

## ПРЕДФИЛЬТРАЦИЯ ТВ ИЗОБРАЖЕНИЙ ВЫСОКОЙ ЧЕТКОСТИ

*Патлаенко Н.А., Ошаровская Е.В.*

*Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова,  
65029, Украина, г. Одесса, ул. Кузнечная, 1.  
[osharovskaya@gmail.com](mailto:osharovskaya@gmail.com)*

## ПЕРЕДФІЛЬТРАЦІЯ ТВ ЗОБРАЖЕНЬ ВИСОКОЇ ЧІТКОСТІ

*Патлаєнко М.О., Ошаровська О.В.*

*Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова,  
65029, Україна, м. Одеса, вул. Кузнечна, 1.  
[osharovskaya@gmail.com](mailto:osharovskaya@gmail.com)*

## PREFILTRATION TV HIGH DEFINITION IMAGES

*Patlaenko M,O., Osharovska O.V.*

*O.S. Popov Odessa national academy of telecommunications,  
1 Kuznechna St., Odessa 65029, Ukraine.  
[osharovskaya@gmail.com](mailto:osharovskaya@gmail.com)*

**Аннотация.** В статье даны результаты исследований влияния амплитудно-частотных характеристик фильтров предварительной фильтрации изображений высокой и сверхвысокой четкости на показатели качества. Основное внимание уделено моделированию АЧХ в переходной полосе методом оконных функций. Показаны зависимости отношения сигнал/шум на границах изображения от порядка фильтра предварительной фильтрации. Получены импульсные характеристики фильтров при разных оконных функциях, используемых в частотной области. Обоснован метод выбора числа отсчетов в переходной полосе частот, позволяющий уменьшить проявление эффекта Гиббса.

**Ключевые слова:** изображение высокой четкости, предварительная фильтрация, оконная функция, отношение сигнала к шуму на границе.

**Анотація.** У статті надано результати досліджень впливу амплітудно-частотних характеристик фільтрів попередньої фільтрації зображень високої і надвисокої чіткості на показники якості. Основну увагу приділено моделюванню АЧХ в перехідній смузі методом віконних функцій. Показано залежності відносини сигнал / шум на межах зображення від порядку фільтра попередньої фільтрації. Отримано імпульсні характеристики фільтрів за різних віконних функцій, які використовуються в частотній області. Обґрунтовано метод вибору числа відліків у перехідній смузі частот, що дозволяє зменшити прояв ефекту Гіббса.

**Ключові слова:** зображення високої чіткості, попередня фільтрація, віконна функція, відношення сигналу до шуму на межі.

**Abstract.** This paper provides the results of studies the effect on quality performance the high and ultra-high-definition images from the pre-filtering type of the amplitude-frequency characteristics. The focus is on modeling the frequency response in the transition band by window functions. The dependences of the signal / noise ratio at the borders of the image about the order pre-filtration filter. Filter impulse responses obtained at different window functions that were used in frequency domain. There were based the methods of selecting the number of samples in the transition band, which allows to get quality performance reducing the phenomenon of Gibbs.

**Key words:** high definition images, pre-filtration, window function, the signal to noise ratio at the border.

Переход к телевизионному вещанию в стандарте высокой и сверхвысокой четкости поставил перед исследователями задачу прогнозирования изменений параметров стандартных элементов цифрового вещательного тракта, влияющих на объективное и субъективное качество изображения. Рекомендации Международного союза электросвязи в ряде документов [1, 2] дали точные значения основных параметров разложения изображения для случаев телевидения высокой и сверхвысокой четкости, и, в частности, значения частот дискретизации и полосы частот исходных видеосигналов. Для других же элементов тракта существуют только рамочные ограничения.

**Целью данной статьи** является определение влияния параметров предварительной фильтрации на показатели качества изображения.

Под телевидением высокой четкости при производстве программ будем понимать изображения с параметрами [1]: число отсчетов на активную строку  $N_a = 1920$ , число активных строк на изображение  $z_a = 1080$ , развертка построчная или чересстрочная. При таких параметрах для случая построчной развертки для частоты кадров 50 Гц верхняя граничная частота видеосигнала  $f_H$  может быть определена по формуле (1):

$$f_H = \frac{N_a z_a n}{2} = 1920 \times 1080 \times \frac{50}{2} = 51,84 \text{ МГц}, \quad (1)$$

где  $n$  – число кадров, передаваемых в секунду. В [1] зафиксирована номинальная полоса частот при построчной развертке, независимо от количества кадров, передаваемых в секунду 50 или 60 равной 60 МГц, и при чересстрочной развертке 30 МГц. Соответственно, частоты дискретизации основных сигналов цветности R, G, B и сигнала яркости Y приняты равными: при построчной развертке 148,5 МГц, при чересстрочной развертке 74,25 МГц.

