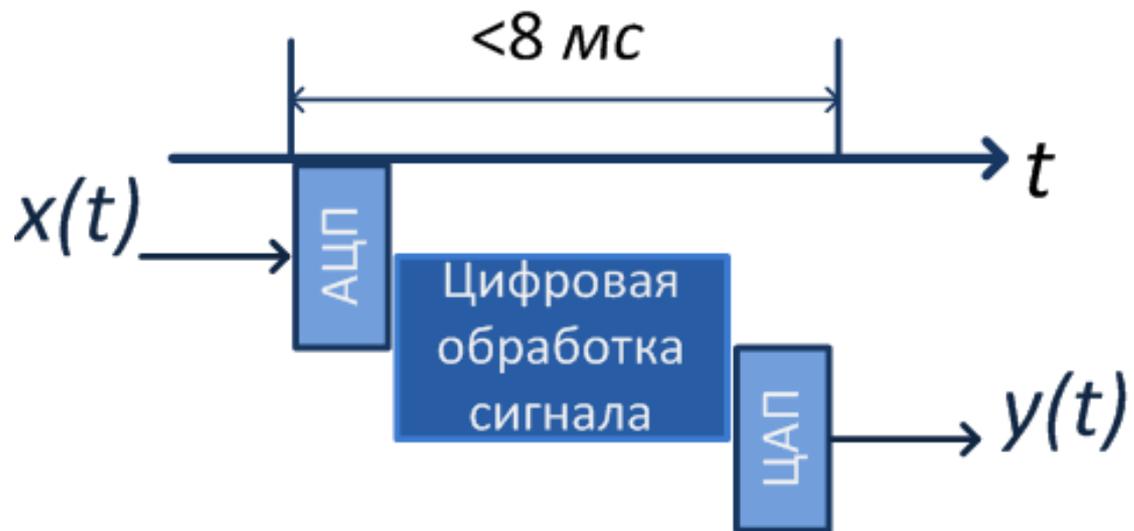
М.И. Вашкевич<sup>1</sup>, М. Парфенюк<sup>2</sup>, А.А. Петровский<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Кафедра электронных вычислительных средств,  
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

<sup>2</sup> Department of Digital Media and Computer Graphics,  
Bialystok University of Technology

# Временное ограничение в слуховых аппаратах

- Обработка сигнала в реальном масштабе времени
- Малая алгоритмическая задержка



# Модифицированное ДКП

МДКП для сигнала  $x[n]$  определяется как:

$$y[k] = \sum_{n=0}^{2N-1} h[n]x[n] \cos\left(\frac{\pi(2n + (N + 1))(2k + 1)}{4N}\right),$$

где  $k$  – номер частотного канала ( $k=0,1\dots N-1$ ).

$h[n]$  – временное окно (фильтр-прототип).

# Эффективная реализация МДКП (1)

МДКП можно реализовать используя ДКП-4:

$$\mathbf{y} = \text{DCT-4}_N \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{I}_{N/2} & -\mathbf{J}_{N/2} & -\mathbf{I}_{N/2} & -\mathbf{I}_{N/2} \end{bmatrix} \cdot \text{diag}(h[0], \dots, h[2N - 1]) \cdot \mathbf{x},$$

