

АНАЛИЗ УСТАНОВОК ПО КОНТРОЛЮ ОТНОШЕНИЯ «СИГНАЛ – ШУМ» ВАКУУМНОГО БЛОКА ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Олег Александрович Квитовский

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, магистрант кафедры фотоники и приборостроения, тел. (999)464-57-81, e-mail: kvitovskij.O.A@yandex.ru

Дмитрий Михайлович Никулин

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры фотоники и приборостроения, тел. (923)240-44-45, e-mail: dimflint@mail.ru

В статье рассмотрены и проведено сравнение различных установок по измерению отношения сигнал-шум электронно-оптического преобразователя. Проанализированы преимущества и недостатки, описанные в ГОСТ 21815.19-90 конструкций установок по контролю отношения сигнал-шум. Обозначены перспективы совершенствования метода измерения отношения сигнал-шум электронно-оптического преобразователя.

Ключевые слова: электронно-оптический преобразователь, отношение сигнал-шум.

ANALYSIS OF INSTALLATIONS TO CONTROL THE OF RATION SIGNAL-TO-NOISE OF VACUUM UNIT ELECTRO-OPTICAL CONVERTER

Oleg A. Kvitovskiy

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Graduate, Department of Photonics and Device Engineering, phone: (999)464-57-81, e-mail: kvitovskij.O.A@yandex.ru

Dmitry M. Nikulin

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Photonics and Device Engineering, phone: (923)240-44-45, e-mail: dimflint@mail.ru

The article considers and compares different installations to measure the signal-to-noise ratio of the electron-optical converter. Advantages and disadvantages described in State Standard 21815.19-90 of the installations design for signal-to-noise ratio control are analysed. Prospects for improving the method of measuring the signal-to-noise ratio of the electron-optical converter are outlined.

Key words: electron-optical converter, signal-to-noise ratio.

Введение

В реалиях современного рынка возрастают требования к качеству электронно-оптических преобразователей [1-3]. Связано это с конкуренцией и появ-

лением более современных моделей инфракрасной техники и электронной оптики, обладающих высокими техническими характеристиками [4-7]. Это требует от производителей электронно-оптических преобразователей (ЭОП), используемых в приборах ночного видения (ПНВ), повышать их технические характеристики, в том числе и для приборов низкого ценового сегмента.

Повышение требований потребителей к качеству ПНВ, обязывает производителей к использованию большого количества оборудования, обеспечивающего контроль всех технических характеристик ЭОП на каждом этапе его производства. Это также необходимо и для своевременного внедрения корректирующих действий для исключения издержек на производстве.

В рамках данной статьи рассматриваются методы контроля отношения сигнал-шум в ЭОП согласно ГОСТ 21815.19-90 «Преобразователи электронно-оптические. Методы измерения отношения сигнал-шум».

Отношение сигнал-шум ЭОП – приведенное ко входу отношение средней яркости на выходе ЭОП к среднему квадратическому значению отклонения яркости на выходе от среднего значения, измеренного при заданных освещенности на входе и полосе частот [8].

Сравнение методов

В ГОСТ 21815.19-90 описаны два метода измерения отношения сигнал-шум, отличающиеся, в первую очередь, расположением анализирующей диафрагмы [9].

Первый метод предполагает расположение анализирующей диафрагмы после ЭОП и перед приемным устройством. Схема такой установки представлена на рис. 1.