Для устранения помех дискретизации в цифровом телевидении используют предварительную фильтрацию. В Рекомендации [1] содержатся только руководящие принципы на шаблоны таких фильтров.

Наибольший интерес при проектировании таких предварительных фильтров представляет область перехода от полосы пропускания к полосе задержания. Если амплитудно-частотная характеристика в этой области будет иметь резкий переход, то в изображении неизбежно возникают искажения на границах, сопровождающиеся выбросами и колебательными процессами. Такое явление носит название эффекта Гиббса, и единственным признанным методом для телевидения стандартной четкости, методом уменьшения такого рода искажений является формирование склона АЧХ косинус подобной формы. Сформировать такой склон можно путем умножения двумерной частотной характеристики фильтра, являющейся двумерным преобразованием Фурье импульсной характеристики фильтра, на одну из оконных функций [2].

Со значительного числа оконных функций нами были исследованы функции Блэкмана, Кайзера и Хэмминга. Окно Блэкмана может быть задано в виде (2):

$$w_{blackman}(n) = \alpha_0 - \alpha_1 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right) + \alpha_2 \left(\frac{4\pi n}{N-1}\right), \quad (2)$$

$$\alpha_0 = \frac{1 - \alpha}{2}; \quad \alpha_1 = \frac{1}{2}; \quad \alpha_2 = \frac{\alpha}{2}.$$

Если знать уровень ослабления боковых лепестков, например, -58 дБ, что соответствует  $\alpha = 0,16$ , тогда изменение формы склона АЧХ будет изменяться от количества отсчетов  $N$  окна, которые, в свою очередь, однозначно определяют порядок фильтра. Для фильтрации изображений используют нерекурсивные фильтры с конечной импульсной характеристикой. Если склон АЧХ растянуть значительно, то эффект Гиббса станет незаметен, однако ухудшится резкость изображения и АЧХ для разных значений  $\alpha$ . Следует отметить, что при цифровой обработке при построении АЧХ используют нормированную частоту относительно частоты дискретизации. Если для ТВВЧ частота дискретизации 142,5 МГц, а номинальная полоса частот 60 МГц, то полоса расфильтровки на графиках с нормированной частотой будет начинаться со значения 0,42.

Окно Кайзера (3) формируется на основе модифицированной функции Бесселя первого рода нулевого порядка  $I_0(\beta)$ ; где  $\beta$  – коэффициент, определяющий долю энергии, сосредоточенной в главном лепестке спектра оконной функции.

$$w_{Kaizer} = \frac{\left| I_0 \left( \beta \sqrt{1 - \left( \frac{2n - N + 1}{N - 1} \right)^2} \right) \right|}{|I_0(\beta)|}. \quad (3)$$

Окно Хэмминга задается формулой (4)

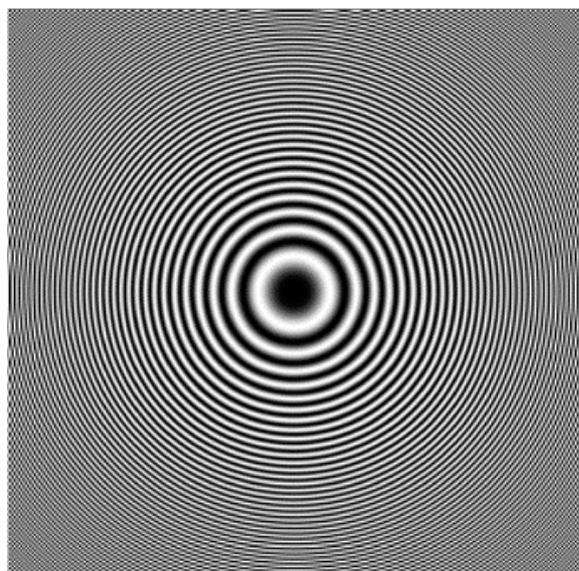
$$w_{Hem} = 0,53836 - 0,46164 \cos \left( \frac{2\pi n}{N - 1} \right). \quad (4)$$

В этих трех формулах  $N$  – количество отсчетов в окне, при моделировании изменяли от 20 до 300; а  $n$  – текущий номер отсчета.

