

УДК [UDK] 621.397:004.932.2
DOI 10.17816/transsyst2018041068-083

© **В.В. Капустин, А.К. Мовчан, Е.В. Зайцева, М.И. Курячий**
Томский государственный университет систем управления
и радиоэлектроники

Томск, Россия

АКТИВНО-ИМПУЛЬСНЫЕ ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАВИГАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В СЛОЖНЫХ МЕТЕОУСЛОВИЯХ

Аннотация. Представлены результаты исследования активной зоны видения формируемой активно-импульсной телевизионной измерительной системой в условиях пониженной прозрачности среды распространения.

Цель: Повысить эффективность подавления помехи обратного рассеяния активно-импульсными телевизионными измерительными системами для обеспечения навигации транспортных средств в сложных метеоусловиях.

Методы: Моделирование активной зоны видения с учетом ослабления световой энергии пропорционально квадрату расстояния и затухания, вызванного средой распространения. Экспериментальные исследования макета активно-импульсной телевизионной измерительной системы в большой аэрозольной камере в условиях плотного тумана и дыма.

Результаты: Построенная модель активной зоны видения позволила оценить изменения распределения световой энергии наблюдаемого слоя пространства в зависимости от дальности наблюдения и прозрачности среды распространения излучения. При равной длительности импульсов подсвета и стробирования фотоприемного устройства в условиях плотного тумана выявлена большая остаточная помеха обратного рассеяния, область максимальной интенсивности отраженного от объектов излучения сместилась от дистанции, соответствующей задержке стробирования. Сокращение длительности импульса подсвета привело к увеличению эффективности подавления помехи обратного рассеяния, к улучшению контраста изображения и к повышению точности определения расстояния до наблюдаемых объектов.

Выводы: Применение результатов исследования позволяет повысить эффективность подавления помехи обратного рассеяния активно-импульсными телевизионными измерительными системами в сложных метеоусловиях для обеспечения навигации транспортных средств.

Ключевые слова: помеха обратного рассеяния, контраст, активная зона видения, сложные метеоусловия, активно-импульсная телевизионная измерительная система.

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

© V.V. Kapustin, A.K. Movchan, E.V. Zaytseva, M.I. Kuryachiy
Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics

Tomsk, Russia

ACTIVE PULSE TELEVISION MEASURING SYSTEMS FOR ENSURING NAVIGATION OF TRANSPORT MEANS IN HEAVY WEATHER CONDITIONS

This paper presents research results of the Active Vision Area, formed by the Active Pulse Television Measuring System in conditions of decreased transparency of propagation medium.

Aim: To increase backscatter interference suppression efficiency by the Active Pulse Television Measuring System for ensuring navigation of transport means in heavy weather conditions.

Methods: Simulation of Active Vision Area considering light energy attenuation is proportionate to the square of distance and attenuation caused by propagation atmosphere. Performance of experimental researches with the Prototype of Active Pulse Television Measuring System using Big Aerosol Chamber, simulating dense fog and smoke conditions.

Results: The designed model of Active Vision Area allowed estimating the changes of light energy distribution in the observed space layer depending on range of observation and transparency of radiation propagation medium. With equal duration values of the illumination and strobing pulses of the photodetector in conditions of dense fog, significantly big residual backscatter interference was revealed, maximum intensity area of the radiation reflected from objects was displaced from a distance of strobing delay. Illumination pulse duration reduction led to increase of backscatter interference suppression efficiency, improvement of image contrast and increase of accuracy of determination of distance to the observed objects.

Conclusion: The increase of backscatter interference suppression efficiency by the Active Pulse Television Measuring System for ensuring navigation of transport means in heavy weather conditions is a relevant task

Keywords: backscatter interference, contrast, active vision area, heavy weather conditions, active pulse television measuring system.

В настоящее время в науке и технике все шире распространяются системы технического видения, способные эффективно решать задачи поиска, обнаружения и распознавания объектов наблюдения в плохих метеорологических условиях видимости (при тумане, дымке, пыли, снегопаде).

Дальность действия и вероятность распознавания объектов традиционными телевизионными системами наблюдения значительно ограничивается в условиях пониженной прозрачности среды распространения. Основной причиной ограничения дальности обнаружения и идентификации объ-

ектов наблюдения в сложных условиях видимости является воздействие помехи обратного рассеяния [1].

Помеха обратного рассеяния 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 наблюдения [2].

Есть широкий спектр систем наблюдения для работы в сложных условиях видимости:

- пассивные и пассивно-активные низкоуровневые телевизионные системы;
- активно-импульсные телевизионные измерительные системы (АИ ТИС);
- тепловизионные системы.

АИ ТИС эффективно устраняют помеху обратного рассеяния и не чувствительны к низким температурным контрастам в отличие от тепловизионных систем. Принцип работы АИ ТИС основан на импульсном подсвете пространства и стробировании по времени фотоприемного устройства, оснащенного быстродействующим затвором.

Сущность метода сводится к следующему. Объект наблюдения освещается световыми импульсами, длительность которых значительно меньше времени распространения света до объекта и обратно. 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 вокруг него. Глубина этого пространства определяется как временем открытого состояния затвора, так и длительностью светового импульса [3].

