

УДК 621.397:004.932.2

Д.А. Салыкова, А.Н. Утемисов, В.В. Капустин

## Повышение качества изображений активно-импульсных телевизионно-вычислительных систем с использованием алгоритмов инверсной фильтрации

Обработаны результаты экспериментальных исследований активно-импульсной телевизионно-вычислительной системы, вычислены функции рассеяния перепада и функции рассеяния точки для изображений, полученных в различных условиях наблюдения. Повышена разрешающая способность изображений активно-импульсной телевизионно-вычислительной системы с использованием алгоритмов инверсной фильтрации.

**Ключевые слова:** активно-импульсные телевизионно-вычислительные системы, функция рассеяния перепада, функция рассеяния точки, фильтр Винера.

**doi:** 10.21293/1818-0442-2017-20-4-39-42

Активно-импульсные телевизионно-вычислительные системы (АИТВС), применяются для визуального обнаружения и идентификации объектов в сложных метеоусловиях и при низкой освещенности.

Сложные условия видимости (туман, дымка, пыль, снегопад, дождь) значительно ограничивают дальность обнаружения и вероятность распознавания объектов в традиционных системах видеонаблюдения. Основной причиной ограничения дальности обнаружения и идентификации объектов интереса в сложных условиях видимости является воздействие помехи обратного рассеивания [1].

Помеха обратного рассеивания возникает из-за рассеяния фотонов света на аэрозолях атмосферы в направлении наблюдателя, что приводит к значительному снижению контраста изображения и как следствие к невозможности обнаружения и распознавания объектов интереса.

АИТВС предназначены для работы в сложных условиях видимости и способны обеспечить регистрацию характеристик только нужного объекта наблюдения либо его части благодаря селекции изображения по дальности в пределах очень узкой глубины просматриваемого пространства (активной зоны видения).

Принцип работы активно-импульсных систем наблюдения основан на импульсном подсвете пространства и стробировании по времени фотоприемного устройства, оснащенного быстродействующим затвором [2].

Импульсный режим работы системы позволяет сформировать активную зону видения и исключить все, что находится за ее пределами. Управление положением активной зоной видения осуществляется путем изменения задержки времени открытия затвора фотоприемника относительно импульса подсвета.

В зависимости от изменения условий окружающей среды применяются различные режимы работы АИТВС: непрерывный, активно-непрерывный или активно-импульсный с временной селекцией импульсов излучения, отраженных от объектов.

В состав системы входят: входной объектив, электронно-оптический преобразователь (ЭОП), согласующий объектив, ТВ-датчик (монохромный

КМОП сенсор 800 ТВЛ) с повышенной чувствительностью, устройство подсвета, источник питания, блоки управления и ЭВМ со специализированным программным обеспечением. Устройством подсвета является импульсный лазерный полупроводниковый излучатель (ИЛПИ), работающий в ближнем инфракрасном (ИК) диапазоне спектра (рис. 1).

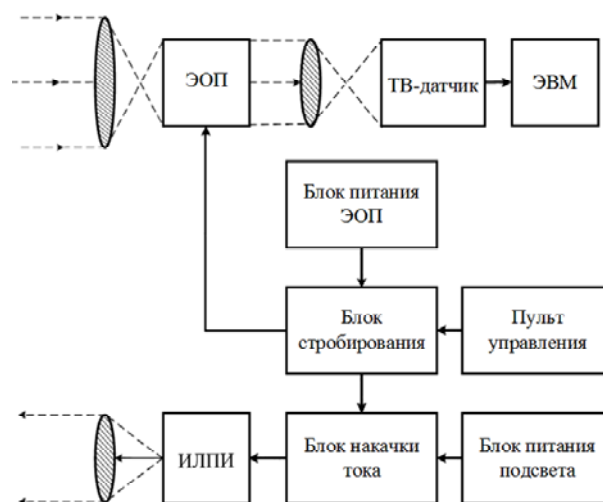


Рис. 1. Структурная схема АИТВС

За счет особенностей конструкции АИТВС обладают высоким диапазоном регулировки чувствительности к освещенности. Помимо изменения значения диафрагмы входного объектива, управлять чувствительностью системы можно путем изменения коэффициента усиления ЭОП, коэффициента усиления ТВ-датчика, изменения частоты, длительности и амплитуды импульсов подсвета и импульсов стробирования ЭОП.

Основные характеристики макета АИТВС представлены в табл. 1.