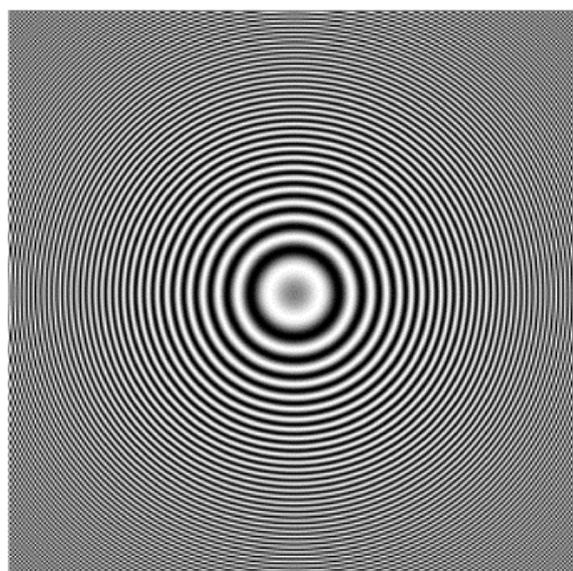
**Целью исследования** является определение оптимального количества отсчетов АЧХ, приходящихся на склон после операции умножения на функцию окна. Оптимальность определяется по максимальному значению отношения сигнала к помехе на границах изображения EPSNR, и по значению среднеквадратической ошибки СКО.

Для вычисления отношения сигнала к помехе на границах изображения EPSNR используем градиентный метод выделения границ, применяемый сначала к исходному изображению, а затем к изображению, подвергнутому предварительной фильтрации с применением оконной функции.

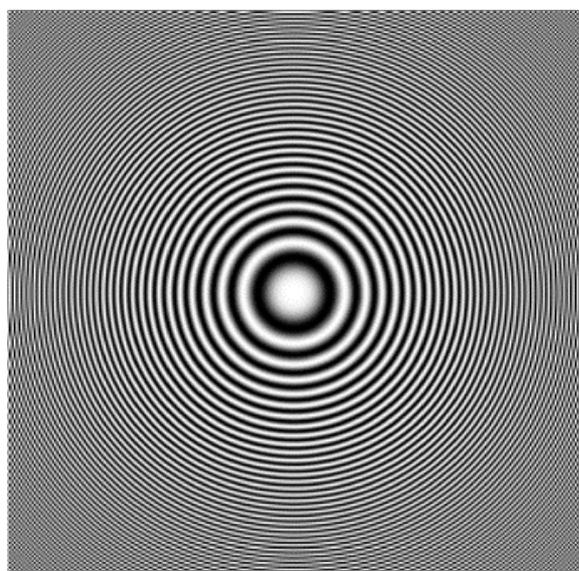
В качестве испытательных изображений использовались изображения размером от  $1080 \times 1080$  до  $2048 \times 2048$ , имеющие двумерное распределение пространственных частот и сформированных в виде зон Френеля [3]. На рис. 1 показано четыре варианта формирования изображений в виде зон Френеля с использованием функций  $\cos \sin$  [4].