В качестве фотоприемного устройства в АИ ТИС, как правило, применяются электронно-оптический преобразователь (ЭОП), работающий в импульсном режиме. ЭОП в АИ ТИС выполняет роль быстродействующего электронного затвора и усилителя яркости изображения. Для получения видеосигнала ЭОП согласуется с телевизионной камерой. Согласование возможно путем стыковки через волоконно-оптический прибор (фокон), прямой стыковкой ЭОП со светочувствительным элементом ТВ камеры или с использованием линзового согласующего объектива.

Применение линзового согласующего объектива обусловлено возникновением сильных потерь в энергетике переносимого оптического изображения. Согласование путем стыковки через фокон или прямой стыковкой ЭОП со светочувствительным элементом ТВ-камеры не позволяет быстро заменять компоненты устройства (так как это немодульная конструкция) и повышает его стоимость [4, 5].

В качестве устройства подсвета для АИ ТИС в основном применяются осветители на базе лазеров или светодиодов, работающих в импульсном режиме. Длительность импульсов подсвета может составлять десятки или единицы наносекунд, что позволяет добиться высокой импульсной мощности, а малое время экспозиции фотоприемника значительно снижает чувствительность системы к фоновому излучению [6].

В зависимости от назначения АИ ТИС могут использоваться в воздушных, наземных, подземных, надводных и подводных условиях их применения.

Повысить дальность видения АИ ТИС можно путем как повышения мощности подсвета, так и уменьшения углов излучения подсвета и приема отраженного излучения.

Наиболее целесообразным решением при значительных мощностях излучения подсвета является схема группового модуля устройства осветителя. Осветитель, выполненный по этой схеме, состоит из ряда стандартных модулей с взаимно параллельными оптическими осями.

Каждый модуль имеет объектив и излучатель, содержащий решетку лазерных диодов с интегратором или без него. Излучение всех модулей суммируется в едином угле подсвета, равном углу подсвета одного модуля. Такая схема осветителя обеспечивает его минимальные продольные габариты, простую схему объектива формирования излучения. Схема удобна также высокой ремонтпригодностью, так как при выходе из строя одного модуля его легко можно заменить на другой [7].

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

В активно-импульсном режиме управление дальностью наблюдения АИ ТИС происходит путем изменения задержки открытия затвора фотоприемника относительно импульса подсвета (задержки стробирования). Регулировка задержки стробирования ЭОП позволяет получить информацию о дальности до объекта наблюдения с погрешностью, которая будет зависеть от глубины и формы активной зоны видения системы.

Управление задержкой стробирования ЭОП в АИ ТИС может быть реализовано в ручном и полуавтоматическом режимах с использованием программируемой логики.

В ручном режиме управления задержка импульсов стробирования, предварительно установленная на выбранной величине, вручную плавно и непрерывно или дискретно и ступенчато увеличивается или уменьшается до величины, соответствующей максимальной или минимальной дальности действия АИ ТИС. При изменении задержки зона наблюдения непрерывно или дискретно смещается по дальности и совмещается оператором с выбранным объектом интереса. Данный режим работы системы предпола-

гает постоянное участие оператора и неэффективен при высокой скорости движения объекта.

В полуавтоматическом режиме управления периодически изменяется задержка импульсов стробирования, сканируется зона наблюдения от минимальной до максимальной дальности действия системы и обнаруживается объект по глубине дальности видимости. Данный режим не требует постоянного участия оператора и может быть использован при высокой скорости движения объекта.

Активная зона видения АИ ТИС

Форма активной зоны видения в общем случае будет представлять собой результат свертки импульса подсвета S_L с импульсом стробирования ЭОП S_g . Если импульсы имеют прямоугольную форму и одинаковую длительность, то активная зона видения будет иметь форму треугольника (рис. 1).

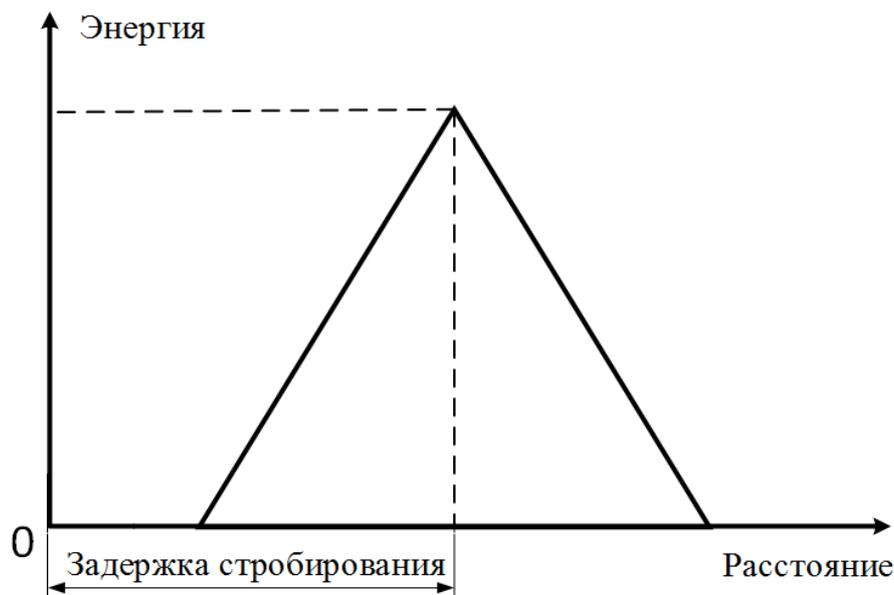


Рис. 1. Активная зона видения для прямоугольных импульсов подсвета и стробирования при $\tau_L = \tau_g$ без учета ослабления световой энергии

Поскольку импульс излучения подсвета, отраженный от объекта, расположенного на расстоянии, соответствующем задержке стробирования ЭОП, будет приниматься в течение всего времени открытого состояния ЭОП, когда длительности импульсов равны, центр активной зоны видения будет обладать максимальной энергией в одной точке и соответствовать задержке стробирования ЭОП [8].