Таблица 1

### Технические характеристики макета АИТВС

Характеристика	Значения
Дальность видимости системы	200 м
Угол поля зрения системы	12 град
Оптическая мощность подсвета в импульсе	320 Вт
Длина волны излучения подсвета	842 нм
Частота повторения импульсов подсвета	5000 Гц

### Постановка задачи

Конструкция приемного блока макета АИТВС состоит из двух объективов (входной и согласующий) и двух фотоприемных устройств (ЭОП и КМОП-сенсор), что приводит к уменьшению разрешающей способности изображений АИТВС. Задачей исследования является оценка функции рассеяния точки (ФРТ) и повышение разрешающей способности изображений макета АИТВС с использованием алгоритмов инверсной фильтрации. Необходимо вычислить ФРТ изображения для последующего применения фильтра Винера.

### Результаты эксперимента

При помощи действующего макета активно-импульсной телевизионно-вычислительной системы в большой аэрозольной камере (БАК) проводился ряд экспериментов в условиях нормальной и пониженной прозрачности среды распространения.

Для вычисления значения ФРТ анализируемого кадра необходимо определить функцию рассеяния перепада (ФРП). Для нахождения значения ФРП необходимо выделить область изображения, содержащую вертикальный или горизонтальный перепад яркости.

На рис. 2 представлена область изображения, содержащая оптический перепад яркости.

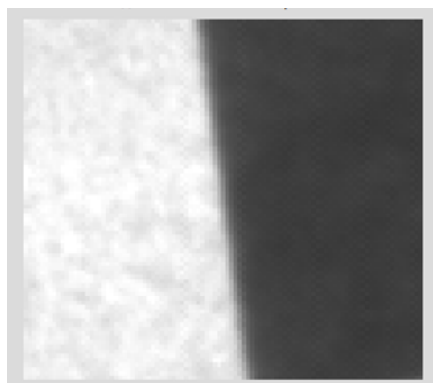


Рис. 2. Выделенная область изображения для оценки ФРП

Значение ФРП может быть получено при анализе значений интенсивностей пикселей по одной строке выделенной области или для более точного результата путем усреднения всего массива строк.

Для повышения точности результата усреднения массива строк оптический перепад яркости должен быть расположен под небольшим углом (10–20°). Значение границы перепада находится на основе анализа ФРП в каждой строке анализируемой области за счет использования конечно-разностной схемы  $[-1; 1]$ .

Вычисление усредненной по строкам ФРП и дальнейшее нахождение ФРТ выполнялись в среде разработки MATLAB.

На рис. 3 представлен график ФРП, полученный по фрагменту изображения АИТВС, содержащего оптический перепад яркости.

ФРТ может быть вычислено при помощи свертки значений ФРП с коэффициентами  $[-0,5; 0,5]$ .

На рис. 4 представлен график ФРТ, вычисленный по данным ФРП.

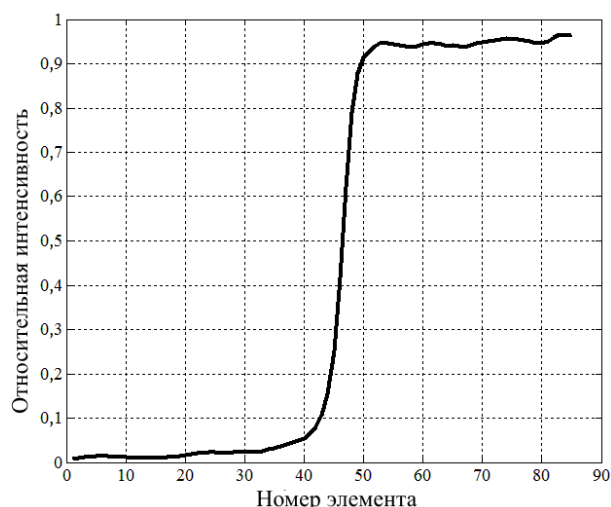


Рис. 3. Функция рассеяния перепада (ФРП) выделенной области

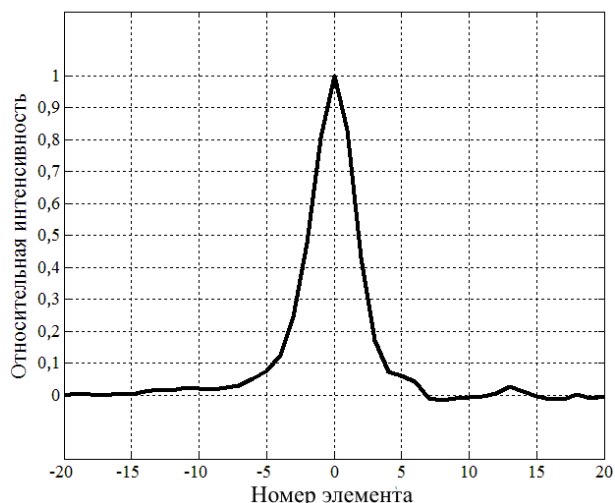


Рис. 4. Функция рассеяния точки (ФРТ) выделенной области

### Повышение качества изображений

Для повышения разрешающей способности изображений АИТВС был применен фильтр Винера с использованием найденного значения ФРТ.