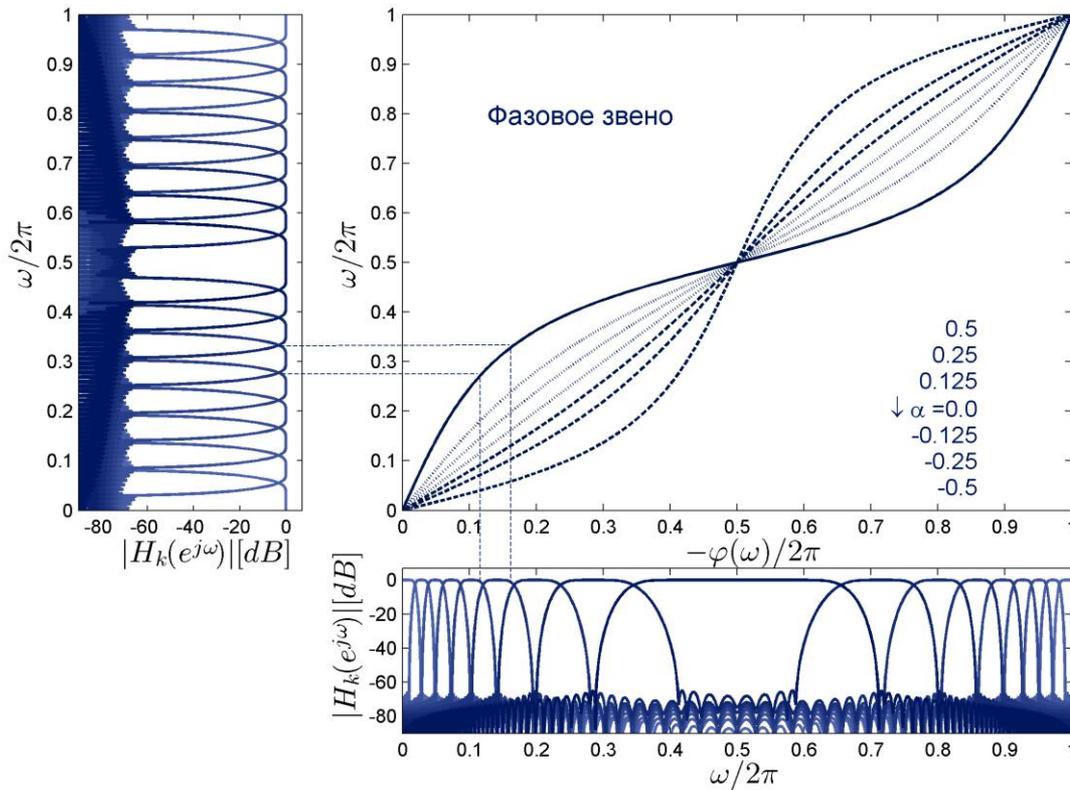
где  $\text{DCT-4}_N = [\cos(\frac{\pi(n + 1/2)(k + 1/2)}{N})]_{0 \leq n, k < N}$  матрица ДКП-4 размерности  $N$ ,

$\mathbf{I}_N$  - единичная матрица размера  $N$ ,

$\mathbf{J}_N$  - матрица размера  $N$ , содержащая единицы на побочной диагонали.



# Деформация оси частот



$$z^{-1} \rightarrow A(z)$$

$$A(z) = \frac{z^{-1} + \alpha}{1 + \alpha z^{-1}},$$

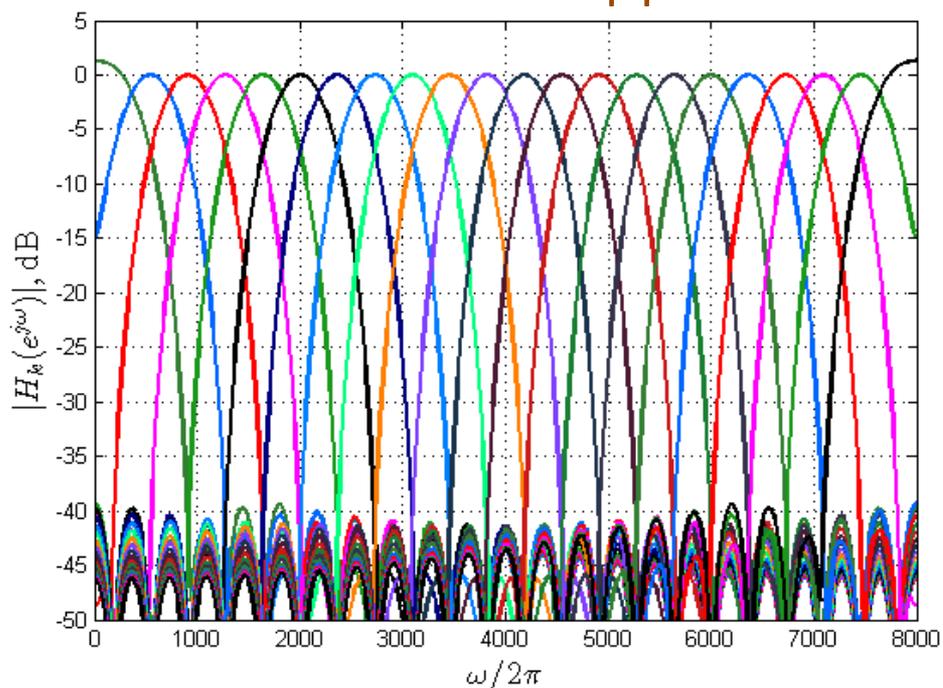
$$\alpha \in \mathbb{R}, \quad |\alpha| < 1,$$

