

***Волошкина Елена Викторовна,***

Студент аспирантуры 1го года обучения,  
НИУ «БелГУ» Россия, г. Белгород

***Voloshkina Elena Viktorovna***

1st year postgraduate student,  
NRU "BelGU" Russia, Belgorod

***Гончаров Дмитрий Викторович,***

Ассистент кафедры информационных и робототехнических систем  
НИУ «БелГУ» Россия, г. Белгород

***Goncharov Dmitry Viktorovich,***

Assistant of the Department of Information and Robotic Systems  
NRU "BelGU" Russia, Belgorod

***Склярова Алина Сергеевна,***

Студент аспирантуры 1го года обучения,  
НИУ «БелГУ» Россия, г. Белгород

***Sklyarova Alina Sergeevna***

1st year postgraduate student,  
NRU "BelGU" Russia, Belgorod

***Свиридова Ирина Вячеславовна,***

Ассистент кафедры прикладной информатики  
и информационных технологий  
НИУ «БелГУ» Россия, г. Белгород

***Sviridova Irina Vyacheslavovna,***

Assistant of the Department of Applied Informatics  
and information technology  
NRU "BelGU" Russia, Belgorod

**СЖАТИЕ РЕЧЕВОГО СИГНАЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
СУБПОЛОСНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ КИХ-  
ФИЛЬТРОВ**

## SPEECH SIGNAL COMPRESSION USING SUB-BAND CONVERSION BASED ON FIR FILTERS

**Аннотация:** в данной статье описано сжатие речевого сигнала с использованием субполосного преобразования на основе ких-фильтров.

**Ключевые слова:** ких-фильтр, сжатие речевого сигнала, сигнал.

**Abstract:** this article describes the compression of a speech signal using subband transformation based on fir filters.

**Keywords:** fir filter, speech signal compression, signal.

С целью исследования возможности использования субполосного преобразования для очистки речевого сигнала от шумов различного происхождения, были проведены вычислительные эксперименты с реальными речевыми данными.

Обработка осуществлялась мужского и женского голосов, так как женский и мужской голоса имеют различные параметры.

Уменьшение объемов битовых представлений речевых сигналов основано на методе субполосного преобразования.

Процедура прореживания выходных последовательностей КИХ-фильтров не является оптимальной в смысле минимума погрешностей аппроксимации спектров исходных векторов в выбранных частотных диапазонах, что приводит к увеличению погрешностей восстановления данных по квантованным значениям и, как следствие, к ухудшению качества воспроизводимой речи. Поэтому целесообразно использовать метод обратимого субполосного преобразования, оптимального в смысле минимума погрешностей аппроксимации спектров исходного вектора в выбранных частотных диапазонах.

Сущность субполосного преобразования состоит в том, что для отрезков сигнала вычисляется вектор  $\vec{y} = (y_1, y_2, \dots, y_R)$  подвекторов, которые отражают частотные свойства исходного сигнала в

некотором частотном интервале. При этом в данном случае ось частот разбивается  $\vec{y}_r = (y_{1r}, y_{2r}, \dots, y_{Jr})$   $R$  равновеликих частотных интервалов:

$$V_k = [-\nu_{k2}, -\nu_{k1}) \cup [\nu_{k1}, \nu_{k2})$$

Субполосное преобразование осуществляется по формуле:

$$(3.1) \quad y\vec{y} = AA\vec{x}$$

где  $AA$  – блочная матрица вида:

$$AA = \begin{bmatrix} \sqrt{L_{11}} Q_{11}^T \\ \dots \\ \sqrt{L_{1R}} Q_{1R}^T \end{bmatrix}$$

$Q$  – матрицы собственных векторов матрицы  $A$ ;  $L$  – вектор собственных чисел,  $J$  – количество собственных чисел матрицы  $A$ .

Матрица  $A$  вычисляется как

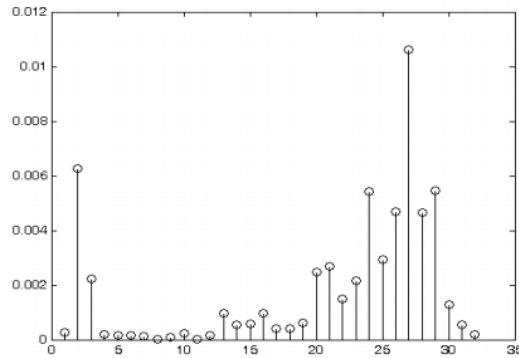
$$A_r = \{a_{ik}^r\}, \quad i, k = 1, \dots, N;$$

$$a_{ik}^r = \begin{cases} \frac{\sin[\nu_r(i-k)] - \sin[\nu_{r-1}(i-k)]}{\pi(i-k)}, & i \neq k \\ \frac{\nu_r - \nu_{r-1}}{\pi}, & i = k \end{cases}$$

