Теория и применение цифровой обработки сигналов

Кратковременное преобразование Фурье (КВПФ)

д.т.н., доцент Вашкевич Максим Иосифович

БГУИР

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Кафедра электронных вычислительных средств

Кратковременное ПФ (КВПФ)

Кратковременное преобразование Фурье (КВПФ) (англ. STFT – short-time Fourier transform) используется для получения ***частотно-временного представления сигнала***.

$$X(k,l) = \sum_{n=0}^{N-1} h(n)x(n+lL)e^{-j\omega_k n},$$

$x(t)$ – входной сигнал;
$h(n)$ –оконная функция;
$\omega_k = \frac{2\pi k}{N}$,

$k = 0,1, \dots N-1$ – частотный индекс,
L – временной шаг анализа (расстояние между соседними фреймами);
l – номер фрейма анализа.

Кратковременное ПФ (КВПФ)

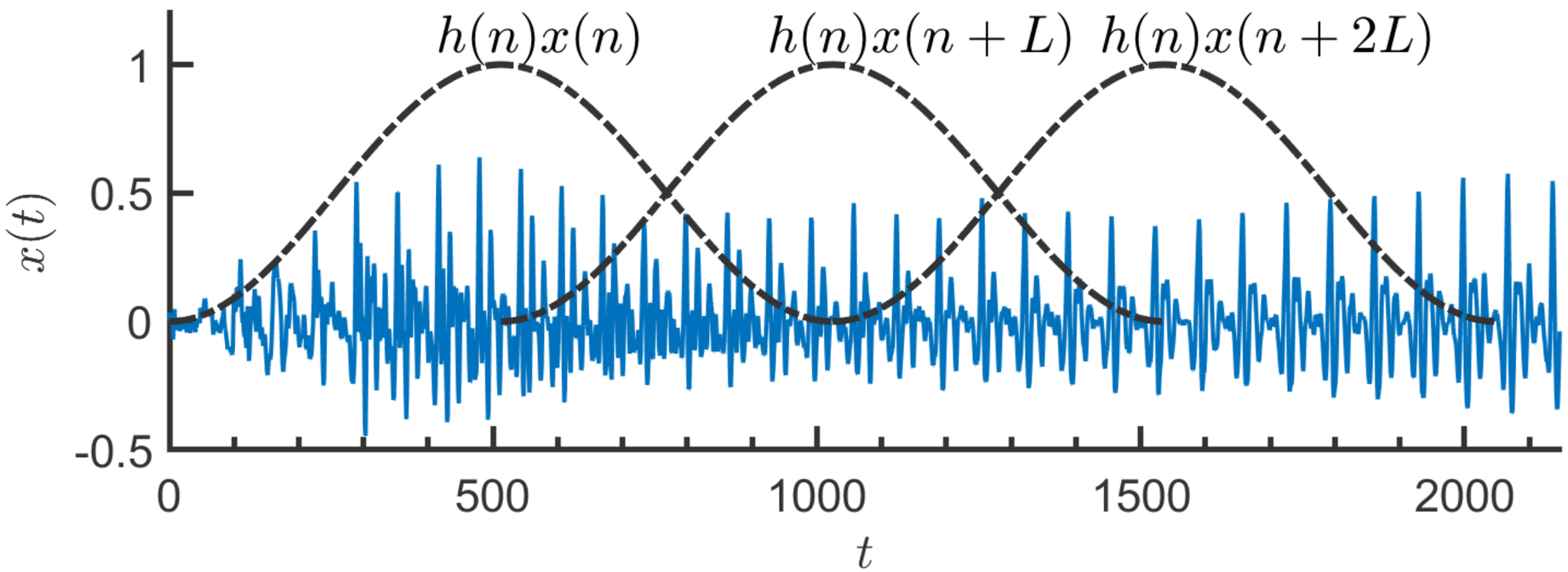
КВПФ – ***частотно-временное представление сигнала***.

$$X(k,l) = \underbrace{\sum_{n=0}^{N-1} h(n)x(n+lL)e^{-\frac{j2\pi}{N}kn}}_{\mathrm{DFT}\{h(n)x(n+lL)\}}.$$

Кратковременное ПФ (КВПФ)

КВПФ – ***частотно-временное представление сигнала***.

$$X(k,l) = \underbrace{\sum_{n=0}^{N-1} h(n)x(n+lL)e^{-\frac{j2\pi}{N}kn}}_{\mathrm{DFT}\{h(n)x(n+lL)\}}.$$



Спектрограмма

При помощи КВПФ мы рассчитываем последовательность спектров

$$X(k,l) = \mathrm{DFT}\{h(n)x(n+lL)\}, \qquad n = 0,1,\dots N-1.$$

Двумерное представление $|X(k,l)|$ называют ***спектрограммой*** сигнала.