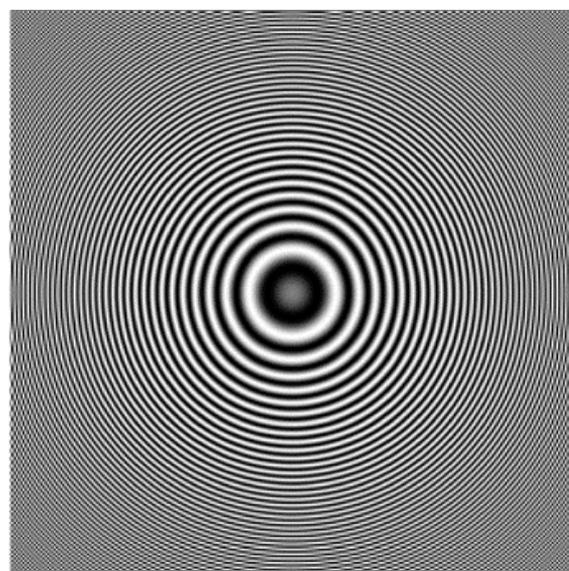
а) –  $1+\cos$



б) –  $1-\cos$



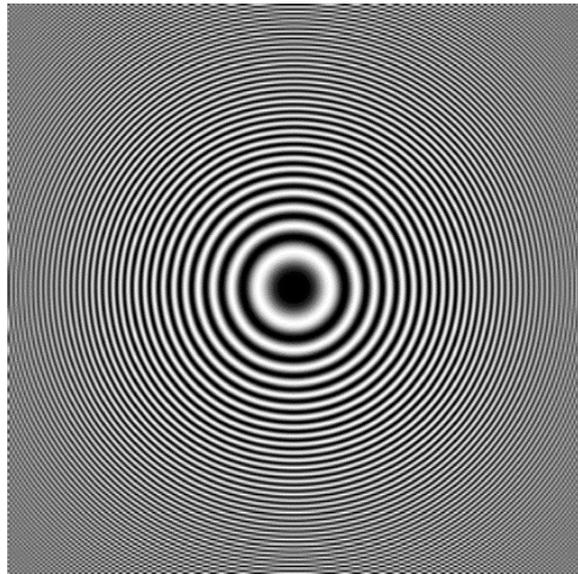
в) –  $1+\sin$



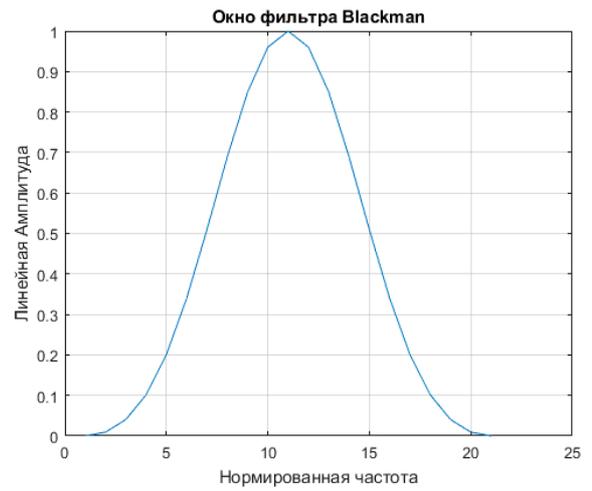
г) –  $1-\sin$

Рисунок 1 – Тестовые изображения в виде зон Френеля, формируемых  $\cos$  и  $\sin$

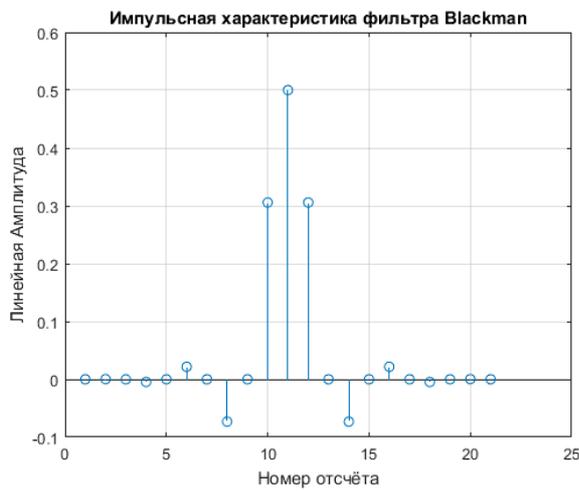
Последовательность моделирования влияния действия оконных функций выбрана следующей: в частотной области рассчитывается форма оконной функции согласно формулам (2, 3, 4), обратным преобразованием Фурье находится импульсная характеристика, методом спектральной свертки проводится фильтрация тестового изображения. На рис. 2–5 показаны результаты моделирования для трех случаев: количество отсчетов оконной функции 20, 150 и 300. Рисунки содержат пять составляющих: а) исходное тестовое изображение зон Френеля вида  $(1+\cos)$ ; б) зависимость формы окна в частотной области, частота нормированная; в) вид импульсной характеристики; г) изображение, подвергнутое фильтрации.