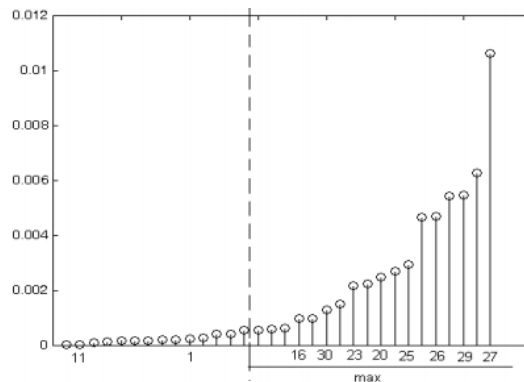
Если в качестве вектора исходных значений  $x$  используется отрезок речевого сигнала длительностью  $N$ , тогда вектор субполосного преобразования вычисляется по формуле (3.1). С использованием полученных значений подвекторов субполосного преобразования вычисляется распределение энергии сигнала по заданным частотным интервалам (рисунок 3):

$$P_r = \sum_{i=1}^J (y_{ir})^2, \quad r = 1, \dots, R.$$

Полученные значения энергии упорядочиваются по возрастанию (рисунок 3), при этом сохраняются номера частотных интервалов. Выбираются значения энергий для тех частотных интервалов, в которых сосредоточена некоторая доля энергии, например, 95%.

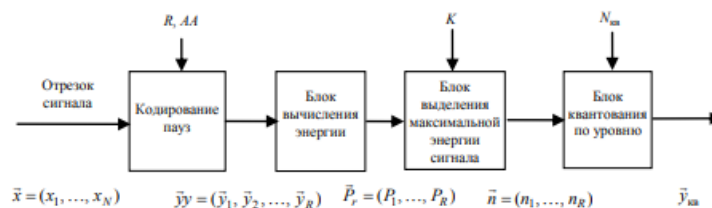


**Рисунок 1 - Распределение энергии, сосредоточенной в  $R = 32$  частотных интервалах ( $N = 256$ ) 163**



**Рисунок 2 - Распределение энергии по интервалам ( $R = 32, N = 256$ ) при сортировке по возрастанию**

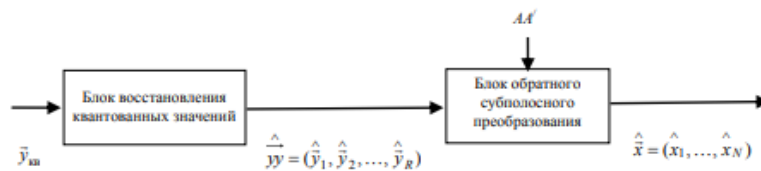
Значения подвекторов субполосного преобразования квантуются по уровню и записываются в информационный блок совместно со служебной информацией, содержащей номера частотных интервалов. Алгоритм сжатия представлен на рисунке 3.



**Рисунок 3 - Функциональная схема системы сжатия речевых данных на основе оптимального субполосного преобразования**

Для восстановления сигнала применяют алгоритм, который может быть описан функциональной схемой, представленной на рисунке 3.

Из информационного блока осуществляется считывание квантованных значений векторов субполосного преобразования и их восстановление.



**Рисунок 4 - Функциональная схема системы восстановления речевых данных на основе оптимального субполосного преобразования**

Обратное субполосное преобразование осуществляется по формуле:

$$\hat{x} = AA' y \hat{y} \quad (3.2)$$

Для определения параметров субполосного преобразования – длины анализируемого отрезка  $N$ , количества частотных интервалов  $R$  было проведено большое количество вычислительных экспериментов.

Таким образом, на основе полученных результатов можно говорить о высокой эффективности применения данного подхода к сжатию данных, т.к. он позволяет существенно сократить объем речевых данных при их передаче и хранении, при сохранении относительно высокого качества воспроизведения восстановленного сигнала. При воспроизведении восстановленных звуковых файлов сохраняется качество на уровне телефонного (разборчивость речи, узнаваемость голоса, сохранение тембра голоса).

#### Список использованной литературы

1. Шелухин, О.И. Цифровая обработка и передача речи О.И. Шелухин, Н.Ф.Лукиянецв; под ред. О.И. Шелухина. – М.: Радио и связь, 2000. – 456с.: ил.
2. Михайлов В.Г., Златоустова Л.В. Измерение параметров речи. М: Радио и связь, 1987