

УДК 628.336.42

## КИХ-ФИЛЬТРОВ С ЛИНЕЙНОЙ ФЧХ

Гайтюкевич С.Д.1, студент гр.933701

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники1

г. Минск, Республика Беларусь

Данейко Т.М. – старший преподаватель кафедры ИКТ

**Аннотация.** В классе КИХ-фильтров можно синтезировать фильтры, обладающие заданной АЧХ и строго линейной а потому и постоянным групповым временем задержки (ГВЗ), т.е. начальные фазы всех частотных составляющих сигнала получают пропорциональный частоте сдвиг, поэтому не нарушаются их фазовые соотношения.

**Ключевые слова.** КИХ-фильтров, линейная ФЧХ, импульсная характеристика, групповое время задержки.

Теорема о КИХ-фильтрах с линейной ФЧХ:

Пусть имеются два многочлена

$$D(z) = \sum_{i=0}^{N_D-1} d_i z^{-i} \quad \text{и} \quad D(z^{-1}) = \sum_{i=0}^{N_D-1} d_i z^i, \quad (1)$$

где:  $d_i$  — вещественные коэффициенты;

$D(z)$  — минимально-фазовый многочлен, т. е. его нули лежат в пределах единичного круга  $z$ -плоскости.

Тогда цифровой фильтр с передаточной функцией

$$H(z) = \sum_{i=0}^{N-1} b_i z^{-i} = D(z) \pm z^{-R} D(z^{-1}) \quad (2)$$

При условии, что:  $R \geq N_D - 1$ , имеет строго линейную ФЧХ вида

$$\varphi(\omega) = -\frac{\omega TR}{2} + (-1)^k \pi + m \frac{\pi}{2}, \quad k=1, 2, \dots, \quad m = \{0, 1\} \quad (3)$$

### Следствие 1

Соотношение  $\varphi(\omega) = -\frac{\omega TR}{2} + (-1)^k \pi + m \frac{\pi}{2}, \quad k=1, 2, \dots, \quad m = \{0, 1\}$

порождает два типа качественно различных ФЧХ: (4)

1.  $\varphi_+(\omega T) = -\frac{\omega TR}{2} + (-1)^k \pi;$  (5)

2.  $\varphi_-(\omega T) = -\frac{\omega T}{2} R + (-1)^k \pi + \frac{\pi}{2}.$

### Следствие 2

Скачки ФЧХ на  $\pi$  радиан возможны только в полосах задерживания и переходных, где АЧХ может принимать нулевые значения.

### Следствие 3

Групповое время задержки фильтра с линейной ФЧХ постоянно и равно, причем в зависимости от значения  $N$  (нечетное или четное) выделяются две группы фильтров: одна из них обладает

задержкой на целое число периодов дискретизации  $T$  ( $N$  нечетно), другая — на целое число периодов дискретизации  $T$  плюс полпериода дискретизации ( $N$  четно)

**Следствие 4**

Цифровой КИХ-фильтр обладает линейной ФЧХ с точностью до скачков на  $\pi$  рад на частотах, где АЧХ равна нулю, если его импульсная характеристика симметрична или антисимметрична

**Следствие 5**

Таблица типы КИХ-фильтров с линейной ФЧХ приведена на рисунке 1.

Длина импульсной характеристики (число коэффициентов) $N$	Порядок фильтра $R = N - 1$	Импульсная характеристика	
		Симметричная	Антисимметричная
Нечетная	Четный	Тип 1, $m = 0$	Тип 3, $m = 1$
Четная	Нечетный	Тип 2, $m = 0$	Тип 4, $m = 1$

Рисунок 1. Типы КИХ-фильтров с линейной ФЧХ

Структурная схема КИХ-фильтров с линейной ФЧХ представлена на рисунке 2:

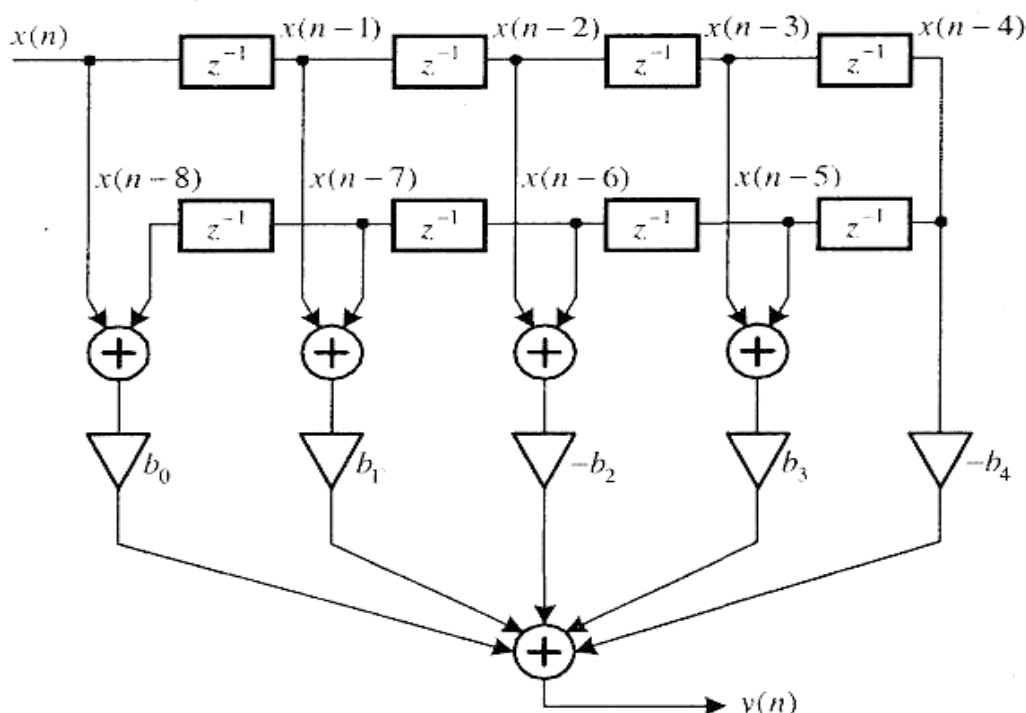


Рисунок 2. Структурная схема КИХ-фильтров с линейной ФЧХ

**Список использованных источников:**

1. Петровский А.А., Вашкевич М.И., Азаров И.С. Теория и применение цифровой обработки сигналов. Минск БГУИР 2016. URL: [https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/10281/2/Petrovskii\\_teoriya.pdf](https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/10281/2/Petrovskii_teoriya.pdf)
2. Цифровые фильтры с линейной фазочастотной характеристикой. URL: <http://www.dsplib.ru/content/filters/linphase/linphase.html>

UDC 628.336.42

## FIR FILTERS WITH LINEAR PHASE-FREQUENCY CHARACTERISTIC

*Gaytyukevich S.D.1*

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics1, Minsk, Republic of Belarus*

*Daneiko T.M. – senior lecturer of department of ICT*

**Annotation.** In the class of FIR filters, it is possible to synthesize filters that have a given frequency response and a strictly linear and therefore constant group delay (GDT), i.e. the initial phases of all frequency components of the signal receive a shift proportional to the frequency, so their phase relationships are not violated.

**Keywords.** FIR filters, linear phase response, impulse response, group delay.