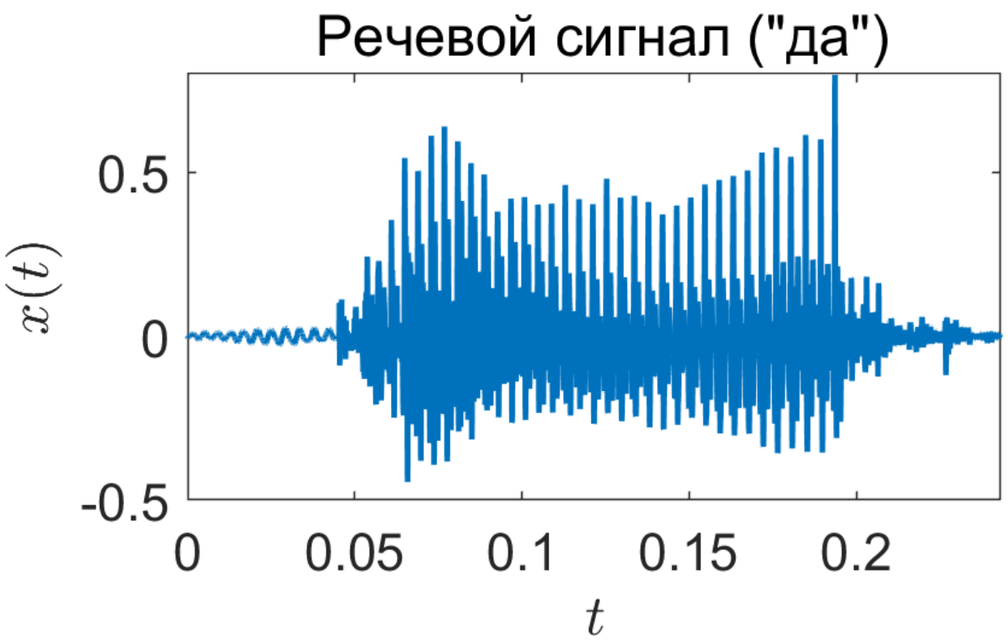
Спектрограмма

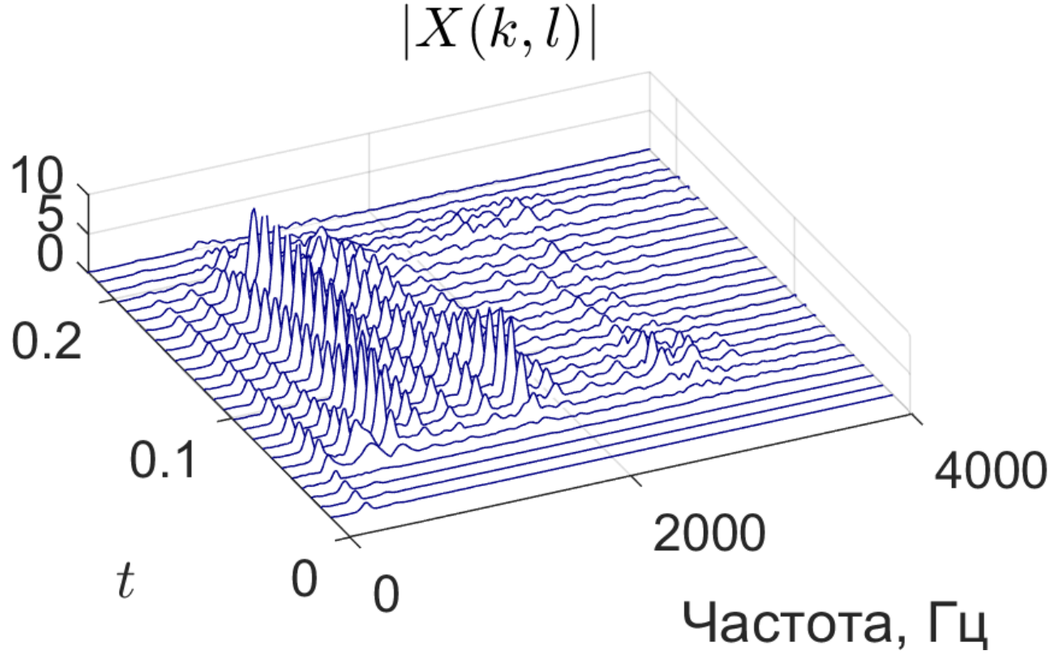
При помощи КВПФ мы рассчитываем последовательность спектров