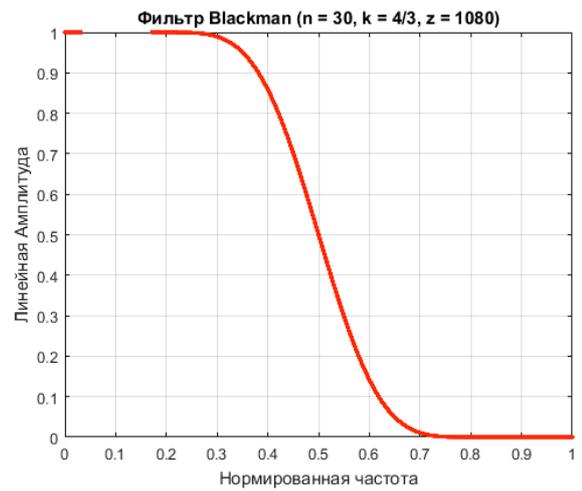
а) тестовое изображение



б) форма окна

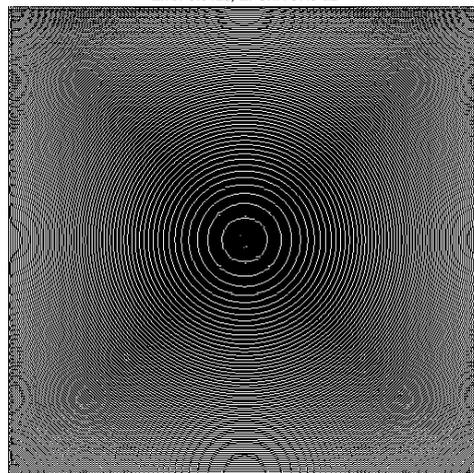


в) импульсная характеристика



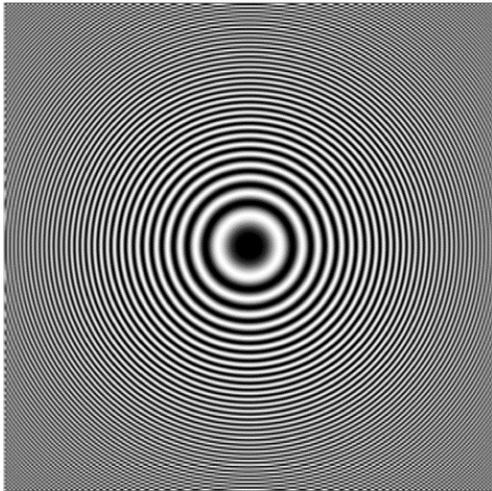
г) частотная характеристика

Error 0.0428, EPSNR 37.8 dB

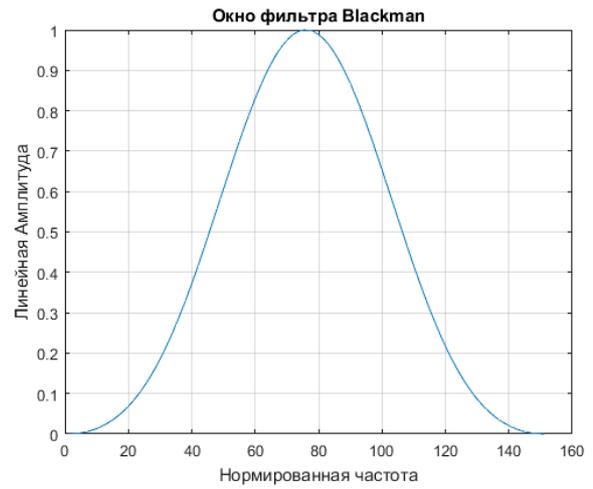


д) изображение после фильтрации

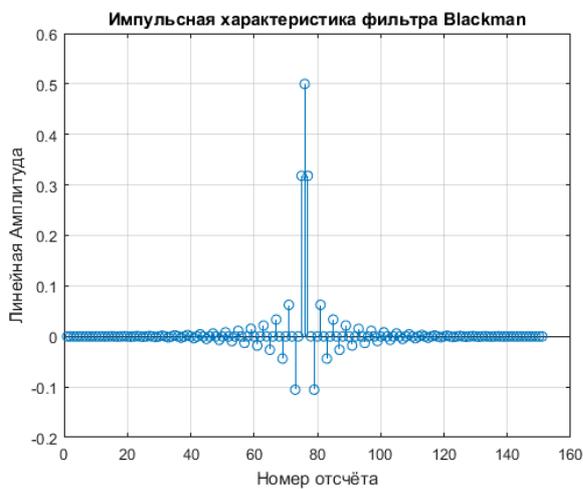
Рисунок 2 – Результаты фильтрации изображения окном Блэкмана с  $N = 20$



