

DSPA-2012

28 - 30 марта

Москва

Институт проблем управления
им. В.А. Трапезникова (ИПУ РАН)

14-я Международная Конференция

Цифровая Обработка Сигналов и ее Применение



КОМПРЕССОР РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ СЛУХОВЫХ АППАРАТОВ НА ОСНОВЕ БАНКА КОХЛЕАРНЫХ ФИЛЬТРОВ

Вашкевич М.И. , Петровский А.А.

*Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники*

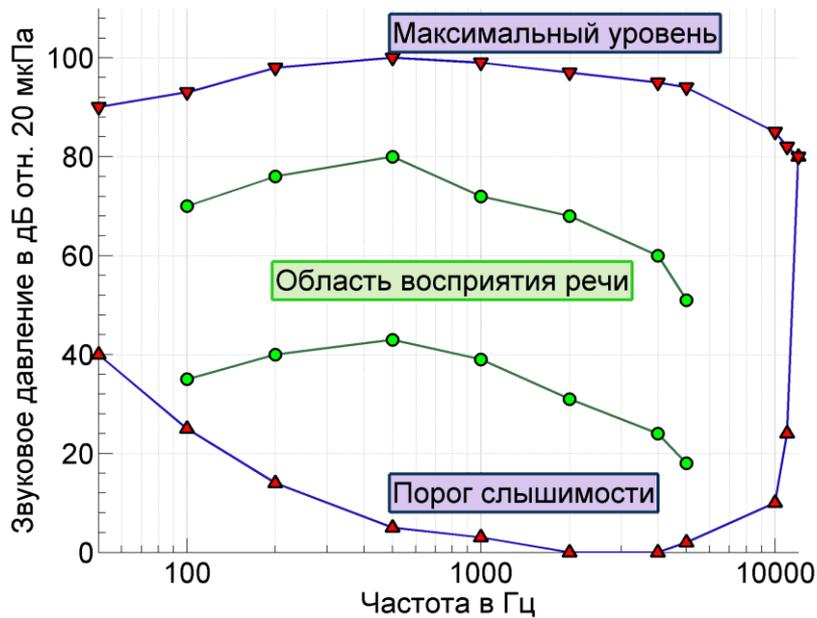
Москва, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

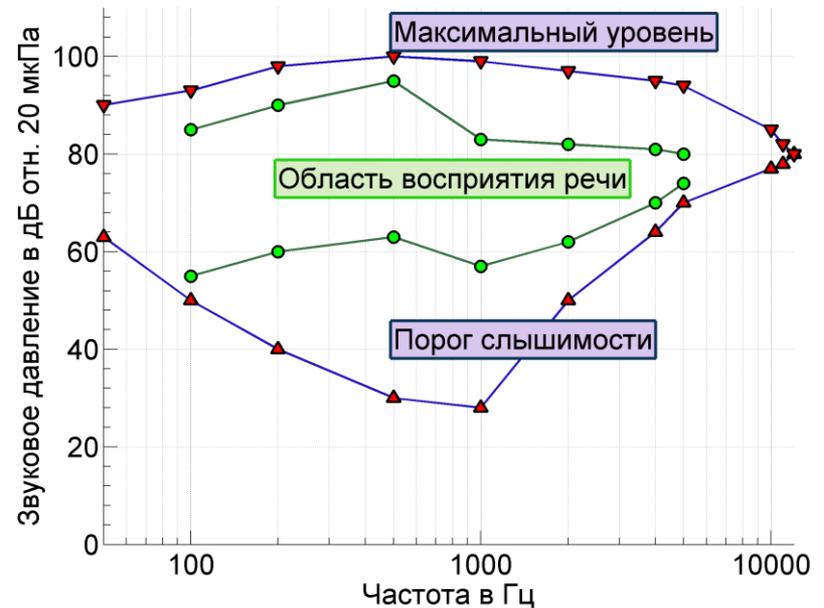
- Задача компрессии динамического диапазона (КДД)
- Субполосный подход к решению задачи КДД
- Кохлеарная модель
- Реализация кохлеарного банка фильтров
- Структура компрессора динамического диапазона
- Пример работы компрессора
- Выводы