$$X(k,l) = \mathrm{DFT}\{h(n)x(n+lL)\}, \qquad n = 0,1,\dots N-1.$$

Двумерное представление $|X(k,l)|$ называют ***спектрограммой*** сигнала.

Сигнал во временной области	Спектрограмма сигнала





Спектрограмма

Величины $|X(k,l)|$ как правило имеют большой динамический диапазон и изменяются в пределах от 10^{-5} до 1, поэтому для удобства графического отображения часто переходят к логарифмическим единицам – децибелам:

$$Spec_{dB}(k,l) = 20\log_{10}|X(k,l)|$$

Спектрограмма

Величины $|X(k,l)|$ как правило имеют большой динамический диапазон и изменяются в пределах от 10^{-5} до 1, поэтому для удобства графического отображения часто переходят к логарифмическим единицам – децибелам:

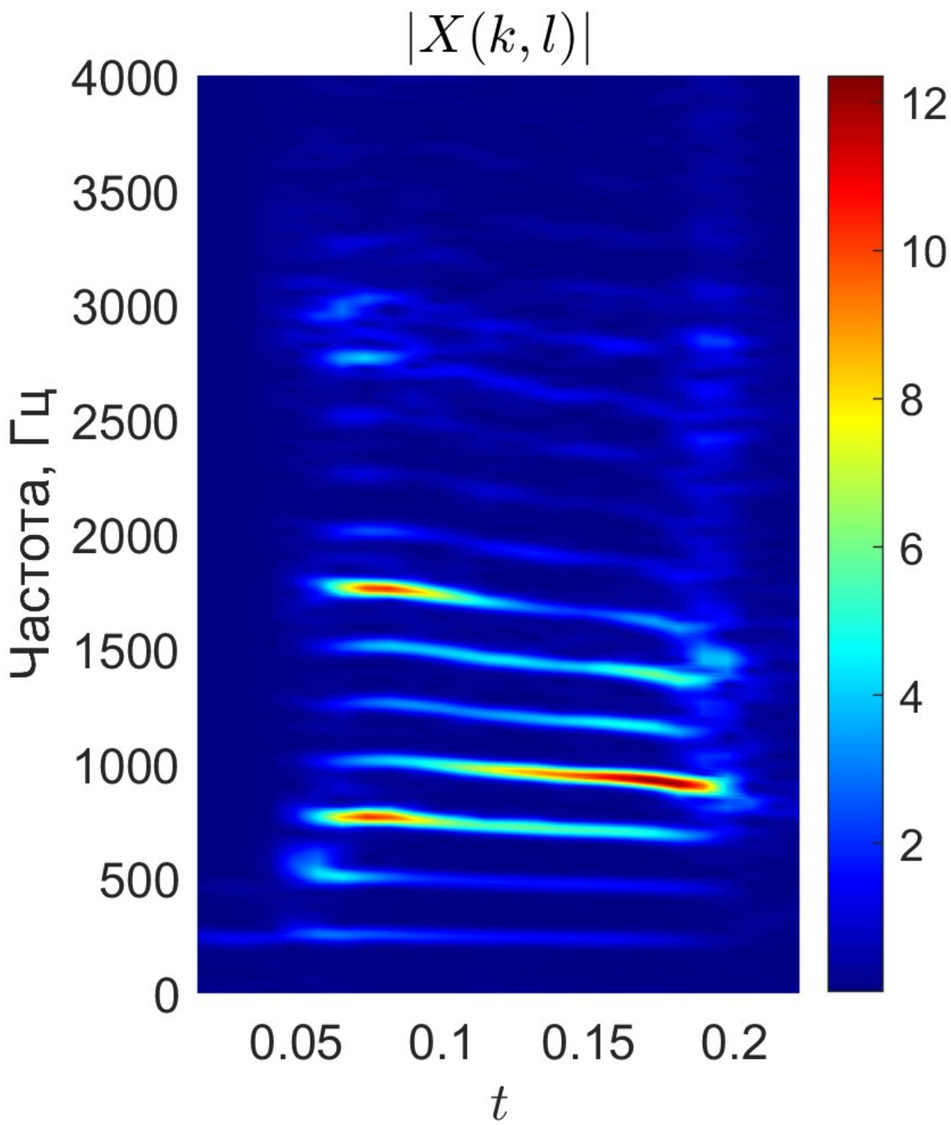
$$Spec_{dB}(k,l) = 20\log_{10}|X(k,l)|$$

