

## Методы и средства томографического видения пространства активно-импульсными телевизионными измерительными системами

А.К. Мовчан<sup>1</sup>, В.В. Капустин<sup>1</sup>, М.И. Курячий<sup>1</sup>  
 mr.movchann@mail.ru|peregnun@mail.ru|kur@tu.tusur.ru

<sup>1</sup>ТУСУР, Томск, Россия

Представлены результаты измерения освещенности объектов наблюдения в зависимости от задержки стробирования фотоприемного устройства активно-импульсной телевизионной измерительной системы (АИ ТИС) в чистой и малопрозрачных средах. Построены зависимости абсолютного и относительного контрастов объектов наблюдения в зависимости от задержки стробирования фотоприемного устройства и среды распространения. Определена аппаратная погрешность АИ ТИС по задержке стробирования и оценена дальность до наблюдаемых объектов.

**Ключевые слова:** контраст, активная зона видения, томографическое видение, активно-импульсная телевизионная измерительная система.

## Methods and means of tomographic vision of space by active-pulse television measurement systems

A.K. Movchan<sup>1</sup>, V.V. Kapustin<sup>1</sup>, M.I. Kuryachiy<sup>1</sup>  
 mr.movchann@mail.ru|peregnun@mail.ru|kur@tu.tusur.ru

<sup>1</sup>TUSUR, Tomsk, Russia

The results of measurement of the illumination of the objects of observation are presented depending on the delay in the gating of the photoreceiver of the active-pulse television measuring system (AP TMS) in pure and low transparent space. Dependences of the absolute and relative contrasts of the objects of observation are constructed depending on the delay in the gating of the photodetector device and the propagation medium. The instrumental error of the AP TMS on gating delay was determined and the range to the observed objects was estimated.

**Keywords:** contrast, active vision area, tomographic vision, active pulse television measuring system.

### 1. Введение

Качество изображения обычных систем видеонаблюдения, работающих в сложных условиях видимости (туман, дымка, пыль, снегопад и т.д.), значительно ухудшается, так как источник излучения подсвечивает как объекты наблюдения, так и фон, создающий обратное рассеянное в окружающей среде излучение и встречную засветку, снижающую контраст изображения и возможность достоверного визуального обнаружения, распознавания и идентификации изображений объектов.

Для наблюдения в сложных условиях видимости применяются активно-импульсные телевизионные измерительные системы (АИ ТИС) [1].

Основными достоинствами АИ ТИС являются устранение помехи обратного рассеивания и значительное ослабление световых помех естественной и искусственной природы. Принцип работы активно-импульсных систем основан на импульсном подсвете пространства и стробировании по времени фотоприемного устройства, оснащённого быстродействующим затвором.

Сущность метода сводится к следующему. Объект наблюдения освещается световыми импульсами, длительность которых значительно меньше времени распространения света до объекта и обратно. В том случае, когда временная задержка между моментом излучения импульса и моментом открывания затвора равна удвоенному времени, необходимому для прохождения светом расстояния до объекта и обратно, наблюдатель будет видеть только сам объект и участок пространства, непосредственно его окружающий из чего следует, что импульсный режим работы системы позволяет сформировать активную зону видения и исключить все, что находится за ее пределами.

Глубина активной зоны видения определяется как временем открытого состояния затвора, так и длительностью светового импульса [2,5].

Таким образом, средствами АИ ТИС возможно осуществить томографическое видение окружающего пространства. Под томографическим видением понимается получение послойного изображения окружающего пространства с целью наблюдения за объектами в выбранном участке пространства (слое), а так же получения информации как о самом объекте (линейные размеры, расстояние), так и об объектах находящихся в непосредственной близости от объекта наблюдения и таким образом осуществлять классификацию объектов как по дальности так и по линейным размерам [4].

На рис. 1 представлен принцип томографического видения пространства с помощью АИ ТИС.

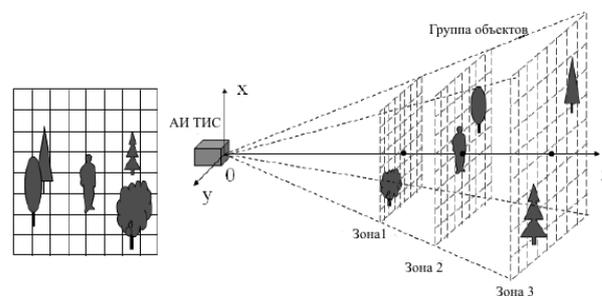


Рис. 1. Принцип томографического видения пространства с помощью АИ ТИС.

Особенно очевидны преимущества АИ ТИС при томографическом видении пространства в сложных условиях видимости. На рис. 2 представлены сравнительные изображения, полученные с помощью АИ ТИС в режиме наблюдения обычных систем видеонаблюдения, а так же в активно-импульсном режиме основным для АИ ТИС.