ЗАДАЧА КОМПРЕССИИ ДИНАМИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА РЕЧЕВОГО СИГНАЛА



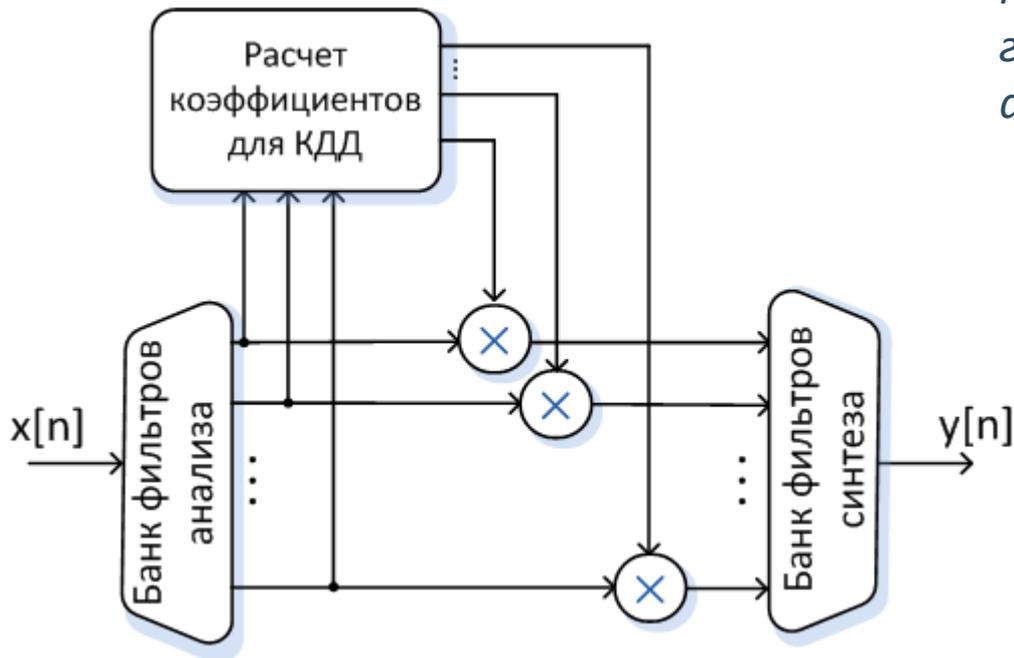
Нормальный слух



Остаточное восприятие

СУБПОЛОСНЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ КДД

- Использование системы анализ/синтез на основе банка фильтров



Недостаток: большая групповая задержка системы анализ/синтез ($\approx 10-12$ мс).

КОХЛЕАРНАЯ МОДЕЛЬ

- Банк кохлеарных фильтров строится на основе разностной кохлеарной модели второго порядка

$$y_k(n) + b_{1,k}y_k(n-1) + b_{2,k}y_k(n-2) = A_k\alpha_{0,k}[u_s(n) - u_s(n-2)],$$

где $b_{1,k}$, $b_{2,k}$, $\alpha_{0,k}$ и A_k параметры, определяемые исходя из физических характеристик базилярной мембраны.

КОХЛЕАРНЫЙ БАНК ФИЛЬТРОВ

- Кохлеарная модель позволяет получить банк полосовых фильтров:

$$H_k(z) = A_k \frac{a_{0k}(1 - z^2)}{1 + b_{1k}z^{-1} + b_{2k}z^{-2}}$$

- Центральная частота и ширина полосы пропускания определяются как

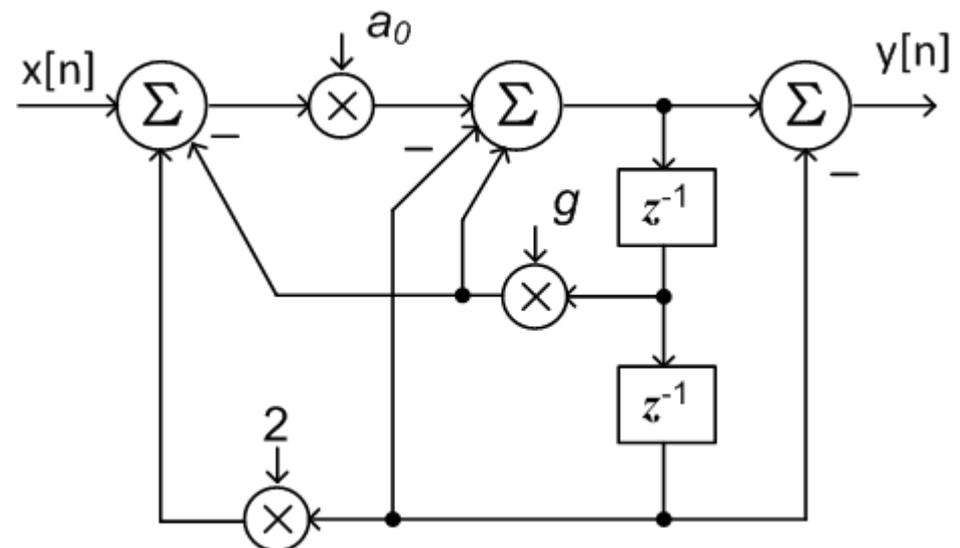
$$\cos \omega_{0k} = -b_{1k}/(1 + b_{2k}), \quad \Delta\omega_{0k} = 2(1 - b_{2k})/(1 + b_{2k})$$

РЕАЛИЗАЦИЯ КОХЛЕАРНОГО БАНКА ФИЛЬТРОВ

- Полосовой фильтр с перестраиваемой центральной частотой и полосой пропускания [1]

$$H(z) = a_0 \frac{1 - z^{-2}}{1 + (a_0 - 1)gz^{-1} + (1 - 2a_0)z^{-2}}$$

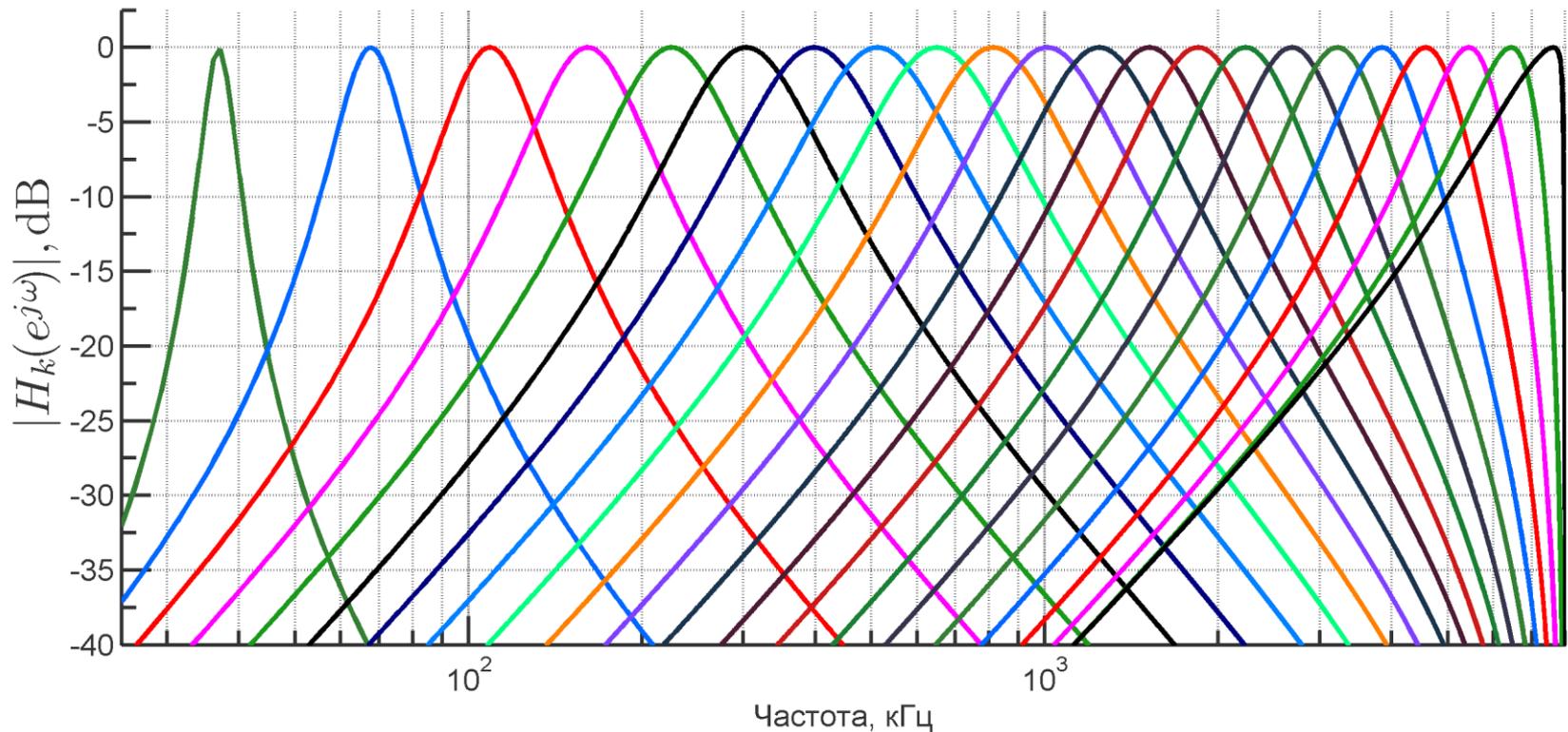
$$a_0 = (\Delta\omega\Delta t)/(2 + \Delta\omega\Delta t), \quad g = 2 \cos \omega_0\Delta t$$