Глубина активной зоны видения d_z будет зависеть от суммарной длительности импульсов подсвета и стробирования ЭОП

$$d_z = \frac{(\tau_L + \tau_g) \cdot c}{2}, \quad (1)$$

где τ_L – длительность импульса подсвета;

τ_g – длительность импульса стробирования ЭОП;

c – скорость света.

Если длительность импульса подсвета меньше длительности импульса стробирования ЭОП, активная зона видения приобретает форму трапеции. Область максимальной энергии будет обладать некоторой протяженностью, а точка, соответствующая задержке стробирования ЭОП, будет расположена в начале области максимальной энергии (рис. 2) [9].



Рис. 2. Активная зона видения для прямоугольных импульсов подсвета и стробирования при $\tau_L < \tau_g$

Начальная точка активной зоны видения d_{zstart} при любых соотношениях длительностей зависит от длительности импульса подсвета и определяется выражением

$$d_{zstart} = \frac{(t_D - \tau_L) \cdot c}{2}, \quad (2)$$

где t_D – задержка стробирования ЭОП;

τ_L – длительность импульса подсвета;

c – скорость света.

На рис. 3 приведены выражения, при помощи которых можно вычислить основные точки активной зоны видения при $\tau_L < \tau_g$ для сигналов прямоугольной формы.

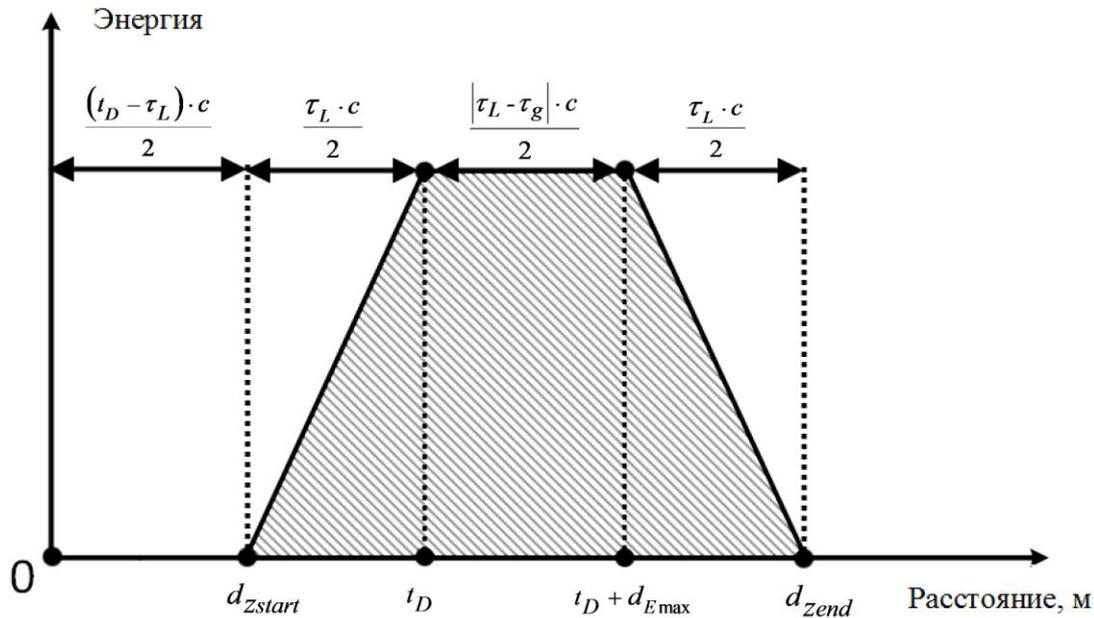


Рис. 3. Расчет основных точек зоны для $\tau_L < \tau_g$

На практике при распространении излучения в атмосфере ослабление его интенсивности определяется двумя сомножителями, один из которых обратно пропорционален квадрату расстояния до объекта, а второй содержит экспоненту с отрицательным показателем. Поэтому с уменьшением прозрачности атмосферы искажение формы активной зоны видения будет усиливаться [10].

Кроме того, прямоугольные импульсы малой длительности с высокой амплитудой технически трудно реализовать, поэтому при расчете активной зоны видения необходимо учитывать длительность фронтов импульсов, которые будут влиять на форму активной зоны видения.

Для расчета формы активной зоны видения с учетом ослабления световой энергии подсвета пропорционально квадрату расстояния и затухания в замутненной среде распространения используем выражение

$$S_Z(L) = \frac{1}{L^2 \cdot \sigma^2(L)} \cdot \int_0^{\tau} S_g \left(t + \frac{2L}{10^{-9} c} \right) \cdot S_L(t) dt, \quad (3)$$

где τ – время интегрирования;
 L – расстояние;
 $S_L(t)$ – сигнал подсвета;

$S_g(t)$ – сигнал стробирования ЭОП;

$\sigma(L)$ – коэффициент оптического ослабления среды распространения.