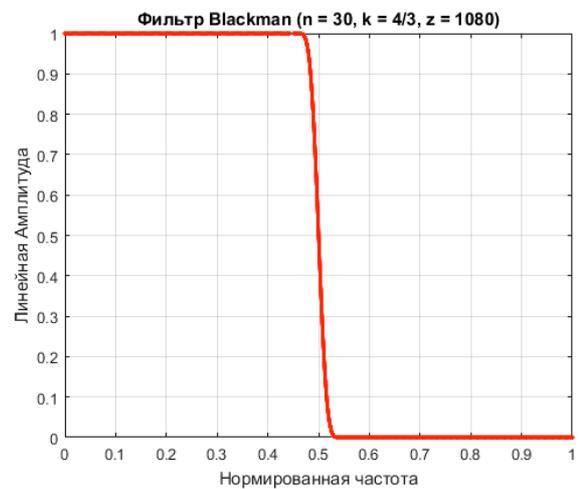
а) тестовое изображение



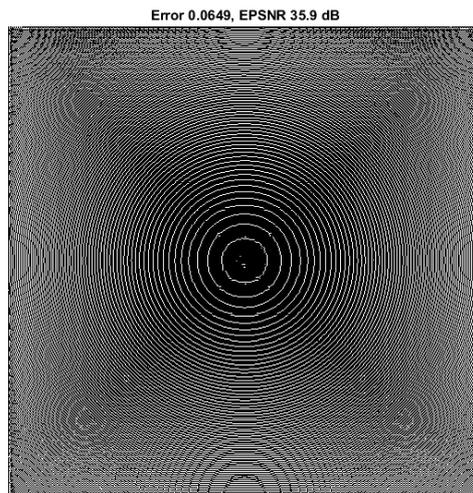
б) форма окна



в) импульсная характеристика

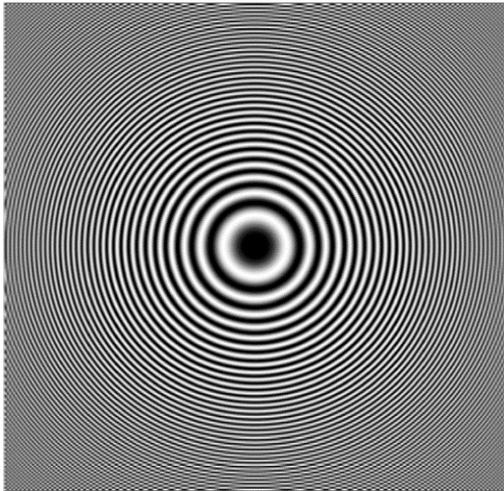


г) частотная характеристика

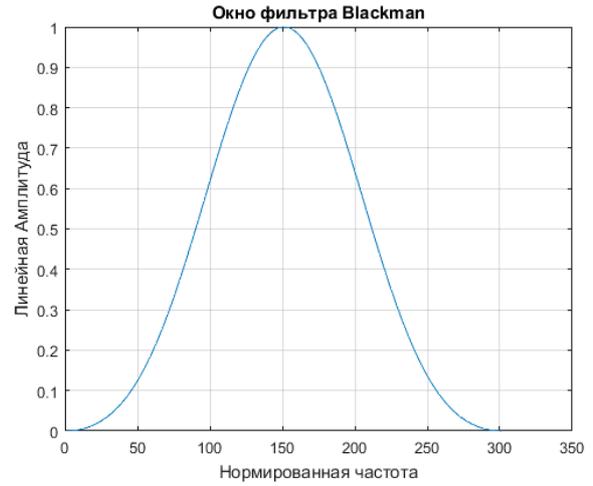


д) изображение после фильтрации

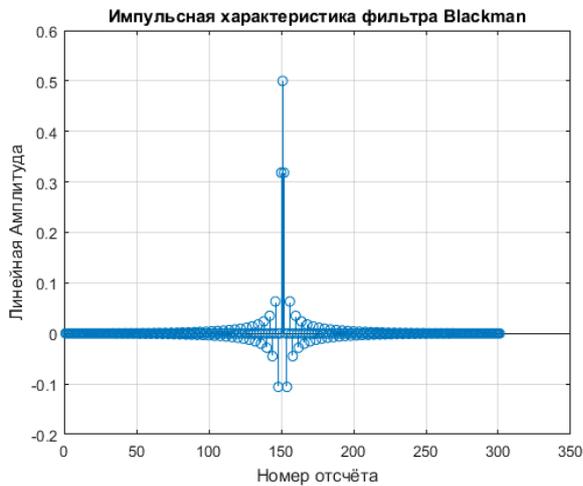
Рисунок 3 – Результаты фильтрации изображения окном Блэкмана с  $N = 150$