$$A(e^{j\omega}) = e^{j\varphi(\omega)}$$

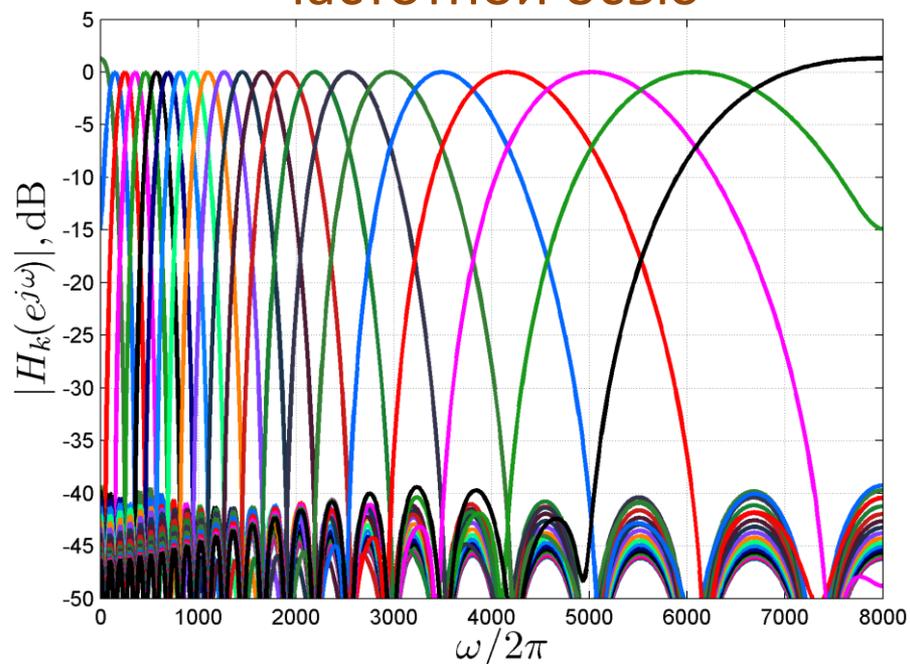
$$\varphi(\omega) = -\omega + 2 \arctan \left( \frac{\alpha \sin \omega}{\alpha \cos \omega - 1} \right).$$