[1] A. Petrovsky, *Synthesis of high order digital bandpass filters with tunable center frequency and bandwidth* / Proc. of EUSIPCO'96, – P. 1527–1530.

КОХЛЕАРНЫЙ БАНК ФИЛЬТРОВ

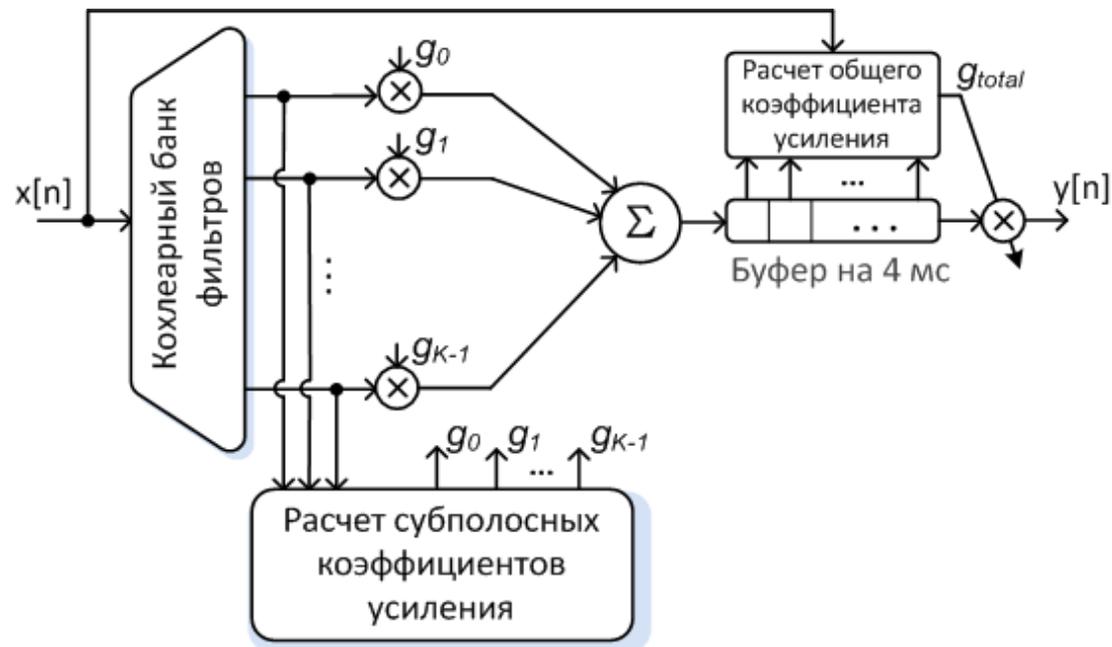
- Пример 22-канального банка кохлеарных фильтров



