

УДК 621.384.3:621.391

**АКТИВНО-ИМПУЛЬСНАЯ СИСТЕМА ВИДЕНИЯ ДЛЯ НОЧНОГО УПРАВЛЕНИЯ  
ТРАНСПОРТОМ В УСЛОВИЯХ МЕТЕОПОМЕХ****Кунцевич Б. Ф.***ГНПО «Оптика, оптоэлектроника и лазерная техника»  
Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация.** Численно исследована возможность использования активно-импульсных систем видения для ночного управления транспортом, в том числе в условиях метеопомех. Для выяснения условий реализации квазиравномерной подсветки рабочая дистанция методом подбора разбивается на необходимое число зон видимости, сигналы от которых автоматически последовательно регистрируются за время формирования видеокadra, позволяя в конечном итоге вычислить «суммарный» сигнал для всей рабочей дистанции. На основе построения суммарного пространственно-энергетического профиля (ПЭП) всей рабочей дистанции продемонстрирован возможный вариант выделения подходящего числа зон видимости и распределения мощности подсветки по зонам для режима движения с ближним светом.

**Ключевые слова:** активно-импульсная система видения, движение с ближним светом, пространственно-энергетический профиль рабочей дистанции.

**ACTIVE-PULSE VISION SYSTEM FOR NIGHT VEHICLE CONTROL IN DIFFICULT WEATHER  
CONDITIONS****Kuntsevich B.***SSPA “Optics, Optoelectronics and Laser Technology”  
Minsk, Republic of Belarus*

**Abstract.** The possibility of using active-pulse vision systems for night transport control, including in conditions of meteorological interference, is numerically investigated. To clarify the conditions for implementing quasi-uniform illumination, the working distance is divided by the selection method into the required number of visibility zones, the signals from which are automatically sequentially recorded during the formation of a video frame, allowing ultimately to calculate the “total” signal for the entire working distance. Based on the construction of the total spatial-energy profile (SEP) of the entire working distance, a possible option for selecting a suitable number of visibility zones and distributing the backlight power by zones for driving modes with low beam is demonstrated.

**Key words:** active-impulse vision system, movement with low beam, spatial-energy profile of the working distance.

*Адрес для переписки: Кунцевич Б. Ф., пр. Независимости, 68-1, г. Минск 220072, Республика Беларусь  
e-mail: boris\_kuntsevich@mail.ru*

В настоящее время активно-импульсные системы видения (АИСВ) широко используются для решения различных научных и практических задач [1]. Кратко их принцип работы можно сформулировать следующим образом. Наблюдаемая область пространства освещается периодически повторяющимися лазерными импульсами, длительность которых  $\Delta t_{\text{лаз}}$  значительно меньше времени  $\Delta t_{\text{об}}$  распространения света до зоны наблюдения и обратно. В приемном блоке в качестве быстродействующего затвора и усилителя принимаемого отраженного светового излучения обычно используется электронно-оптический преобразователь (ЭОП), который синхронно включается с лазерными импульсами на время  $\Delta t_{\text{фп}}$  (строб-импульс фотоприемника), сравнимое с  $\Delta t_{\text{лаз}}$ . Регулировка времени задержки  $\Delta t_{\text{зад}}$  между началами импульсов подсветки и стробирования изменяет расстояние до зоны наблюдения. АИСВ позволяют наблюдать объекты в сравнительно узком слое пространства, называемом зоной видимости (ЗВ).

В последнее время исследуются возможности использования АИСВ для обеспечения безопас-

ного ночного управления транспортом в условиях метеопомех (например, [2]) В данной работе впервые вычисляется пространственно-энергетический профиль (ПЭП) рабочей дистанции (до 50 м; режим движения с ближним светом (ДБ)), представляющий собой сумму ПЭП отдельных зон видимости (ЗВ). За основу взят метод автосканирования рабочей дистанции. В этом случае рабочая дистанция «разбивается» на совокупность отдельных ЗВ, которые за время формирования одного видеокadra (1/25 секунды) последовательно регистрируются.

Величина регистрируемого сигнала  $E(S)$  (т. е. ПЭП) определялась с помощью выражения [3]:

$$E = E_0 S^2 \exp(-2\alpha S) fL(t - 2S/c) G(t - \Delta t_{\text{зад}}) dt \quad (1)$$

где  $S$  – расстояние;  $E_0$  – величина, не зависящая от  $S$ ;  $\alpha$  – показатель ослабления лазерного излучения в атмосфере;  $t$  – время;  $L$  и  $G$  – функции, описывающие временные зависимости интенсивности излучения лазерной подсветки и чувствительности приемного блока (коэффициента усиления яркости ЭОП).

**Результаты расчетов и их обсуждение.** Предполагается, что при ДБС самый близкий предмет находится на расстоянии  $\sim 5$  м. Для определенности выбирая  $\Delta t_{\text{лаз}} = t_{20\text{б}}/4$ , получаем  $\Delta t_{\text{лаз}} \approx 8$  нс. На длительность  $\Delta t_{\text{фп}}$  никаких ограничений не накладывается. Для увеличения длины ЗВ выбрано  $\Delta t_{\text{фп}} = 150$  нс.

При расчетах предполагалось, что подсветка осуществляется лазерным излучением с длиной волны 840 нм. Формы импульса лазерной подсветки и строб-импульса задавались прямоугольными. При расчетах варьировались амплитуда (максимальное значение) мощности импульсов подсветки  $P_{\text{лаз}}$ , число ЗВ и распределение  $P_{\text{лаз}}$  по зонам. Предполагается, что коэффициент усиления яркости ЭОП равен:  $G_m = 40000$  [1]. Значения остальных параметров: метеорологическая дальность видимости  $S_{\text{мдв}} = 20$  км (если не оговорено другое).