# Частотная характеристика МДКП

Обычное МДКП

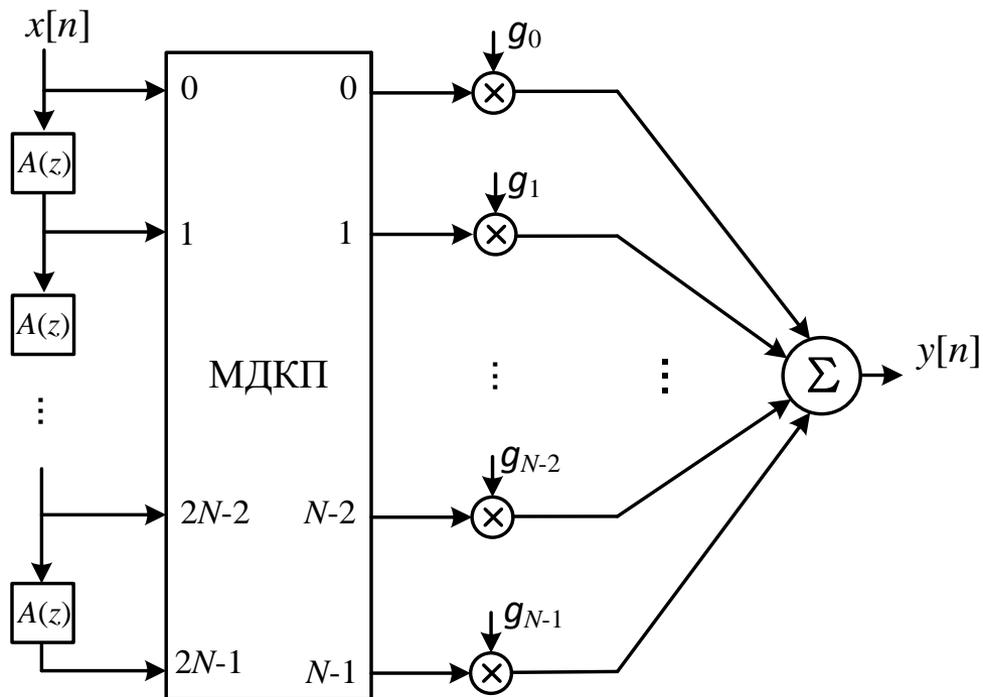


МДКП с деформированной частотной осью



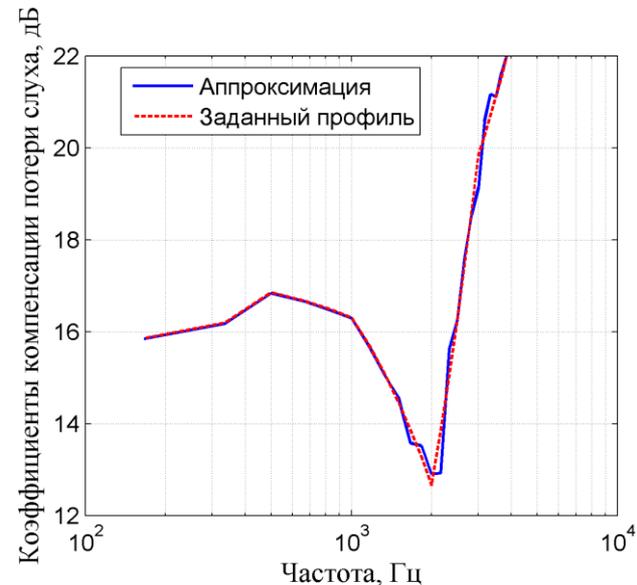
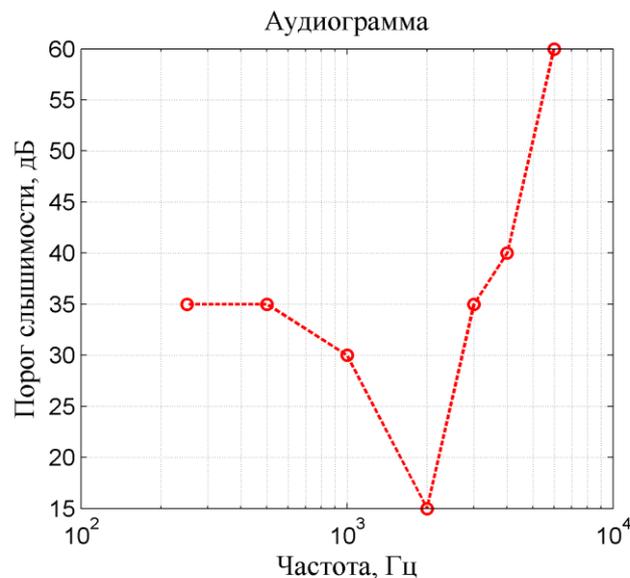
# Применение МДКП с деформацией частотной оси в слуховом аппарате

Коэффициенты  $g_0, \dots, g_{N-1}$  используются для формирования заданного частотного профиля