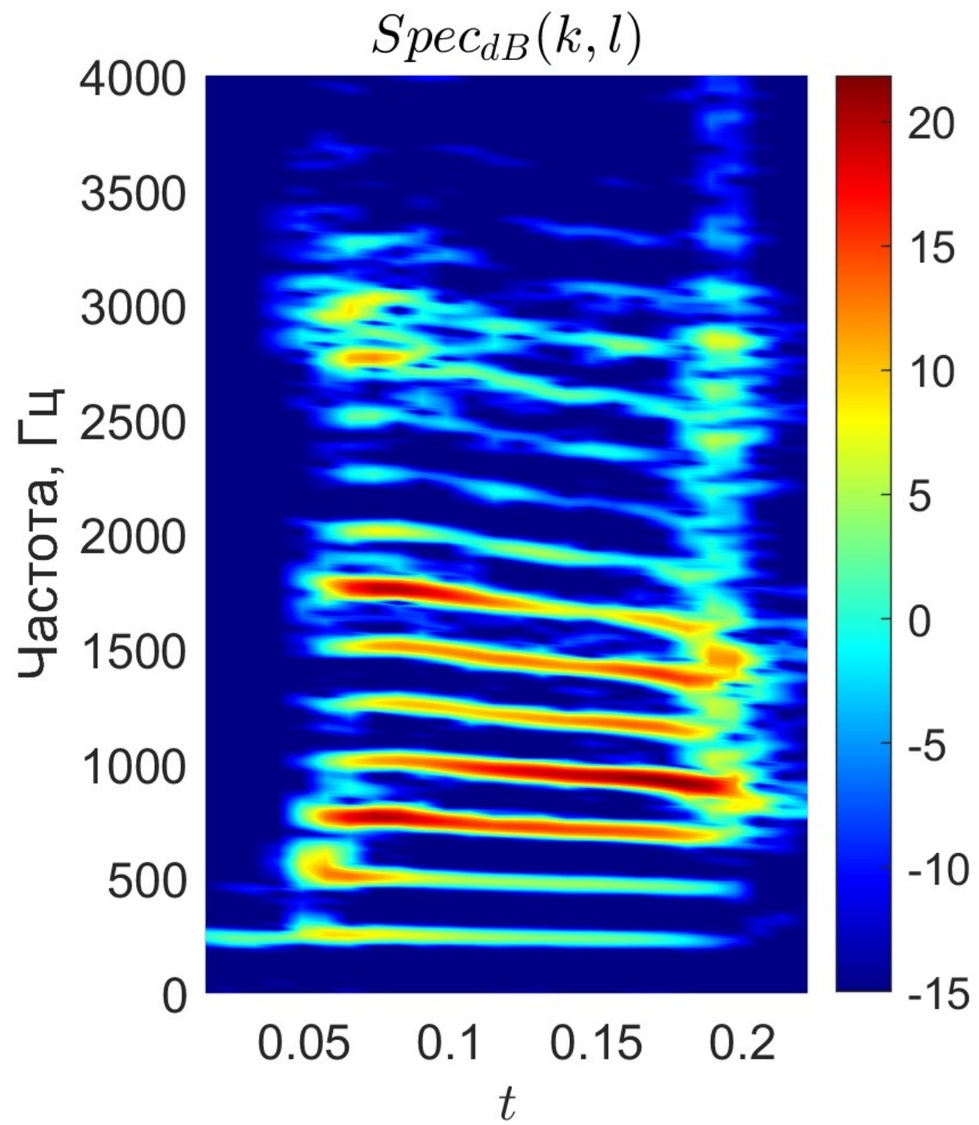
На практике чаще всего спектрограмму отображают в виде *тепловой карты*.