На рисунке 1 приведен пример расчета возможной реализации квазиравномерного распределения энергии подсветки при «разбиении» рабочей дистанции на 23 ЗВ. На рисунке 1, а цифрами обозначены вычисленные ПЭП для каждой из зон видимости  $E_n$ . Для упрощения рисунка изображены ПЭП только для трех первых и последних ЗВ. На рисунке 1, б приведен результирующий ПЭП, который представляет собой просуммированный по всем ЗВ сигнал  $E_{\text{сум}}$  для каждого значения расстояния  $S$ . Приведем параметры, которые подбирались при расчетах для каждой ЗВ: 1(2; 1;  $3,9 \cdot 10^{-10}$ ), 2(4; 4;  $3,1 \cdot 10^{-10}$ ), 3(6; 6;  $2,2 \cdot 10^{-10}$ ), 4(8; 9;  $1,8 \cdot 10^{-10}$ ), 5(10; 12;  $1,5 \cdot 10^{-10}$ ), 6(12; 15;  $1,3 \cdot 10^{-10}$ ), 7(14; 18;  $1,2 \cdot 10^{-10}$ ), 8(16; 22;  $1,1 \cdot 10^{-10}$ ), 9(18; 25;  $1,0 \cdot 10^{-10}$ ), 10(20; 29;  $9,2 \cdot 10^{-11}$ ), 11(22; 33;  $8,8 \cdot 10^{-11}$ ), 12(24; 37;  $8,3 \cdot 10^{-11}$ ), 13(26; 40;  $7,7 \cdot 10^{-11}$ ), 14(28; 43;  $7,1 \cdot 10^{-11}$ ), 15(30; 47;  $6,7 \cdot 10^{-11}$ ), 16(32; 50;  $6,2 \cdot 10^{-11}$ ), 17(34; 52;  $5,8 \cdot 10^{-11}$ ), 18(36; 53;  $5,2 \cdot 10^{-11}$ ), 19(38; 55;  $4,9 \cdot 10^{-11}$ ), 20(40; 57;  $4,6 \cdot 10^{-11}$ ), 21(42; 61;  $4,5 \cdot 10^{-11}$ ), 22(44; 63;  $4,2 \cdot 10^{-11}$ ), 23(46; 67;  $4,1 \cdot 10^{-11}$ ). Здесь введены обозначения: число перед круглой скобкой обозначает номер зоны видимости  $n$ ; в круглых скобках: первое число – расстояние задержки  $S_{\text{зад}} = c\Delta t_{\text{зад}2}$  (в м); второе число – коэффициент  $k$ , на который надо умножить амплитуду мощности подсветки для соответствующей зоны по сравнению с амплитудой мощности для первой зоны (для 1-й ЗВ  $k = 1$  для метеорологической дальности видимости  $S_{\text{мдв}} = 20$  км); третье число – выбранное максимальное значение энергии подсветки  $E_{\text{макс}}$  (в Дж) для соответствующей ЗВ. Для простоты при увеличении номера зоны на единицу значение  $S_{\text{зад}}$

увеличивается на 2 м. Коэффициенты  $k$  подбирались численным путем. Из рисунка 1, б следует, что на малых дистанциях глубина модуляции суммарного ПЭП  $E_{\text{сум}}$  максимальна. Для уменьшения глубины модуляции в этом диапазоне использованный шаг приращения  $S_{\text{зад}}$  в 2 м можно заменить на 1 м. Таким образом, рисунок 1, б свидетельствует о возможности реализации квазиравномерной яркости изображения в режиме ДБС путем регистрации за время одного кадра совокупности зон видимости (автосканирования) с указанными выше подобранными параметрами.

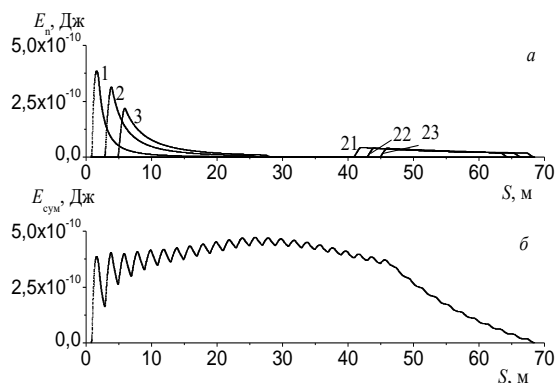


Рисунок 1 – Зависимости величин регистрируемых сигналов  $E_n$  для трех первых и последних зон видимости (а), а также результирующего сигнала  $E_{\text{сум}}$  (б) от расстояния  $S$

Дополнительные расчеты показали возможность реализации квазиравномерной подсветки рабочей дистанции при  $S_{\text{мдв}} = 0,35$  км (обычный туман) и  $S_{\text{мдв}} = 0,10$  км (густой туман). В последнем случае для реализации сравнительного большого максимального значения  $k = 1638$  потребуются дополнительные технические решения (например, увеличение числа лазеров подсветки).

#### Литература

1. Волков, В. Г. Новые лазерные приборы наблюдения / В. Г. Волков, Б. А. Случак // Контенант. – 2016. – Т. 15, № 3. – С. 62–70.
2. Случак, Б. А. Оптико-электронный прибор для ночного управления транспортом в условиях метеопомех / Б. А. Случак, В. О. Умнов // XXXIII Международная конференция «Лазеры в науке, технике, медицине»: сборник научных трудов. – Т. 33; под ред. В. А. Петрова. – М, 2023. – С. 91–96.
3. Кунцевич, Б. Ф. Особенности пространственно-энергетического профиля сигнала, регистрируемого актино-импульсными системами видения, при учете энергии шумового порога // Журн. прикл. спектр. – 2022. – Т. 89, № 2. – С. 869–877.