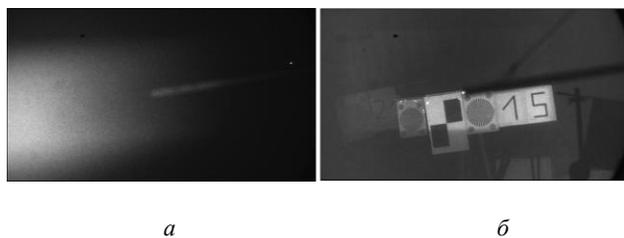


Рис. 2. Сравнительные изображения, полученные в условиях плотного тумана: а – режим обычной системы видеонаблюдения; б – активно-импульсный режим работы АИ ТИС.

## 2. Томография в чистой среде

В целях исследования характеристик изображений получаемых с помощью АИ ТИС, были проведены эксперименты в большой аэрозольной камере (БАК) Института оптики и атмосферы имени В.Е. Зуева СО РАН [3].

Для фиксации изображений внутри аэрозольной камеры АИ ТИС была установлена в смотровом иллюминаторе БАК.

В качестве объектов наблюдения использовались измерительные таблицы установленные на определенных расстояниях от расположения АИ ТИС.

Эксперименты проводились как в чистой среде так и в средах с пониженной оптической прозрачностью, имитирующих условия туманов и дымов.

Эксперимент томографического видения в чистой среде осуществлялся путем фиксации изображения объекта наблюдения представляющего собой измерительную таблицу типа «шахматное поле», находящейся на расстоянии 15 м от расположения АИ ТИС (рис. 3). Фиксация изображений объекта наблюдения производилась при каждом изменении задержки стробирования фотоприемного устройства АИ ТИС на фиксированный шаг 5–10 нс, что в свою очередь позволило сформировать определенное количество пересекающихся активных зон видения. Известно, что формы импульсов излучения источника подсвета и импульса стробирования фотоприемного устройства определяют форму активной зоны видения АИ ТИС [2,3]. На рис. 4 приведена осциллограмма тока импульса излучения источника подсвета и напряжения на фотокатоде электронно-оптического преобразователя.

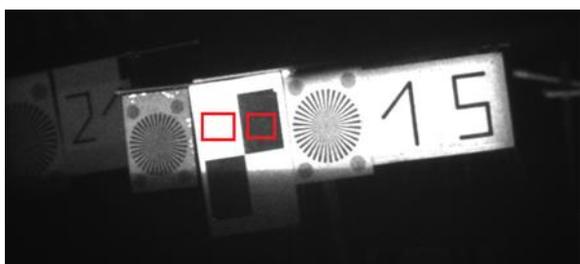


Рис. 3. Изображение объекта наблюдения в чистой среде.



Рис. 4. Осциллограммы импульса источника излучения (верх) и импульса стробирования ЭОП (низ).

Длительность импульса подсвета равна 40 нс, а импульса стробирования 60 нс. Количество импульсов подсвета за время одного кадра соответствовало 5 импульсам.

По полученным изображениям объекта наблюдения в каждой активной зоне видения фиксировались усредненные уровни белого  $U_{max}$  и черного  $U_{min}$ , в областях изображений, отмеченных «рамками» на рис. 3 по которым производилось вычисление абсолютного  $K_1$  и относительного  $K_2$  контрастов

$$K_1 = \frac{U_{max}}{U_{min}}, K_2 = \frac{U_{max} - U_{min}}{U_{max}}$$

Полученные данные измерений и вычислений сведены в таблицу 1.

Данные из таблицы 1 представлены на рис. 5 -7.

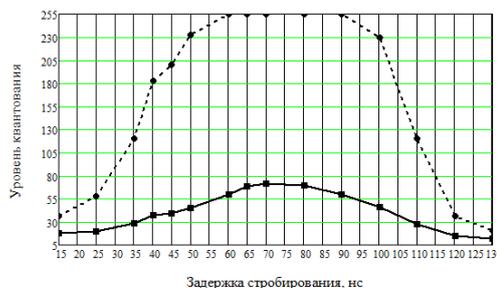


Рис. 5. Графики зависимостей уровней белого (пунктирная) и черного (сплошная) от задержки стробирования (чистая среда).



Рис. 6. График зависимости относительного контраста от задержки стробирования (чистая среда).



Рис. 7. График зависимости абсолютного контраста от задержки стробирования (чистая среда).

**Таблица 1.** Результаты измерений уровней белого и черного, относительного и абсолютного контрастов изображений объекта наблюдения в активных зонах видения (чистая среда).