Тепловая карта – способ визуализации функции двух переменных в виде двумерного изображения, при котором значение функции отображается цветом.

Спектрограмма – тепловая карта

Тепловая карта – способ визуализации функции 2х переменных в виде двумерного изображения (значение функции отображается цветом).

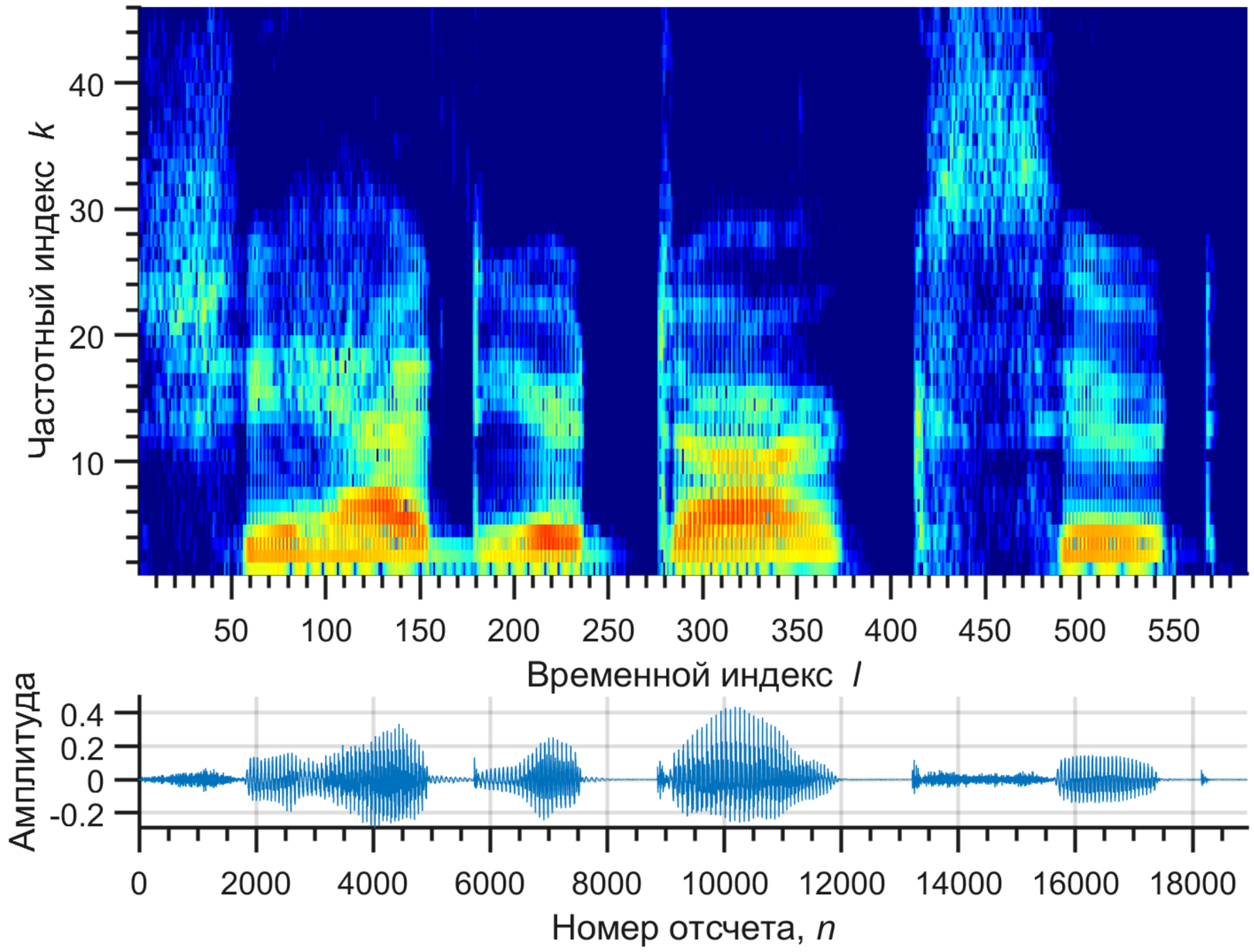




Построение спектрограммы

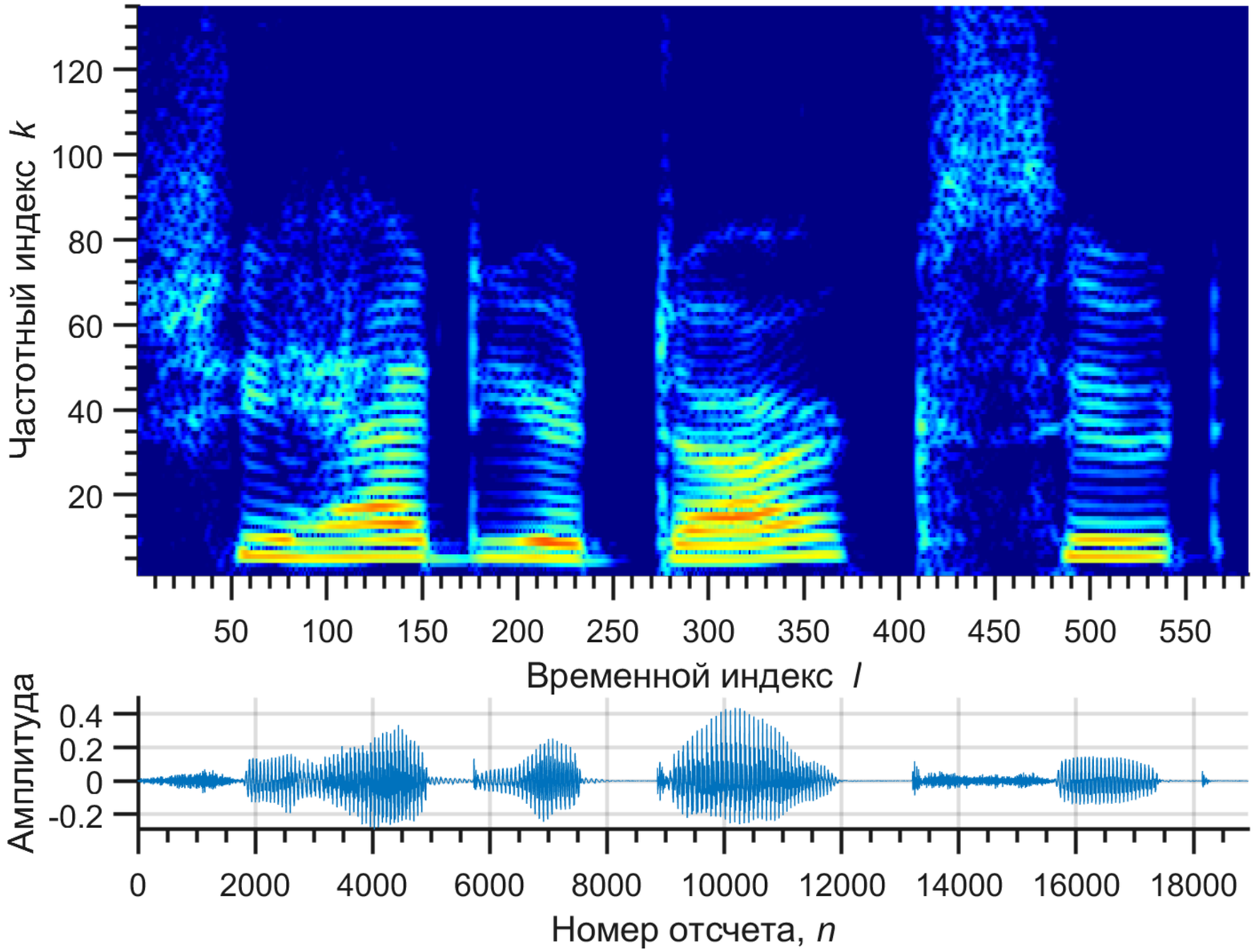
```
[x,fs] = audioread('female_speech.wav');
Ln = length(x);
L=32;                                % перекрытие между фреймами
N=256;                               % размер фрейма анализа
N_bins=round(N/2)+1;                 % число частотных отсчетов
w = hann(N);                         % оконная функция Ханна
N_frames=floor((Ln-N)/L);            % число фреймов
Spec = zeros(N_bins,N_frames);
for l = 1:N_frames
    x_frame = x(1+(l-1)*L:(l-1)*L+N);
    x_frame = x_frame.*w;
    X_kl = fft(x_frame);
    X_kl = X_km(1:N_bins)/(N/2);
    Spec(:,m) = 20*log10(abs(X_kl));
end
pcolor(Spec); shading flat; colormap(jet);
ylabel('Частотный индекс \it k'); xlabel('Временной индекс \it l');
```