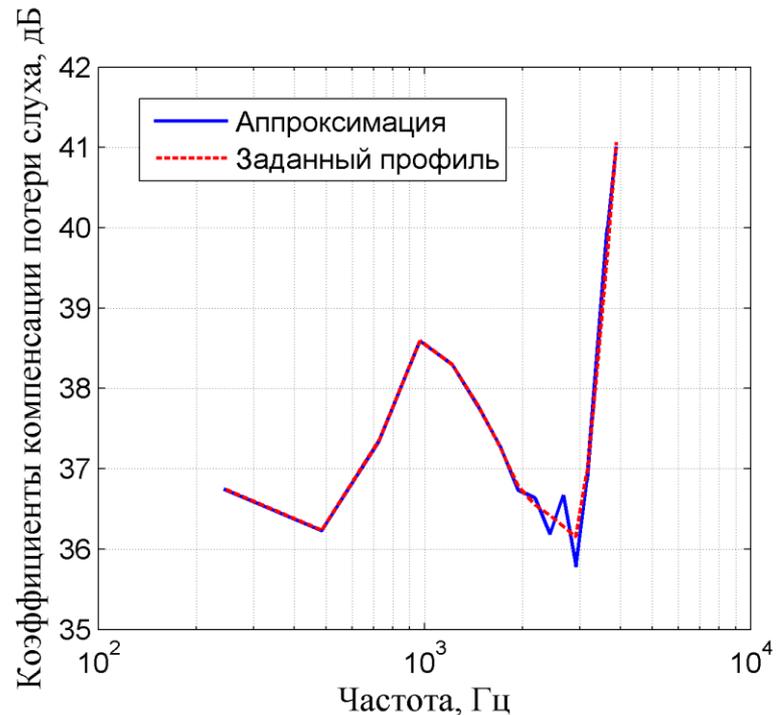
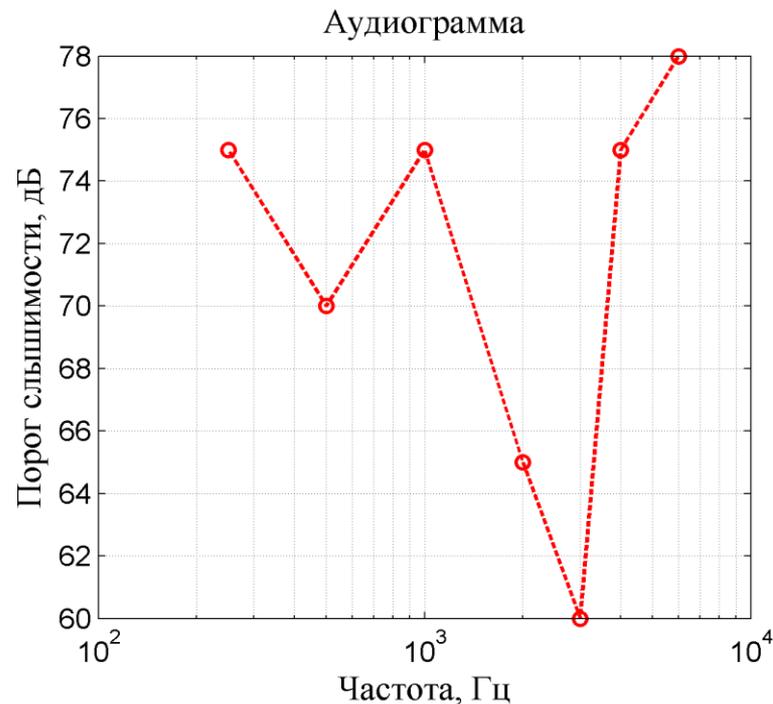
# Компенсация потери слуха

Порог потери слуха частотно зависимый и определяется на заданных частотах (250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000 and 6000 Гц) используя тональную аудиограмму, по которой для каждой частоты рассчитываются коэффициенты компенсации потери слуха (англ. insertion gain). Форма коэффициентов компенсации потери слуха зависит от метода корректировки слуха и не обязательно полностью повторяет форму аудиограммы.