СТРУКТУРА КОМПРЕССОРА ДИНАМИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА

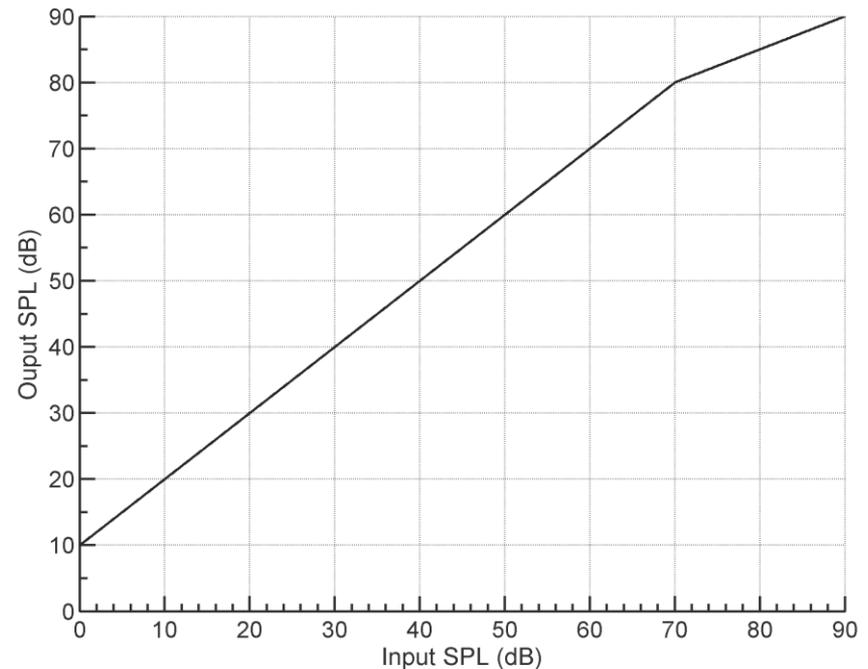
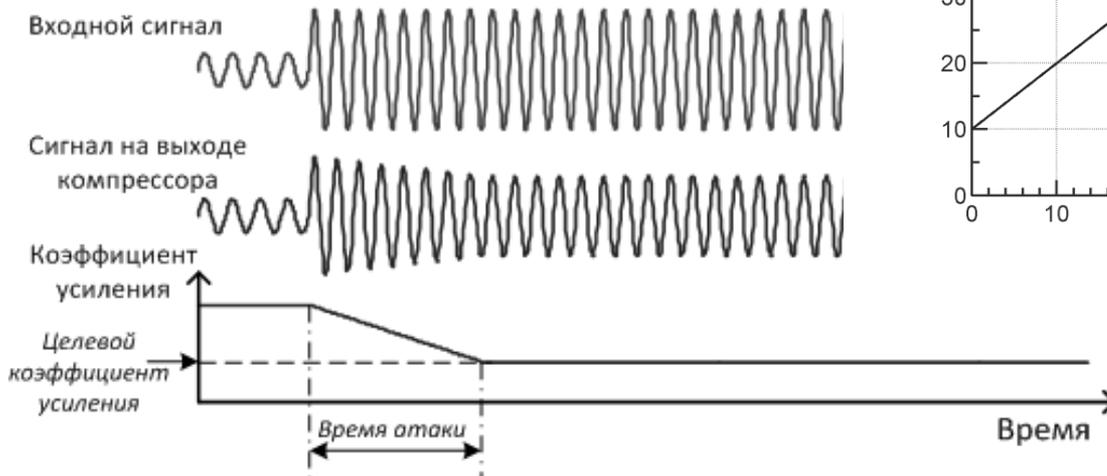
Достоинства предлагаемой
структуры:

- Малая вычислительная сложность
- Малая групповая задержка
- Обработка в перцептуально значимых полосах



ОПИСАНИЕ РАБОТЫ КОМПРЕССОРА ДИНАМИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА

- Параметры КДД:
 - Порога компрессии
 - Коэффициент сжатия
 - Время атаки и отпускания
 - Коэффициент усиления



АНАЛИЗ СИГНАЛА ПРИ ПОМОЩИ КОХЛЕАРНОГО БАНКА ФИЛЬТРОВ

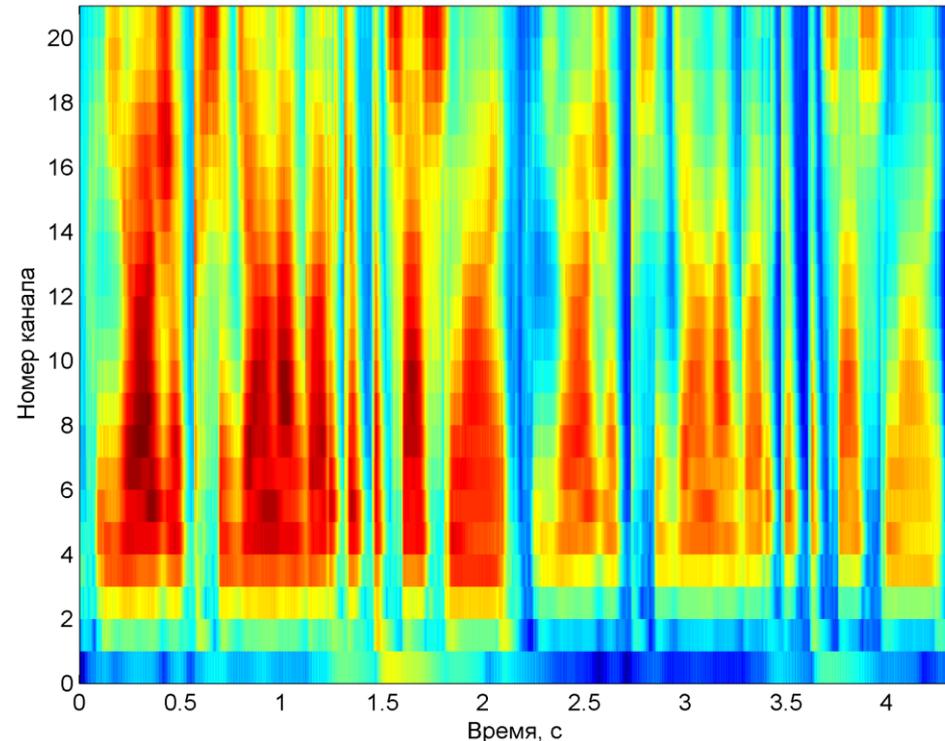
- Оценка энергии сигнала в субполосах

Алгоритм КДД (для $n = 1, 2 \dots$)