Фильтр Винера представляет изображение и шум как случайные процессы и находит такую оценку для искаженного изображения, чтобы среднеквадратическое отклонение этих величин было минимальным [4].

Данный фильтр является инверсным и при отсутствии шумов на изображении может считаться идеальным восстанавливающим фильтром [5].

На рис. 5, 6 представлены сравнительные изображения до и после применения инверсной фильтрации.

Измерение разрешения изображений до и после применения инверсной фильтрации выполнялось в программе Imatest [6].

Для того чтобы определить разрешение изображения, необходимо знать зависимость контраста между черной и белой линиями от числа телевизионных линий в кадре, так называемую контрастно-частотную характеристику (КЧХ), которую позволяет измерить и сформировать программа Imatest.

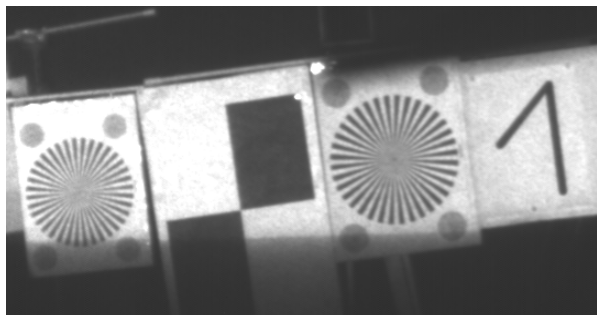


Рис. 5. Исходное изображение (до обработки)

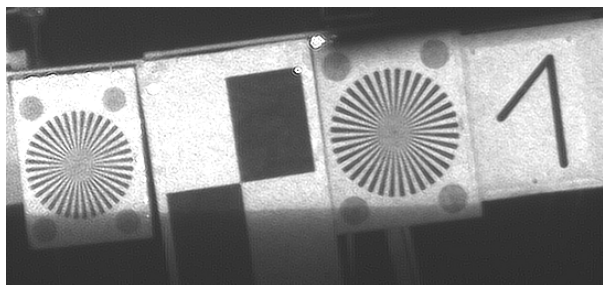


Рис. 6. Улучшенное изображение после применения фильтра Винера с использованием вычисленного значения ФРТ

Максимально возможное количество телевизионных линий (ТВЛ) будет получено в случае, если одна линия приходится на один пиксель, что соответствует значению 0,5 цикла на пиксель. Исходя из этого, можно получить выражение для перевода количества циклов на пиксель в ТВЛ [7, 8]:

– ТВЛ =  $(C/P/0,5) \times$  количество элементов (пикселей изображения), где C/P – число «циклов на пиксель».

На рис. 7, 8 представлены измеренные значения КЧХ исходного и восстановленного изображений.

Значения разрешения исходного и восстановленного изображения в ТВЛ представлены в табл. 2.

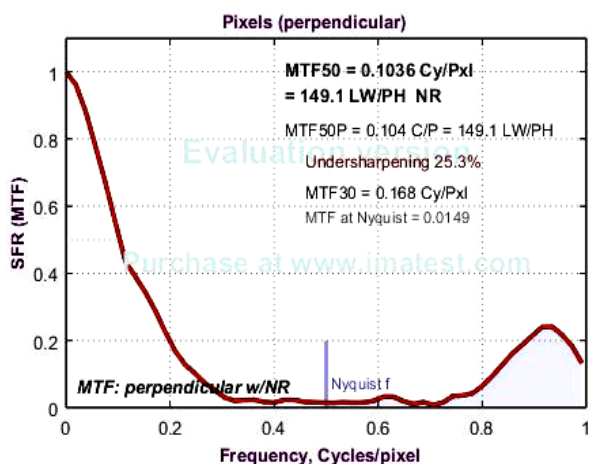


Рис. 7. КЧХ выделенной области исходного изображения

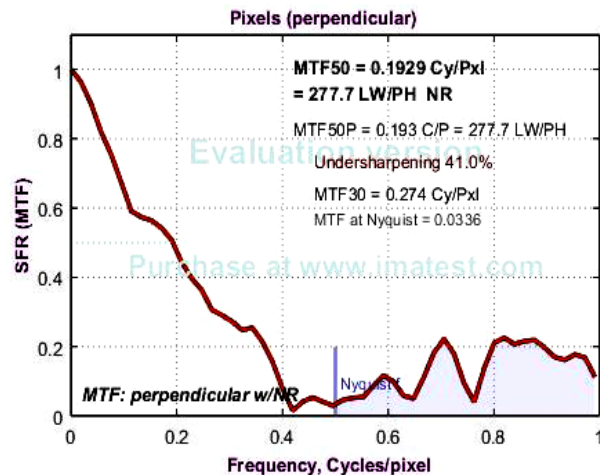


Рис. 8. КЧХ выделенной области восстановленного изображения

Таблица 2  
Разрешающая способность изображений до и после восстановления с использованием фильтра Винера