Широкополосная спектрограмма



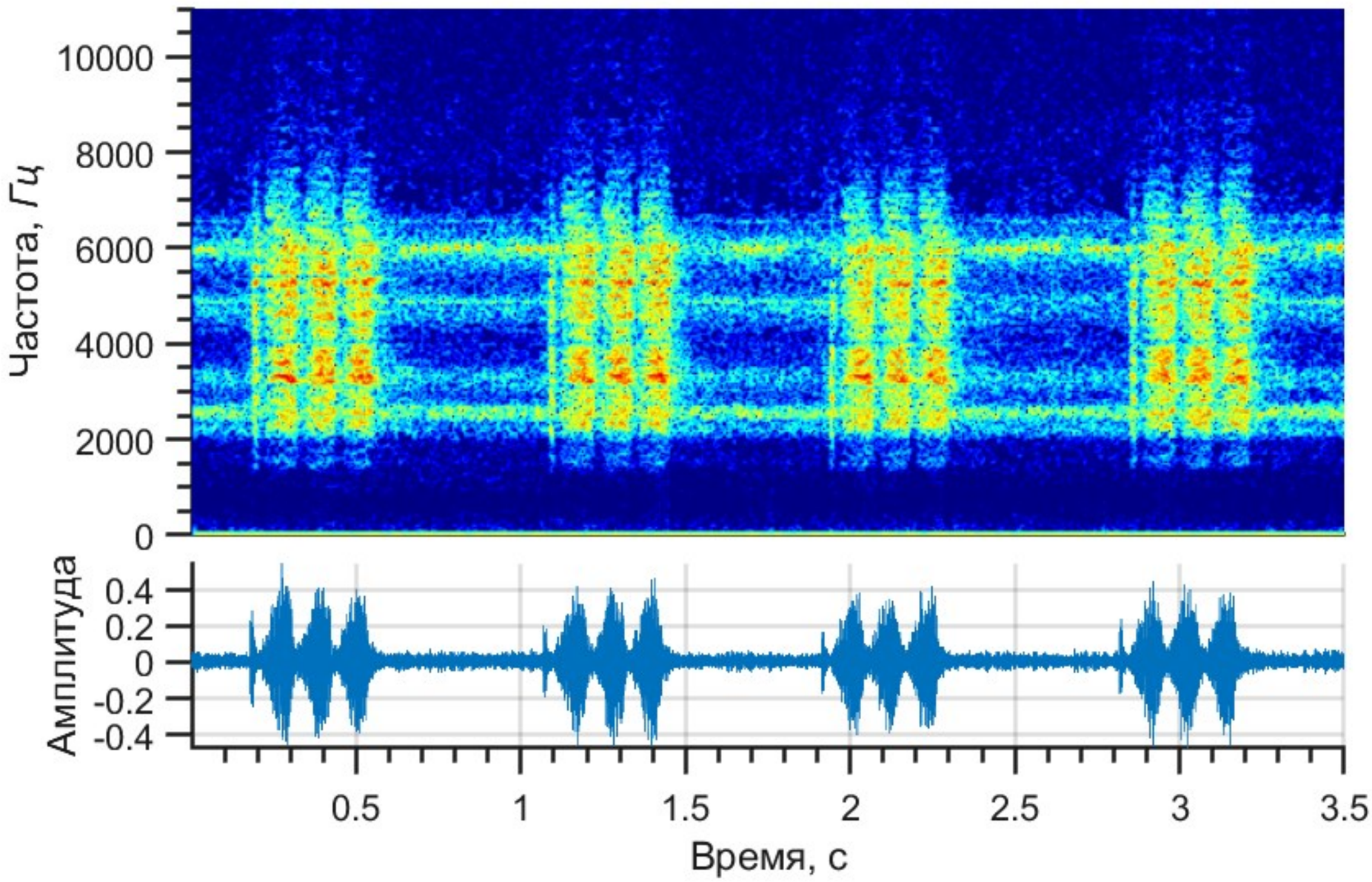
Речевой сигнал («she had your dark suit»)

Узкополосная спектрограмма



Речевой сигнал («she had your dark suit»)

Пример спектрограммы



Стрекотание кузнечика