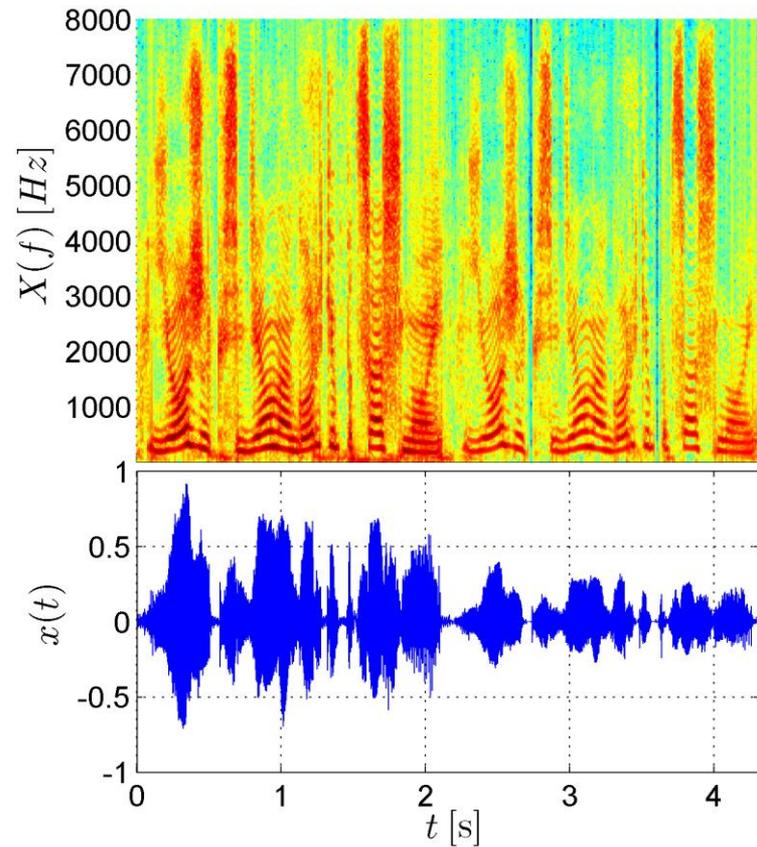
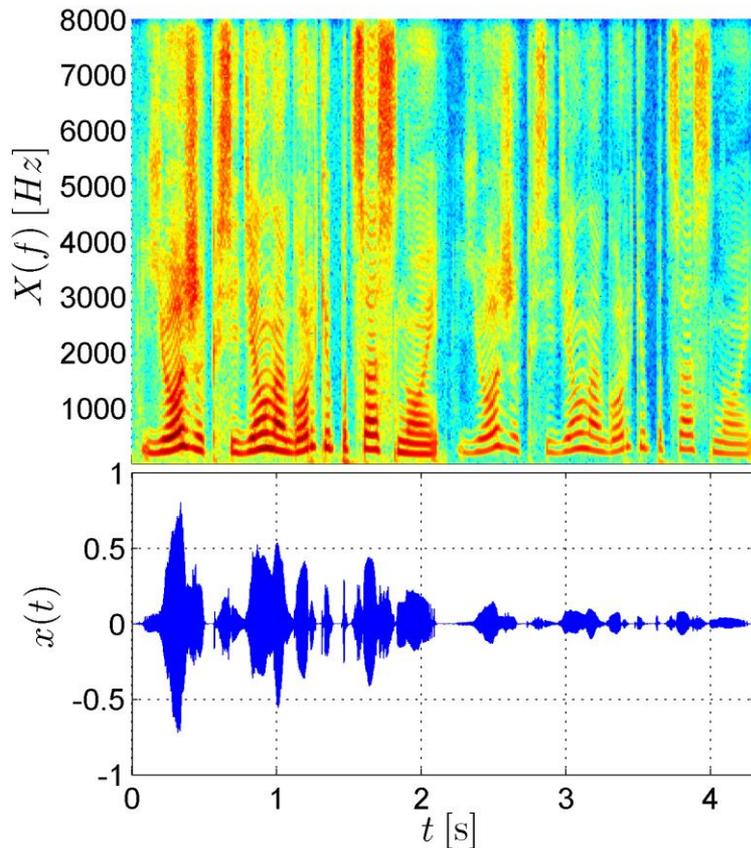
```
for  $k = 0, \dots, K - 1$  do
  if  $X(k, n - 1) < x_k^2(n)$  then
     $X(k, n) = \alpha X(k, n - 1) + (1 - \alpha)x_k^2(n)$ 
  else
     $X(k, n) = \beta X(k, n - 1) + (1 - \beta)x_k^2(n)$ 
  end if
end for
```

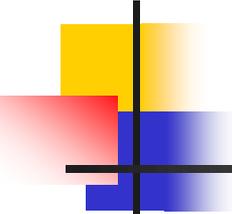
Пересчет коэффициентов g_k ($n = R, 2R \dots$)

```
for  $k = 0, \dots, K - 1$  do
   $P_{out}(k) = \text{IOFunc}(10 \log_{10}(X(k, n)))$ 
   $G(k) = P_{out}(k) - X(k, n)$ 
   $g_k = 10^{G(k)/10}$ 
end for
```



ПРИМЕР РАБОТЫ КОМПРЕССОРА ДИНАМИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА





ВЫВОДЫ

- Предложена структура компрессора речевых сигналов на основе банка кохлеарных фильтров
- Компрессор имеет малую вычислительную сложность, обрабатывает сигнал в перцептуально значимых полосах и обладает малой групповой задержкой.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