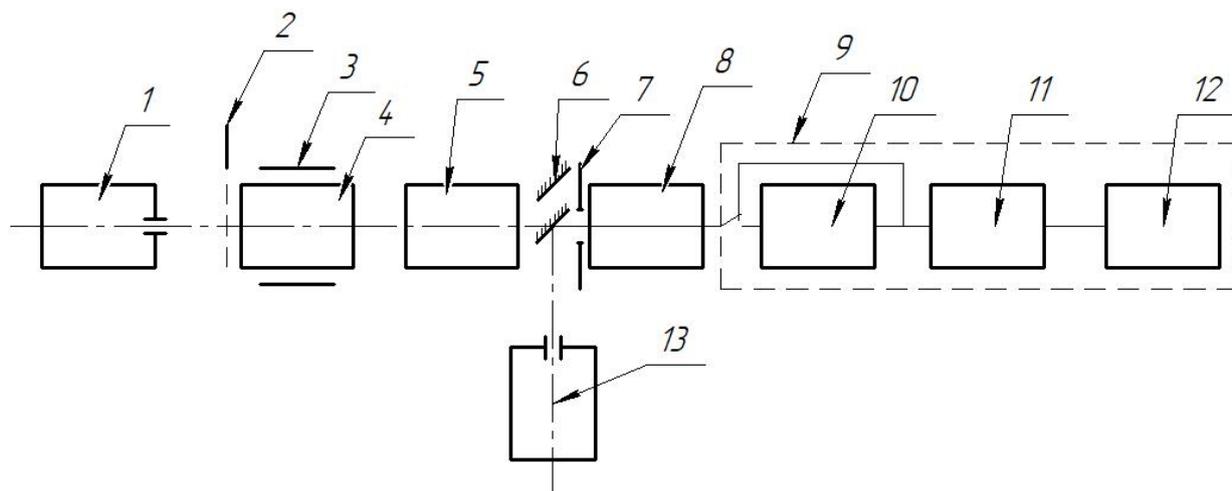


Рис. 1. Структурная схема установки по первому методу измерения:

1 – источник света; 2 – непрозрачный диск; 3 – держатель; 4 – ЭОП; 5 – блок переноса изображения; 6 – зеркало; 7 – анализирующая диафрагма; 8 – фотоприемное устройство; 9 – измерительный блок; 10 – фильтр нижних частот; 11 – интегратор; 12 – измерительный прибор; 13 – вспомогательный источник света

Второй метод измерений подразумевает установку анализирующей диафрагмы перед ЭОП. Схема такой установки приведена на рис. 2.

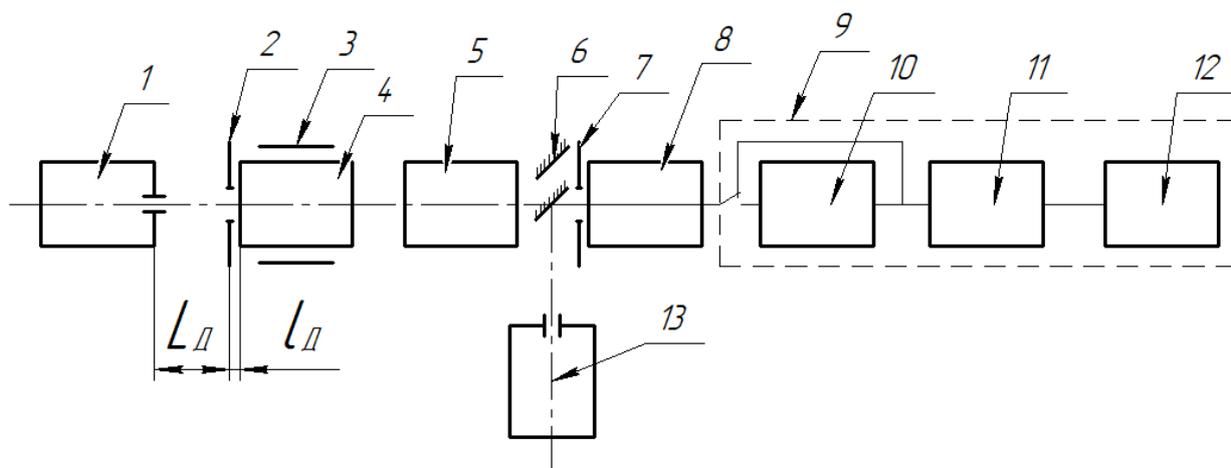


Рис. 2. Структурная схема установки по второму методу измерения:

1 – источник света; 2 – анализирующая диафрагма; 3 – держатель; 4 – ЭОП; 5 – блок переноса изображения; 6 – зеркало; 7 – ограничивающая диафрагма; 8 – фотоприемное устройство; 9 – измерительный блок; 10 – фильтр нижних частот; 11 – интегратор; 12 – измерительный прибор; 13 – вспомогательный источник света

Помимо отличия в расположении диафрагм, также существуют особенности, которые требуется учитывать при измерении отношения сигнал-шум.