На рис. 4 приведен результат расчета активных зон видения для расстояний 15 м (зона 1) и 30 м (зона 2) при равной длительности импульсов подсвета и стробирования ЭОП (60 нс) с учетом ослабления излучения пропорционально квадрату расстояния и с учетом оптического ослабления в среде распространения (в легком тумане), равного 20 дБ/км.

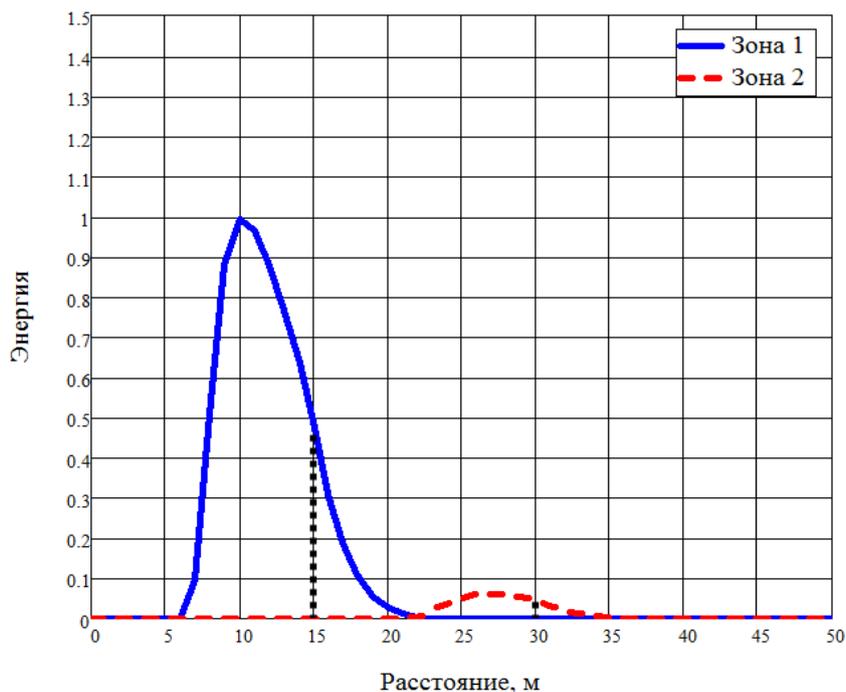


Рис. 4. Модель формы активной зоны видения для дистанций 15 м и 30 м (точками отмечено расстояние, соответствующее задержке стробирования ЭОП)

Таким образом, показано, что на малых дистанциях наблюдения активная зона видения значительно искажается в условиях пониженной прозрачности среды распространения. Область максимальной энергии зоны видения смещается от центра зоны в ее начальную часть, что приводит к усилению остаточной помехи обратного рассеяния, к засветке от ближних объектов, к снижению контраста изображения и к погрешностям в определении расстояния до объектов наблюдения.

Для минимизации последствий искажения активной зоны видения длительность импульсов источника подсвета должна быть уменьшена. Уменьшение длительности импульсов источника подсвета относительно длительности импульсов стробирования ЭОП приведет к увеличению крутизны переднего фронта активной зоны видения и к смещению точки, соответствующей задержке стробирования ЭОП в начальную область активной зоны видения.

На рис. 5 приведен результат расчета активных зон видения для расстояний 15 м (зона 1) и 30 м (зона 2) в параметрах среды распространения. Длительность импульса подсвета уменьшена вдвое – до 30 нс, длительность импульса стробирования ЭОП увеличена до 90 нс.

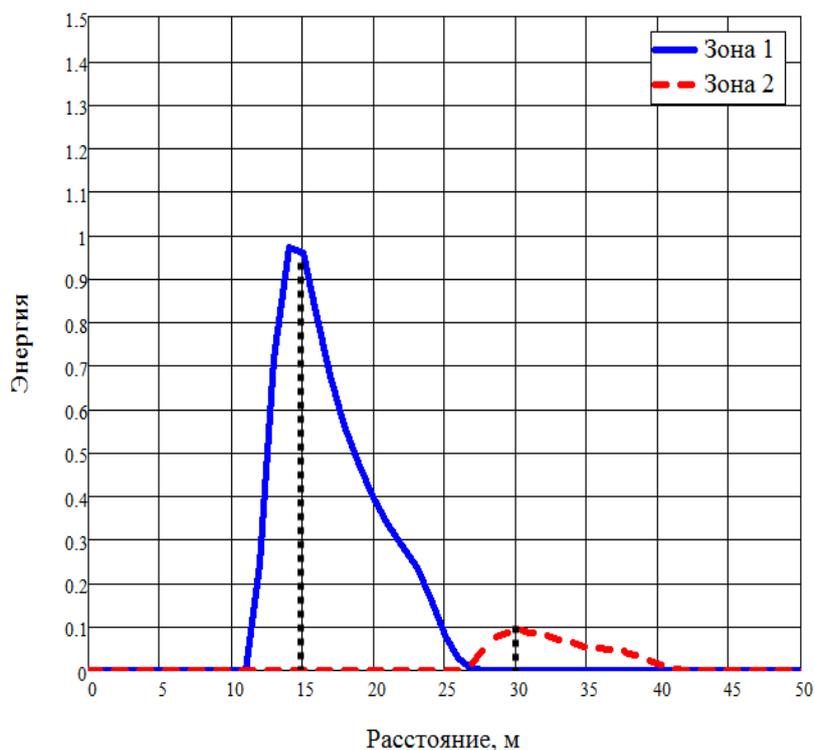


Рис. 5. Модель формы активной зоны видения (искажения скомпенсированы крутизной переднего фронта активной зоны видения)