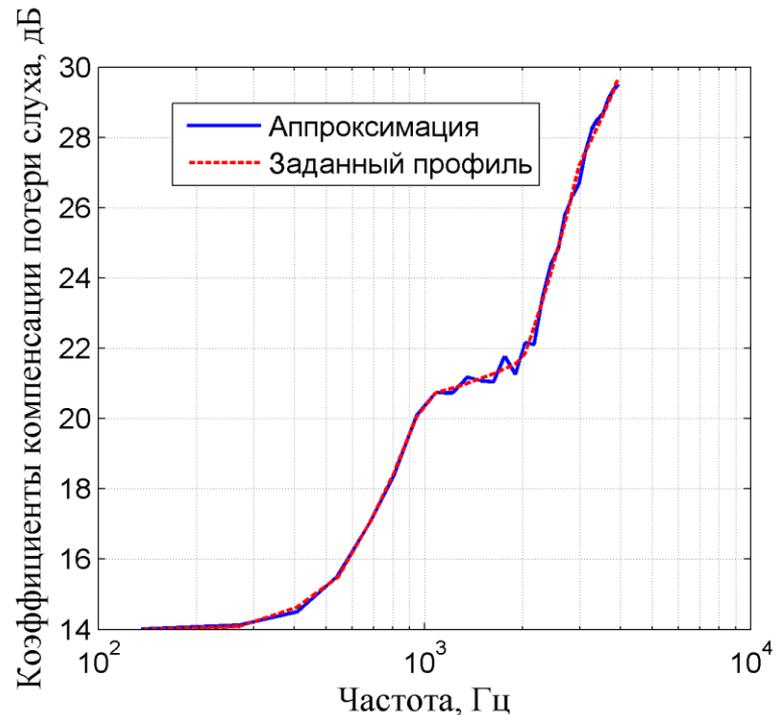
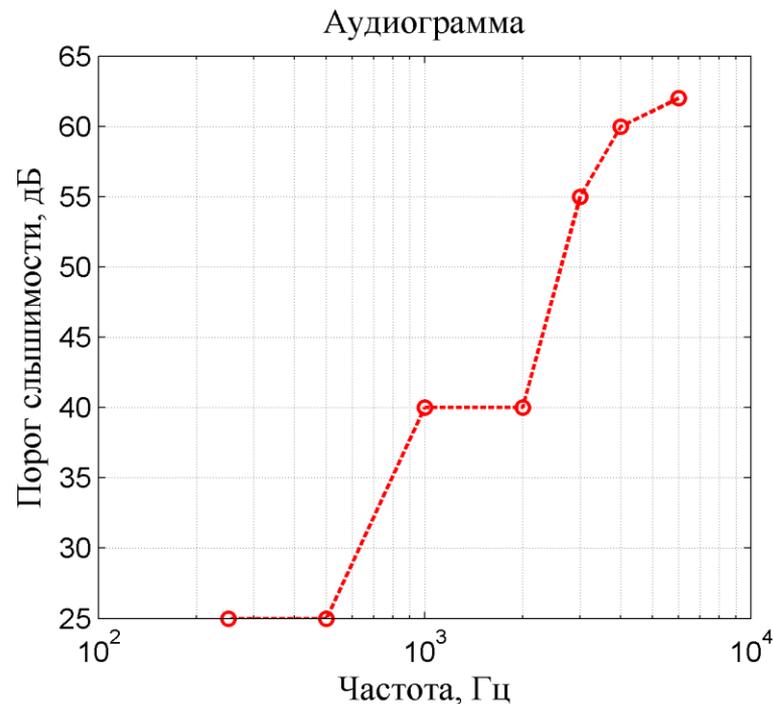
# Компенсация потери слуха (2)

Пример аудиограммы и коэффициентов компенсации потери слуха.