В первом методе измерения диаметр анализирующей диафрагмы, приведенный ко входу ЭОП ($d_{a\text{пр}}$), вычисляют по формуле:

$$d_{a\text{пр}} = \frac{d_a}{\Gamma_э \cdot \Gamma_{бп}}, \quad (7)$$

где d_a – диаметр калиброванного отверстия анализирующей диафрагмы, мм;

$\Gamma_э$ – электронно-оптическое увеличение ЭОП, крат;

$\Gamma_{бп}$ – увеличение блока переноса изображения, крат.

Согласно [9], диаметр анализирующей диафрагмы, приведенной ко входу ЭОП не должен быть более 0,25 мм, а из формулы (1) видно, что её размер зависит, как и от характеристики самого ЭОП, так и вспомогательных устройств, входящих в схему измерительной установки. С учетом того, что ее площадь входит в расчет отношения сигнал-шум формула (2), требуется не только выдержать ограничения по размеру, предъявляемые [9], но и точно измерить ее диаметр. Отношение сигнал-шум, приведённое к площадке на входе ЭОП с диаметром 0.2 мм и к освещенности 10^{-4} лк, рассчитывается по формуле:

$$\varphi = \frac{K_{ш}(U_c - U_T)}{K_c \sqrt{U_{шс}^2 - U_{ша}^2}} \sqrt{\frac{\pi \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-4}}{A \cdot E}}, \quad (2)$$

где φ – отношение сигнал-шум;

$K_{ш}$ – коэффициент усиления измерительного блока при измерении «шума»;

U_c – среднее значение «сигнала» с фотоприемного устройства при освещенном входе ЭОП, В;

U_T – среднее значение «сигнала» с фотоприемного устройства при затемненном непрозрачным диском входе ЭОП, В;

K_c – коэффициент усиления измерительного блока при измерении «сигнала»;

$U_{шс}$ – среднее значение «шума» при освещенном входе ЭОП, В;

$U_{ша}$ – среднее значение аппаратного «шума» при выключенном ЭОП, В;

A – площадь калиброванного отверстия анализирующей диафрагмы, приведенная ко входу ЭОП, мм²;

E – освещенность, установленная на входе ЭОП, лк.

Во втором методе измерения отношения сигнал-шум в схеме установки требуется учитывать не только диаметр анализирующей диафрагмы, приведенной ко входу ЭОП ($d_{а пр}$), но и расстояния: от входа ЭОП до анализирующей диафрагмы l_D и от источника света до анализирующей диафрагмы L_D (рис. 2). Расстояние между анализирующей диафрагмой и входом в ЭОП определяется его конструкцией и глубиной посадки фотокатода. Расстояние, на котором должен находиться осветитель, определяется по формуле:

$$L_D \geq \frac{(d_a + a_H) l_D}{\xi d_a} \cdot 100 \% , \quad (3)$$

где L_D – расстояние между анализирующей диафрагмой и источником света, мм;

l_D – расстояние между отверстием анализирующей диафрагмы и входом ЭОП, мм;

d_a – диаметр калиброванного отверстия анализирующей диафрагмы, мм;

a_H – максимальный размер тела накала лампы или апертурного отверстия источника света, мм;

ξ – допуск на размер теневого изображения калиброванного отверстия.

Несмотря на конструктивные отличия методов, алгоритм измерения отношения сигнал-шум не отличается от первого метода и рассчитывается по одной и той же формуле (2).