Экспериментальные исследования макета АИ ТИС

Для апробации результатов моделирования проведены эксперименты в условиях пониженной прозрачности среды распространения при помощи макета АИ ТИС, разработанного на кафедре телевидения и управления ТУСУР при участии авторов.

В составе системы входной объектив, 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 (рис. 6). Устройством подсвета является импульсный лазерный полупроводниковый излучатель (ИЛПИ), работающий в ближнем инфракрасном (ИК) диапазоне.

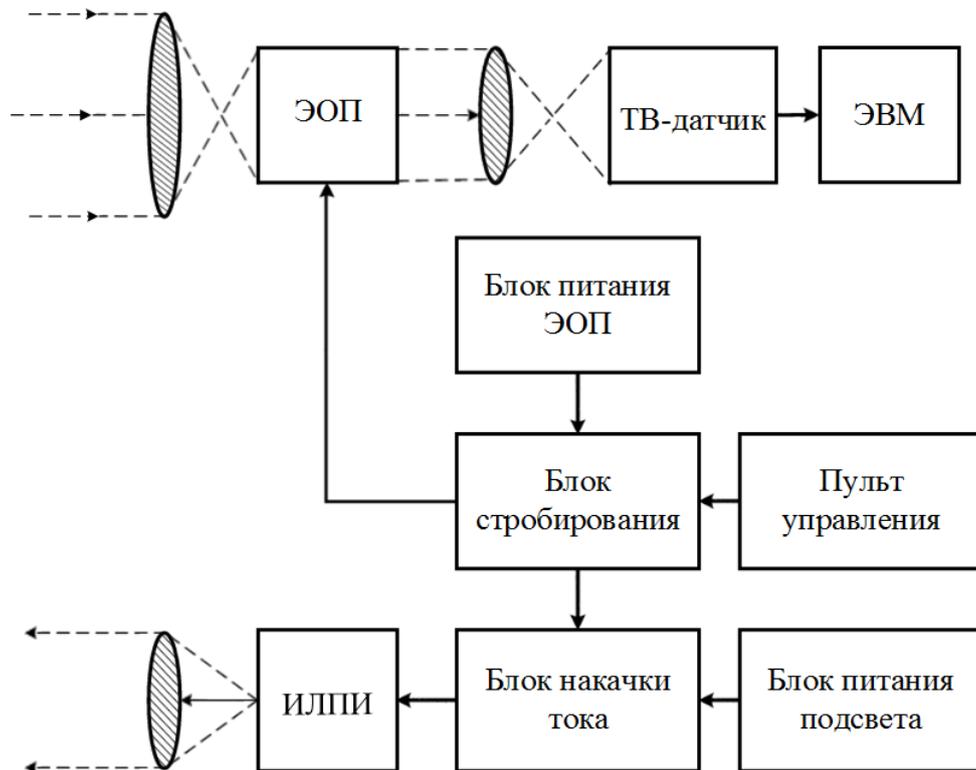


Рис. 6. Структурная схема АИ ТИС

Внешний вид макета АИ ТИС представлен на рис. 7.



Рис. 7. Внешний вид макета АИ ТИС

Основные технические характеристики макета АИ ТИС:

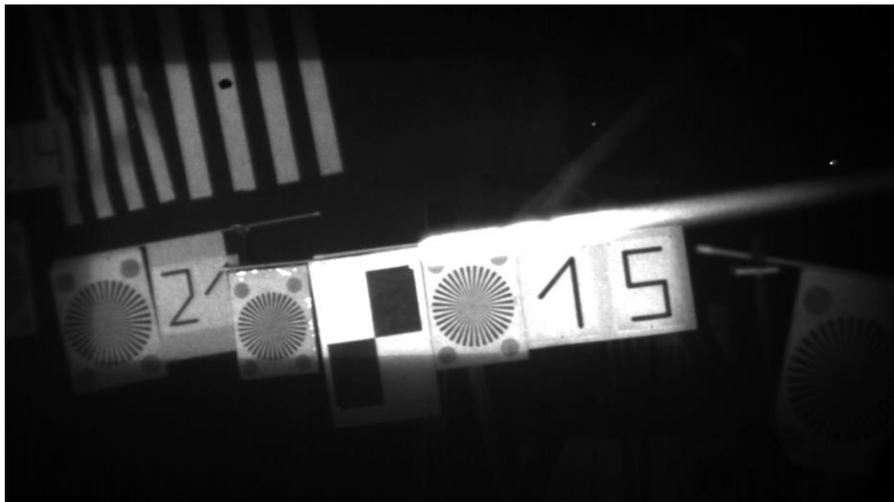
- дальность видения системы до 200 м;
- угол поля зрения системы 6–12°;
- оптическая мощность подсвета в импульсе 320 Вт;
- длина волны излучения подсвета 842 нм;
- частота повторения импульсов подсвета 50–4950 Гц;
- длительность импульса подсвета 30–120 нс;
- длительность импульсов стробирования ЭОП 30–120 нс;
- глубина активной зоны видения 9–36 м.