Уровни КЧХ	ТВЛ исходного изображения	ТВЛ восстановленного изображения
0,5	149,184	277,7
0,3	241,92	394,56
0,1	358,56	568,8

**Выводы**

В результате проведенных исследований было установлено, что разрешающая способность изображений макета активно-импульсной телевизионно-вычислительной системы из-за особенностей конструкции приемного блока не превышает 400 ТВЛ. Низкая разрешающая способность изображений АИТВС ограничивает максимальную дальность обнаружения и распознавания объектов интереса.

Вычисление функции рассеяния точки анализированного изображения и последующее применение инверсной фильтрации (фильтр Винера) позволяют эффективно повысить разрешающую способность изображений АИТВС до 1,8 раза.

Полученные в данном исследовании результаты могут быть использованы при проектировании телевизионных систем для повышения их максимальной дальности обнаружения и распознавания объектов интереса.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России по проекту 8.9562.2017/БЧ и гранту РФФИ № 16-47-700939.

*Литература*

1. Мищенко Н.И. Методы и средства повышения эффективности активно-импульсных телевизионно-вычислительных систем мониторинга и обеспечения безопасности объектов / Н.И. Мищенко, И.Н. Пустынский, В.В. Капустин // Доклады ТУСУРа. – 2016. – № 3, т. 19. – С. 42–46.
2. Kapustin V.V. Vision area parameters analysis for active-pulse television-computing systems / V.V. Kapustin, A.K. Movchan, M.I. Kuryachiy // 2017 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). – 2017. – P. 1–4. – <http://ieeexplore.ieee.org/document/7998432>

3. Капустин В.В. Анализ особенностей изображений активно-импульсных телевизионно-вычислительных систем / В.В. Капустин, А.К. Мовчан, М.И. Курячий // Матер. междунар. науч.-техн. конф. «Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации «Распознавание–2017». Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск, 2017. – С. 188–190.

4. Салыкова Д.А. Восстановление расфокусированных изображений с использованием алгоритмов инверсной фильтрации / Д.А. Салыкова, А.К. Мовчан // Матер. междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР–2017». – Томск: В-Спектр, 2017. – Ч. 1. – С. 211–213.

5. Цифровая обработка изображений в информационных системах: уч. пособие / И.С. Грузман, В.С. Киричук, В.П. Косых и др. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 352 с.

6. Imatest Documentation by Norman Koren [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.imatest.com/docs>, свободный (дата обращения: 10.03.2017).

7. Malanin M.Yu. Optimization of parameters of two dimensional filters of increase of clearness of television images on contrastly to frequency characteristics / M.Yu. Malanin, A.V. Kamenski, M.I. Kuryachiy // Control and Communications (SIBCON), IEEE 2015 International Siberian Conference on. – 2015. – P. 1–4. – <http://ieeexplore.ieee.org/document/7147136>

8. Капустин В.В. Оценка качества изображений высокого разрешения при внутрикадровом сжатии в стандартах JPEG и JPEG2000 / В.В. Капустин, А.В. Каменский // Доклады ТУСУРа. – 2016. – Т. 19, № 3. – С. 27–31.

**Салыкова Дана Алпысбайкызы**

Магистрант каф. телевидения и управления (ТУ) ТУСУРа

Тел.: +7-923-411-32-14

Эл. почта: [dana.salykova@mail.ru](mailto:dana.salykova@mail.ru)

**Утемисов Адильхан Нурланович**

Магистрант каф. ТУ

Тел.: +7-923-435-21-95

Эл. почта: [nice\\_twice@inbox.ru](mailto:nice_twice@inbox.ru)

**Капустин Вячеслав Валериевич**

Мл. науч. сотр. каф. ТУ

Тел.: +7-960-969-88-77

Эл. почта: [peregnun@mail.ru](mailto:peregnun@mail.ru)

Salykova D.A., Utemissov A.N., Kapustin V.V.

#### **Quality improvement for the images in active pulse TV systems using inverse filtering algorithms**

The results of experimental studies of the active-pulse television-computer system are processed, the edge spread function and the point spread function calculated for images obtained under different observation conditions are calculated. The resolving power of images of an active-pulse television-computer system is increased using inverse filtering algorithms.

**Keywords:** active pulse TV system, point spread function, edge spread function, Wiener filter.