Задержка стробирования, нс	Дальность, м	Уровень белого	Уровень черного	Относительный контраст	Абсолютный контраст
15	2,3	35,8	17,3	0,51	2
25	3,8	57,2	19,4	0,66	2,9
35	5,3	120,5	28,6	0,76	4,2
40	6	183	37,4	0,78	4,9
45	6,8	200	39	0,8	5
50	7,5	232,5	45,2	0,8	5,1
60	9	255	60	0,77	4,2
65	9,7	255	68,8	0,73	3,7
70	10,5	255	71	0,72	3,6
80	12	255	69,7	0,73	3,6
90	13,5	255	59,3	0,76	4,3
100	15	230	46	0,8	5
110	16,5	120,3	27	0,77	4,3
120	18	36,7	14,7	0,6	2,5
130	19,5	20,6	12	0,4	1,7

В виду того, что фотоприемное устройство АИ ТИС в диапазоне задержек стробирования от 60 нс до 90 нс находилось в насыщении по уровню белого, следовательно доверять значениям абсолютного и относительного контрастов на рис. 6, 7 в данном диапазоне некорректно, поэтому эти значения обозначены пунктирной линией на графиках контрастов.

Не смотря на ограничения по уровню белого можно сделать выводы по кривой уровня черного, которая симметрична и имеет явно выраженный максимум при задержке стробирования равной 70 нс что соответствует дальности согласно таблице 1 в 10,5 м. Объект наблюдения находится на расстоянии 15 м, что отстает от рассчитанной на 4,5 м или в пересчете в задержку стробирования на 30 нс что объясняется задержкой сигналов в АИ ТИС.

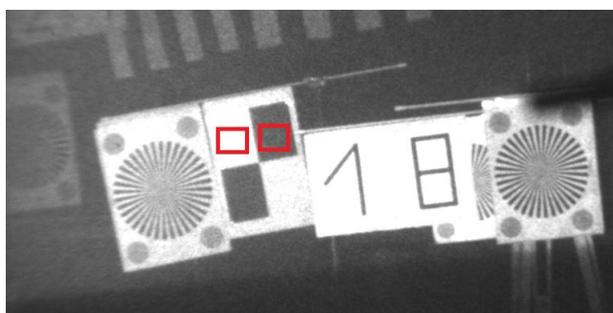
Графики контрастов (рис. 6, 7) в основном повторяют симметрию уровней белого и черного.

### 3. Томография в малопрозрачной среде

В целях исследования характеристик изображений получаемых с помощью АИ ТИС в малопрозрачной среде, объем БАК был заполнен дымами полученных путем пиролиза сосновых брусков.

В качестве объектов наблюдения использовались измерительные миры установленные на определенных расстояниях от АИ ТИС.

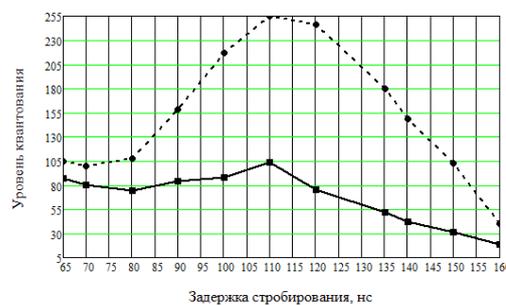
Эксперимент проводился таким же образом как и в условии чистой среды за исключением того, что объект наблюдения в данном случае располагается на расстоянии 21 м от АИ ТИС (рис. 8).



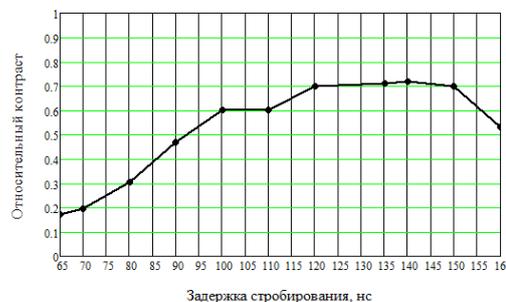
**Рис. 8.** Изображение объекта наблюдения в малопрозрачной среде.

По полученным изображениям объекта наблюдения в каждой активной зоне видения фиксировались усредненные уровни белого и черного, в областях изображений, отмеченных «рамками» на рис. 8 по которым производилось вычисление относительного и абсолютного контрастов. Полученные данные измерений и вычислений сведены в таблицу 2. При проведении эксперимента в малопрозрачной среде в целях предотвращения «пересвета» и дальнейшего повреждения фотоприемного устройства в АИ ТИС корректировалось количество импульсов подсвета за кадр: 29 импульсов при задержках стробирования 65 нс и 70 нс; 40 импульсов при задержке стробирования 80 нс; 59 импульсов при задержке стробирования 90 нс; 79 импульсов при задержке стробирования 100 нс; 99 импульсов при задержках стробирования от 110 до 160 нс.

Данные из таблицы 2 представлены на графиках рис. 9 – 11.