Экспериментальные исследования активно-импульсной телевизионной системы проводили в большой аэрозольной камере (БАК) Института оптики и атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН.

Туман в БАК имитировался при помощи генератора тумана путем испарения водно-глицериновой смеси. БАК заполнялся дымом за счет сжигания сосновых брусков в специальной печи. Как правило, замутнение среды распространения туманом или дымом продолжалось до момента, когда в активно-непрерывном режиме работы макета АИ ТИС (без стробирования ЭОП, с активным подсветом) визуально невозможно было обнаружить измерительные миры и объекты наблюдения, расположенные в поле зрения системы. После чего в течение 30 мин взвесь аэрозолей равномерно распределялась по всему объему БАК при помощи вентиляторов.

На рис. 8, 9 для сравнения представлена последовательность видимости АИ ТИС в зависимости от режимов работы и прозрачности среды распространения.

а



б

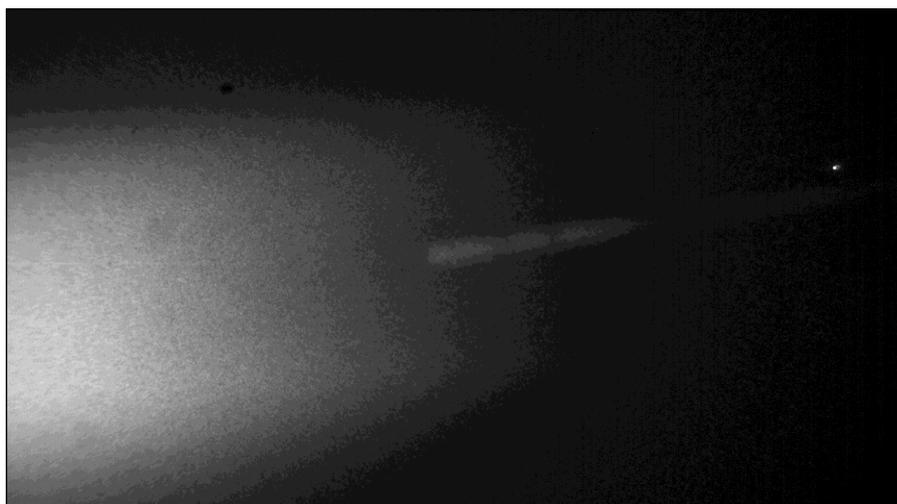


Рис. 8. Активно-непрерывный режим АИ ТИС :
а) нормальная прозрачность среды распространения; б) плотный туман

В ходе эксперимента макета АИ ТИС в БАК для апробации результатов моделирования активной зоны видения регулировалась длительность импульсов подсвета и стробирования ЭОП при постоянной задержке стробирования.

На рис. 10 представлены кадры АИ ТИС в условиях плотного тумана. Объектом наблюдения выступала измерительная мира (помечена прямоугольником), расположенная на дистанции 21 м (задержка стробирования ЭОП 140 нс), длительность импульса стробирования ЭОП 120 нс.

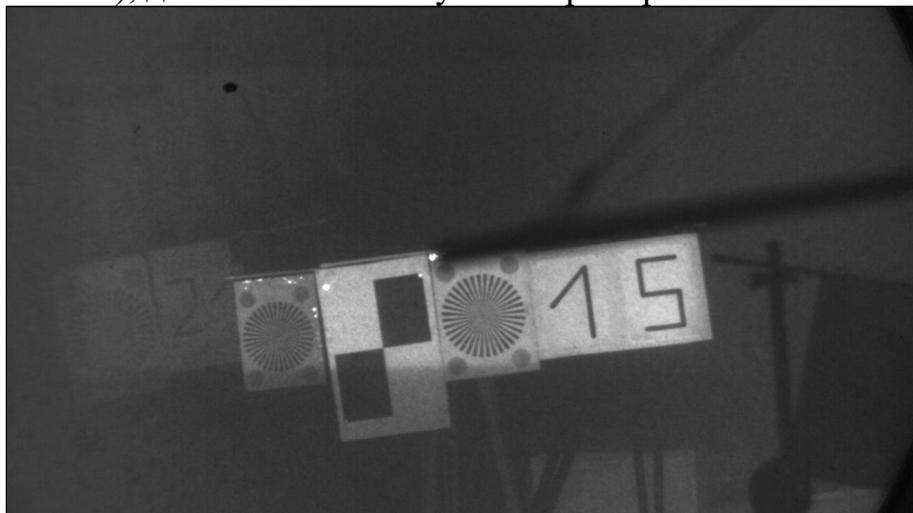


Рис. 9. Активно-импульсный режим АИ ТИС, плотный туман

Как можно заметить на рис. 10, контраст изображения объекта наблюдения, полученного при равной длительности импульсов подсвета и стробирования ЭОП, значительно снижен из-за остаточной помехи обрат-

ного рассеивания, а объекты, обладающие максимальной яркостью в кадре, расположены на дистанции 15 м. Изображение объекта наблюдения, полученное при длительности импульса подсвета 30 нс, напротив, обладает максимальной яркостью в кадре и заметно более контрастно, что в целом подтверждает результаты моделирования активной зоны видения АИ ТИС.