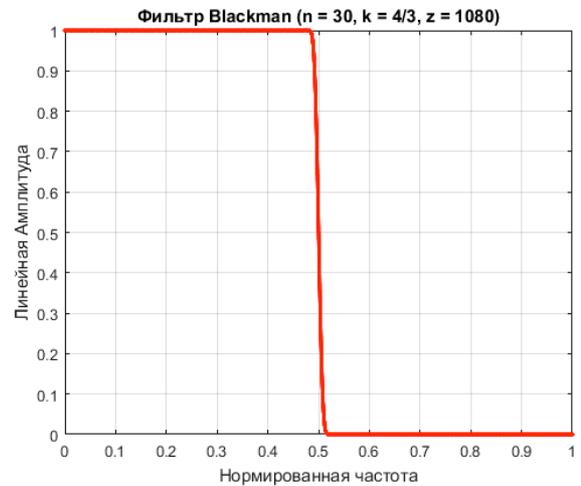
а) тестовое изображение



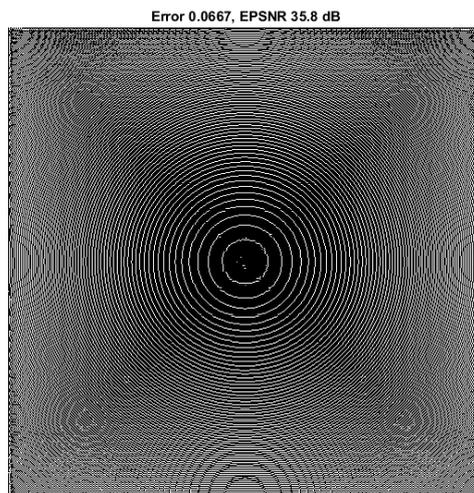
б) форма окна



в) импульсная характеристика

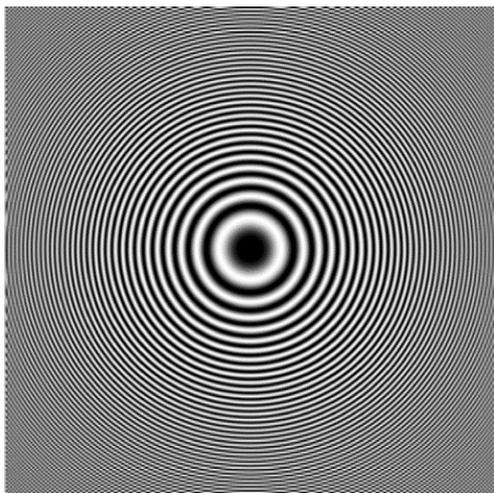


г) частотная характеристика

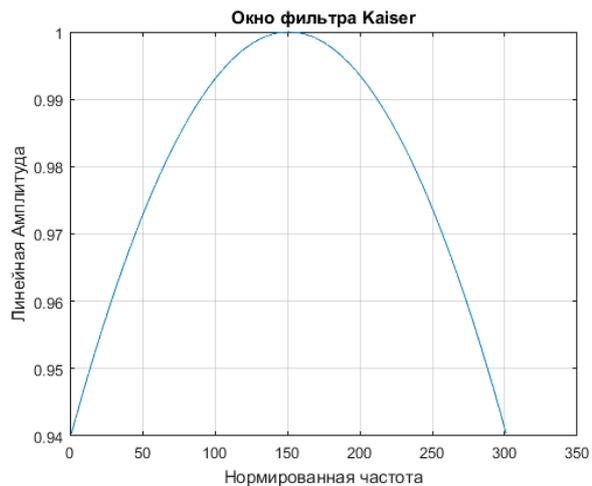


д) изображение после фильтрации

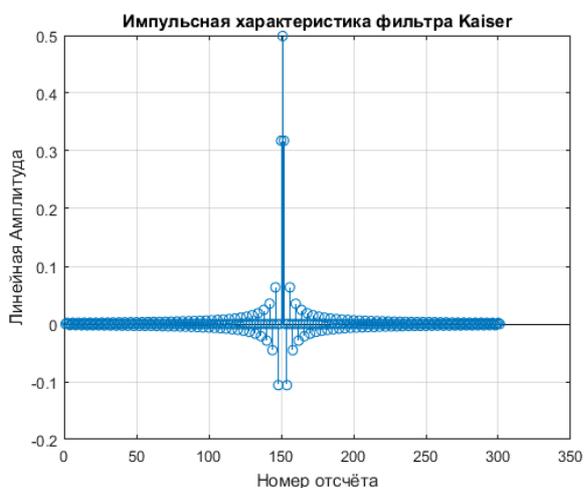
Рисунок 4 – Результаты фильтрации изображения окном Блэкмана с  $N = 300$