При соблюдении требований стандарта разные методы измерения отношения сигнал-шум, дают разные погрешности измерения, представленные в таблице.

Относительная погрешность измерения отношения сигнал-шум в зависимости от принципа измерения и типа ЭОП.

Тип ЭОП	Максимальная относительная погрешность измерения отношения сигнал-шум, %	
	первый метод контроля	второй метод контроля
Однокамерные	±11	±18
Двухкамерный	±12	±20
Трёхкамерный	±14	±22
С микроканальной пластиной (МКП)	±20	±32

Заключение

На основании проведенного анализа установок по контролю отношения сигнал-шум, приведенных в [9], можно сделать следующие выводы:

1. Установка по первому методу с анализирующей диафрагмой, устанавливаемой после ЭОП, имеет меньшие габаритные размеры.

2. Установка по первому методу с анализирующей диафрагмой, устанавливаемой после ЭОП, проста в использовании, так как требуется учитывать только диаметр анализирующей диафрагмы в конструкции установки для возможности контролировать различные типы ЭОП.

3. Погрешность измеренного отношения сигнал-шум на установке по первому методу с анализирующей диафрагмой, устанавливаемой после ЭОП, меньше для всех типов ЭОП (табл. 1).

4. Для современных ЭОП с МКП погрешности измерения отношения сигнал-шум для обоих методов являются довольно грубыми: ±20 % и ±32 % соответственно (табл. 1). За 30 лет существования ГОСТ 21815.19-90 появились революционные технические возможности для более точных измерений оптических характеристик ЭОП, например с использованием ПЗС-матрицы и программного обеспечения [10].

БИблиографический список

1. АО «Катод» каталог электронно-оптических преобразователей [Электронный ресурс]. – URL: <http://katodnv.com/ru/catalog/electronno-optical-converters/>, (дата обращения: 2.04.2020).

2. АО «Экран-оптические системы» каталог электронно-оптических преобразователей 2+ поколения [Электронный ресурс]. – URL: <http://ekran-os.ru/ru/products?id=37#s>, (дата обращения: 2.04.2020).

3. Photonis Military Image Intensifier Tubes [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.photonis.com/products/night-vision-solutions/military-image-intensifier-tubes> (дата обращения: 2.04.2020).

4. Государственный научный центр Российской Федерации АО «НПО «Орион» продукция [Электронный ресурс]. – URL: <http://orion-ir.ru/production/opticheskie-pribory/> (дата обращения: 2.04.2020).

5. Войцеховский А.В., Кульчицкий Н.А., Мельников А.А., Несмелов С.Н., Неохлаждаемые микроболометры на основе поликристаллического SiGe для инфракрасного диапазона – Материалы Международной научно-технической конференции, 2 – 6 декабря – 2013 г – С. 212–221.

6. Кульчицкий Н.А., Наумов А.В., Старцев В.В., Рынок неохлаждаемых микроболометров для ИК-камер: тенденции и перспективы – ЭЛЕКТРОНИКА: НАУКА, ТЕХНОЛОГИЯ, БИЗНЕС – РИЦ Техносфера – 2019 – №1 – С. 156-164

7. Пономаренко В. П., Филачев А. М. Инфракрасная техника и электронная оптика. Становление научных направлений. 1946-2016 – М.: Физматкнига – 2016 — 417 с.

8. ГОСТ 19803-86 Преобразователи электронно-оптические. Термины, определения и буквенные обозначения.

9. ГОСТ 21815.19-90 Преобразователи электронно-оптические. Методы измерения отношения сигнал-шум. – Государственные стандарт СССР – Введ. 22.04.1991 – Издательство стандартов, 1991. – 16 с.

10. Никулин Д.М., Райхерт В.А., Звягинцева П.А. Метод измерения коэффициента неравномерности яркости поля зрения электронно-оптического преобразователя. – Перспективы науки – №10 – 2019 – С.114-117

© О. А. Квитовский, Д. М. Никулин, 2020