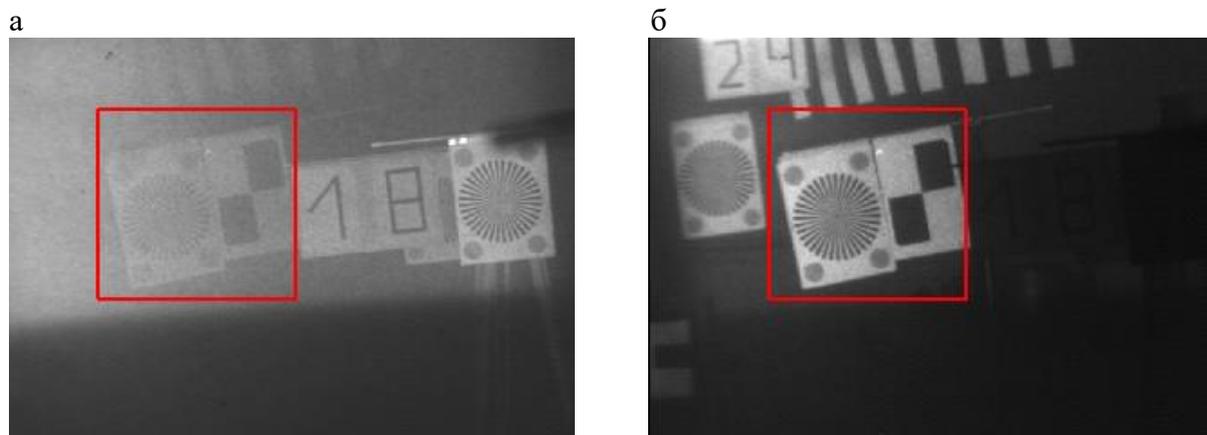


Рис. 10. Изображение объекта наблюдения при длительности импульса подсвета 120 нс (а), 30 нс (б)

Представим результаты измерения цифрового контраста объекта наблюдения в зависимости от длительности импульса подсвета при постоянной длительности импульса стробирования ЭОП (120 нс) и при задержке стробирования (140 нс). При длительности импульса подсвета 120 нс уровень контраста объекта наблюдения составил 97, при 60 нс – 193, при 30 нс – 230.

Выводы

В результате исследования получены модели активных зон видения с учетом ослабления оптического излучения пропорционально квадрату расстояния и его затухания в среде распространения. Установлено, что если длительность импульса подсвета и импульса стробирования ЭОП равны, то в условиях низкой прозрачности среды распространения форма активной зоны видимости значительно искажается. Область максимальной энергии зоны видения смещается от центра зоны в ее начальную часть, что приводит к усилению остаточной помехи обратного рассеяния и, соответственно, к снижению контраста изображения объекта наблюдения. Уменьшение длительности импульса подсвета относительно длительности импульса стробирования ЭОП приводит к увеличению крутизны переднего фронта активной зоны видения и к концентрации максимума энергии в точке, соответствующей временной задержке стробирования ЭОП. Высокая крутизна переднего фронта активной зоны видения позволяет более эффективно устранять помеху обратного рассеяния, а максимальная энер-

гия в точке, соответствующей временной задержке стробирования ЭОП, повышает точность определения расстояния до объектов наблюдения. Результаты моделирования подтверждены экспериментальными исследованиями макета АИ ТИС, что позволяет сделать вывод о возможности построения эффективных систем навигации транспортных средств в сложных метеоусловиях с использованием АИ ТИС.

Библиографический список

1. Мищенко Н.И., Пустынский И.Н., Капустин В.В. Методы и средства повышения эффективности активно-им-пульсных телевизионно-вычислительных систем мониторинга и обеспечения безопасности объектов // Докл. Томск. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. – 2016. – Т. 19, № 3. – С. 42–46.
2. Белов В.В. и др. Активные ТВ-системы видения с селекцией фонов рассеяния // Датчики и системы. – 2012. – № 3. – С. 25–30.
3. Гейхман И.Л., Волков В.Г. Основы улучшения видимости в сложных условиях. – М.: Недра-Бизнесцентр, 1999. – 286 с.
4. Кирпиченко Ю.Р. Минимизация искажений в процессе преобразования изображения с экрана ЭОП в видеосигнал // Электронные средства и системы управления. – 2012. – № 2. – С. 150–154.
5. Бузук В.В., Вергилес С.А., Гусаченко А.В. и др. Особенности построения оптических систем низкоуровневых телевизионных камер // Вестн. СГГА, 2002. – Вып. 7. – С. 152–156.
6. Кирпиченко Ю.Р., Курячий М.И., Пустынский И.Н. Видеоинформационные системы наблюдения и контроля при сложных условиях видимости // Докл. ТУСУР. – 2012. – № 2 (26). – Ч. 1. – С. 105–110.
7. Волков В.Г. Лазерные полупроводниковые излучатели для приборов ночного видения // Полупроводниковая светотехника. – 2012. – № 1. – С. 45–50.