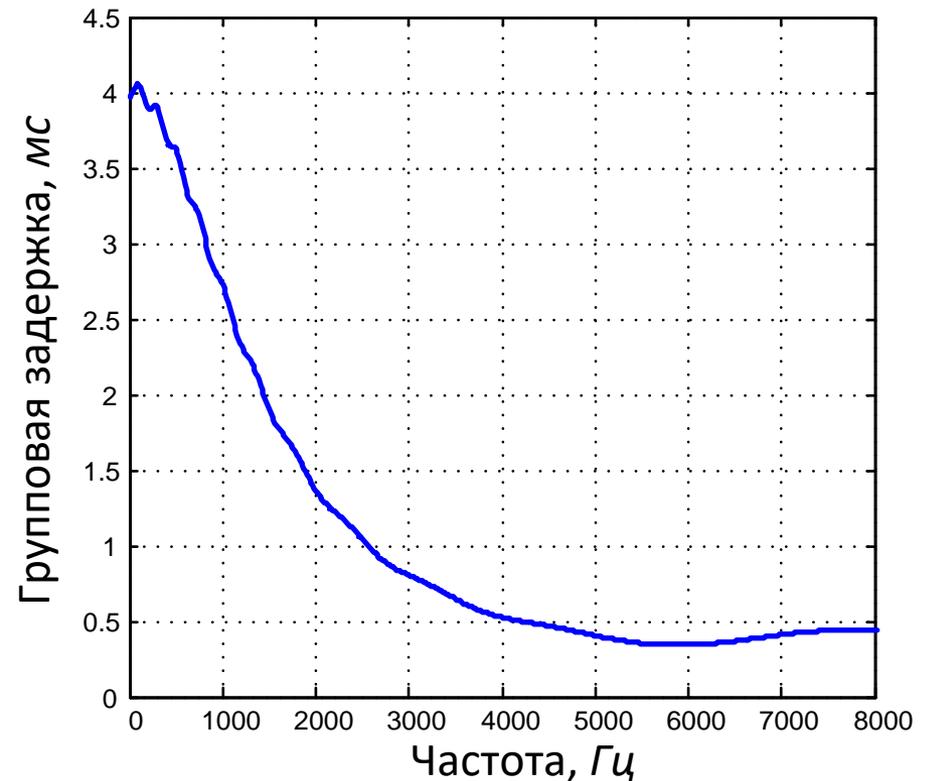
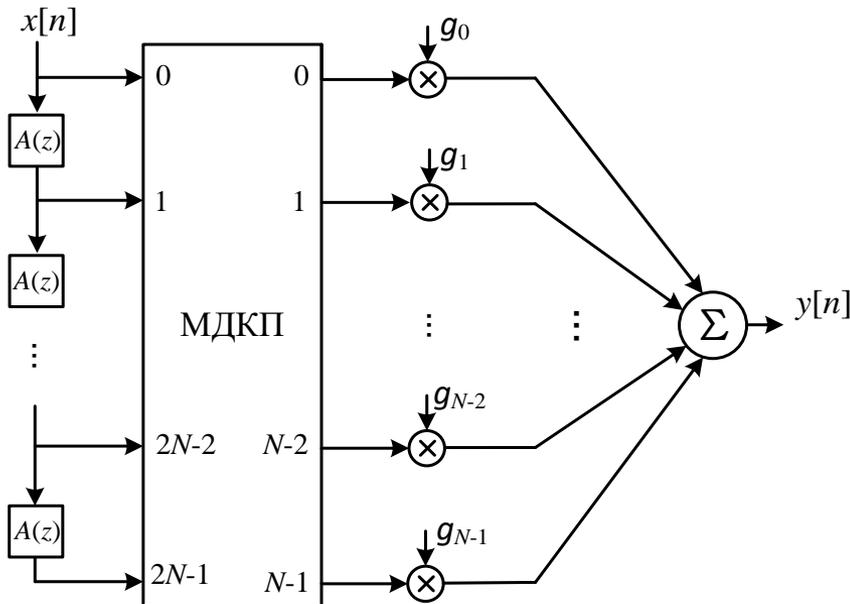
# Компенсация потери слуха (3)

Пример аудиограммы и коэффициентов компенсации потери слуха.



# Групповая задержка

Система модификации спектра сигнала:  
число каналов  $M=22$ , длина окна  $N=44$ .



# Заключение

- В работе исследована возможность применения МДКП с деформированной частотной осью в слуховых аппаратах. Показано, что преобразование может быть эффективно применено для модификации спектра сигнала.
- Достоинство предлагаемого подхода:  
1) малая групповая задержка; 2) обработка сигнала выполняется в частотных полосах согласованных со слуховой системой человека.

Спасибо за  
внимание!