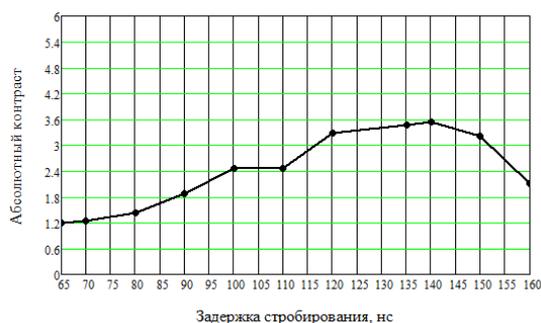
**Рис. 9.** Графики зависимостей уровней белого (пунктирная) и черного (сплошная) от задержки стробирования (малопрозрачная среда).



**Рис. 10.** График зависимости относительного контраста от задержки стробирования (малопрозрачная среда).

**Таблица 2.** Результаты измерений уровней белого и черного, относительного и абсолютного контрастов изображений объекта наблюдения в активных зонах видения (малопрозрачная среда).

Задержка стробирования, нс	Дальность, м	Уровень белого	Уровень черного	Относительный контраст	Абсолютный контраст
65	9,7	104,6	86,6	0,17	1,2
70	10,7	100	80,5	0,19	1,24
80	12	107,5	74,6	0,31	1,44
90	13,5	158,5	84,4	0,47	1,88
100	15	216,7	88,4	0,6	2,45
110	16,5	254,8	103,6	0,6	2,46
120	18	246,3	75,1	0,7	3,28
133	20	180	51,9	0,71	3,46
140	21	148,6	42	0,72	3,54
150	22,5	102,2	31,5	0,7	3,2
160	24	40,6	19,1	0,53	2,1



**Рис. 11.** График зависимости абсолютного контраста от задержки стробирования (малопрозрачная среда).

Анализируя графики уровней белого и уровня черного для малопрозрачной среды можно прийти к следующим выводам: графики (рис. 9) менее симметричны по сравнению с аналогичными графиками для чистой среды, имеют подъем обоих уровней при малых задержках стробирования, а при задержке стробирования в 110 нс явно выраженные максимумы уровней белого и черного, что согласно таблице 2 соответствует дальности в 16,5 м; разница с истинным расстоянием до объекта наблюдения составляет 4,5 м, при этом он находится на расстоянии 21 м, что в свою очередь при пересчете в задержку стробирования составляет 30 нс, как и в случае с чистой средой.

Следовательно в обоих экспериментах присутствует некоторая одинаковая аппаратная погрешность в определении задержки стробирования в 30 нс.

#### 4. Заключение

В виду особенностей режимов работы АИ ТИС по сравнению с обычными системами видеонаблюдения АИ ТИС позволяет осуществить томографическое (послойное) видение окружающего пространства, как в обычных, так и в сложных условиях видения, что позволяет производить накопление информации об конкретных объектах, находящихся в активной зоне видения системы и с учетом заранее известных погрешностей получать достаточно точную оценку характеристик наблюдаемых объектов, например, расстояние до них.

По результатам экспериментальных исследований АИ ТИС, применяя метод томографического видения окружающего пространства, получены зависимости абсолютного и относительного контрастов, которые для малопрозрачной среды имеют явную асимметрию из-за

воздействия помехи обратного рассеяния. Показана возможность определения расстояния до конкретного объекта наблюдения по максимальному сигналу фотоприемного устройства при соответствующей задержке стробирования.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России по проекту № 8.9562.2017/8.9 и РФФИ в рамках научного проекта № 16-47-700939.

#### 5. Литература

- [1] Горелик С.Л. Телевизионные измерительные системы / С.Л. Горелик, Б.М. Кац, В.И. Киврин. – М.: Связь, 1980. – 168 с.
- [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. –Р. 1 –4.
- [3] Kapustin V.V., Movchan A.K., Zaytseva E.V., Kuryachiy M. I. / Active pulse television measuring systems for ensuring navigation of transport means in heavy weather conditions // Transportation systems and technology. – 2018. – Т. 4. – №. 1. – С. 068-083.
- [4] Левин Г.Г., Вишняков Г.Н. Оптическая томография. М.: Радио и связь, 1989.-224 с.
- [5] Wang Xinwei, Zhou Yan, Fan Songtao, Liu Yuliang, Liu Hongjun. «Echo Broadening Effect in Range-Gated Active Imaging Technique» Proc. of SPIE Vol. 7382 738211-9 (2009).

#### Об авторах

Мовчан Андрей Кириллович, аспирант кафедры телевидения и управления (ТУ) ТУСУР. E-mail: mr.movchann@mail.ru.

Капустин Вячеслав Валериевич, к.т.н., младший научный сотрудник кафедры ТУ ТУСУР. E-mail: peregnun@mail.ru.

Курячий Михаил Иванович, к.т.н., с.н.с., доцент кафедры ТУ ТУСУР. E-mail: kur@tu.tusur.ru.