References

1. Mishchenko NI, Pustynsky IN, Kapustin VV. *Dokladi Tomskogo gosudarstvennogo universiteta sistem upravleniia i radioelektroniki*. 2016;19(3):42–46. (In Russ.)
2. Belov VV, Matviyenko GG, Pask RYu, Shiyarov DV, Kirpichenko YuR, Kuryachy MI, Pustynsky IN, Shurygin YuA. *Datchiki i sistemy*. 2012;3:25–30. (In Russ.)
3. Geykhman IL, Volkov VG. *Bases of Improvement of Visibility in Difficult Conditions*. Moscow, 1999. 286 p. (In Russ.)
4. Kirpichenko YuR. *Doklady Tomskogo Gosudarstvennogo Universiteta Sistem Upravleniia i Radioelektroniki*. 2012;2:150–154. (In Russ.)
5. Buzuk VV, Vergiles SA, Gusachenko AV. *Vestnik SGGGA*. 2002;7:152–156. (In Russ.)
6. Kirpichenko YuR, Kuryachy MI, Pustynsky IN. *Doklady Tomskogo Gosudarstvennogo Universiteta Sistem Upravleniia i Radioelektroniki*. 2012;2(26):105–110. (In Russ.)
7. Volkov VG. *Poluprovodnikovaiia svetotekhnika*. 2012;1:45–50. (In Russ.)

8. Kapustin V.V., Movchan A.K., Kuryachiy M.I. Vision area parameters analysis for active-pulse television-computing systems // Int. Siberian Conf. Control and Communications (SIBCON), 2017. – P. 1–4.
9. Wang X., Zhou Ya., Fan S., Liu Yu., Liu H. Echo Broadening Effect in Range-Gated Active Imaging Technique. Proc. of SPIE, 2009. – Vol. 7382 738211–8. – P. 1–9. – URL: <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/7382/1/Echo-broadening-effect-in-the-range-gated-active-imaging-technique/10.1117/12.836025.pdf> (12.12.2017).
10. Андреев Ю.М. и др. Лидарные системы и их оптико-электронные элементы. – Томск: Ин-т оптики атмосферы СО РАН, 2004. – 526 с.
8. Kapustin VV, Movchan AK, Kuryachiy MI. Vision Area Parameters Analysis for Active-Pulse Television-Computing Systems. Int. Siberian Conf. on Control and Communications (SIBCON). 2017. Pp. 1–4.
9. Wang X, Zhou Y, Fan S, Liu Y, Liu H. *Echo Broadening Effect in Range-Gated Active Imaging Technique. Proc. of SPIE*. 2009, vol. 7382 738211-9, pp. 1–9. Available from: <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/7382/1/Echo-broadening-effect-in-the-range-gated-active-imaging-technique/10.1117/12.836025.pdf> (cited 2017Dec 12).
10. Andreyev YuM, Voyevodin VG, Geyko PP, Gorobets VA, Kabanov MV. Lidar Systems and their Optical Electronic Elements. Tomsk, 2004. 526 p. (In Russ.)

Сведения об авторах:

Капустин Вячеслав Валериевич, младший научный сотрудник,
eLibrary SPIN: 7584-3518; ORCID 0000-0002-2293-0511;
E-mail: peregnum@mail.ru

Мовчан Андрей Кириллович, аспирант,
eLibrary SPIN: 7690-0947; ORCID 0000-0002-0020-6354;
E-mail: mr.movchann@mail.ru

Зайцева Екатерина Викторовна, кандидат технических наук, старший преподаватель,
eLibrary SPIN: 4751-6200; ORCID 0000-0002-7944-0468;
E-mail: katerinka_zev@mail.ru

Курячий Михаил Иванович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
доцент
eLibrary SPIN: 1827-7872; ORCID 0000-0002-3970-5644;
E-mail: kur@tu.tusur.ru

Information about authors:

Viacheslav V. KAPUSTIN, Research Assistant,
eLibrary SPIN: 7584-3518; ORCID 0000-0002-2293-0511;
E-mail: peregnum@mail.ru

Andrey K. Movchan, Postgraduate Student,
eLibrary SPIN: 7690-0947; ORCID 0000-0002-0020-6354;
E-mail: mr.movchann@mail.ru

Ekaterina V. Zaytseva, Candidate of Engineering Sciences,
eLibrary SPIN: 4751-6200; ORCID 0000-0002-7944-0468;
E-mail: katerinka_zev@mail.ru

Mikhail I. Kuryachy, Candidate of Engineering Sciences, Senior Research Officer, Associate Professor,
eLibrary SPIN: 1827-7872; ORCID 0000-0002-3970-5644;
E-mail: kur@tu.tusur.ru

Цитировать:

Капустин В.В., Мовчан А.К., Зайцева Е.В., Курячий М.И. Активно-импульсные телевизионные измерительные системы для обеспечения навигации транспортных средств в сложных метеоусловиях // Транспортные системы и технологии. – 2018. – Т. 4, № 1. – С. 68-83. DOI: 10.17816/transsyst2018041068-083.

To cite this article:

Kapustin VV, Movchan AK, Zaytseva EV, Kuryachiy MI. Active Pulse Television Measuring Systems for Ensuring Navigation of Transport Means in Heavy Weather Conditions. *Transportation Systems and Technology*. 2018;4(1):68-83. DOI: 10.17816/transsyst2018041068-083.