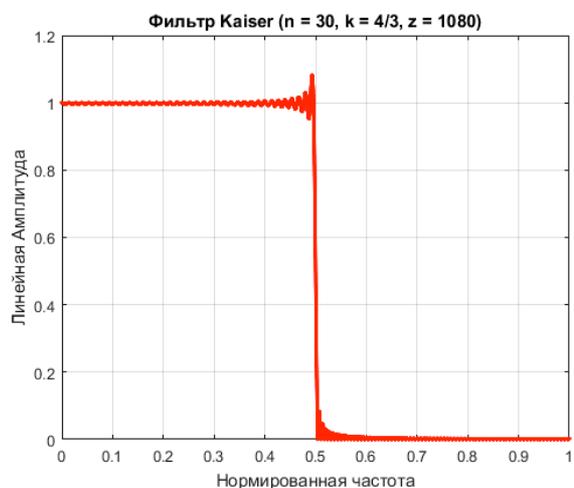
а) тестовое изображение



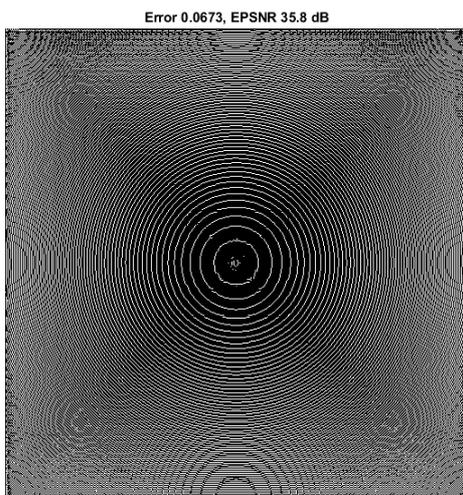
б) форма окна



в) импульсная характеристика



г) частотная характеристика



д) изображение после фильтрации

Рисунок 5 – Результаты фильтрации изображения окном Кайзера с  $N = 300$

Моделирование фильтров предварительной фильтрации проведены в среде Matlab. Результаты расчетов СКО и EPSNR, в зависимости от порядка фильтра для вида окна, показаны в табл.1.

Таблица 1 – Зависимость показателей качества от типа оконной функции

Тип окна	N = 20		N = 150		N = 300	
	СКО	EPSNR, дБ	СКО	EPSNR, дБ	СКО	EPSNR, дБ
Блэкмана	0,0428	37,8	0,0640	35,9	0,0667	35,8
Кайзера	0,0558	36,6	0,0666	35,8	0,0678	35,8
Хэмминга	0,0468	37,4	0,0650	35,9	0,0667	35,8

Предварительная фильтрация изображений устраняет повторные спектры, возникающие при дискретизации, но за счет ослабления высокочастотных пространственных составляющих приводит к искажениям типа муаров; возникновение муаров, в зависимости от типа окна и количества отсчетов в оконной функции, возникает на разных частотах. Фильтр Кайзера не устраняет эффект Гиббса. С точки зрения отношения сигнала к шуму на границах изображения оконные функции практически одинаковы, это отношение незначительно уменьшается с ростом числа отсчетов в оконной функции.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Значения параметров стандартов ТВЧ для производства программ и международного обмена программами Рекомендация МСЭ-R BT.709-6 // ITU-R. – 2015 г.– 7 с.
2. Значения параметров для систем ТСВЧ для производства программ и международного обмена ими. Рекомендация МСЭ-R BT2020-2 // ITU-R. – 2015 г.– 6 с.
3. Басий В.Т. Новые методы измерения параметров ТВ трактов при цифровой обработке // В.Т. Басий, Л.Б. Березовская, Д.И. Выхот, О.В. Гофайзен // Техника кино и телевидения. – 1990.– No 5. – С. 22 –24.
4. Gofaizen Oleg Test Signals for Assessment Image Quality in HD and UHD TV Video Path // Oleg Gofaizen, Olena Osharovska, Mikola Patlaenko, Volodimir Pyliavskiy // 2016 8-th International Conference on ULTRAWIDEBAND AND ULTRASHORT IMPULSE SIGNALS. Conference Program. Book of Abstracts September 5-11, 2016: тези доп. – Odessa, IEEE Kharkiv Joint Chapter. – 2016. – P. 26.

REFERENCES:

1. "Parameter values for the HDTV standards for production and international programme exchange" Recommendation ITU-R BT.709-6, June 2015, 17 p.
2. "Parameter values for ultra-high definition television systems for production and international programme exchange" Recommendation ITU-R BT.2020-2, October 2015, 6 p.
3. V.T. Basyi, L.B. Berezovskaya, D.I. Vykhot, O.V. Gofaizen, "New methods for measuring the parameters of TV paths with use of digital processing", *Tehnika kino i televideniya (Cinema and television engineering)*, 1990, No. 5, pp. 22-24.
4. Gofaizen Oleg Test Signals for Assessment Image Quality in HD and UHD TV Video Path // Oleg Gofaizen, Olena Osharovska, Mikola Patlaenko, Volodimir Pyliavskiy // 2016 8-th International Conference on ULTRAWIDEBAND AND ULTRASHORT IMPULSE SIGNALS. Conference Program. Book of Abstracts September 5-11, 2016: тези доповіді. – Odessa, IEEE Kharkiv Joint Chapter. – 2016. – P. 26.