



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ  
СОЮЗА ССР

---

**ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ  
ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИЕ**  
МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ОТНОШЕНИЯ СИГНАЛ—ШУМ  
ГОСТ 21815.19—90

Издание официальное

40 коп. БЗ 12—90/997

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО УПРАВЛЕНИЮ  
КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ И СТАНДАРТАМ  
Москва

**ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИЕ**

**Методы измерения отношения сигнал—шум**  
Image intensifier and image converter tubes  
Methods of measuring the signal-to-noise ratio

**ГОСТ**  
**21815.19—90**

ОКП 1930

Дата введения 01.01.93

Настоящий стандарт распространяется на электронно-оптические преобразователи (далее—ЭОП), предназначенные для применения в приборах видения, и устанавливает методы измерения отношения сигнал—шум (С/Ш):

с анализирующей диафрагмой, расположенной перед фотоприемным устройством;

с анализирующей диафрагмой, расположенной перед входом ЭОП.

Общие требования к проведению измерений и требования безопасности по ГОСТ 21815.0.

Термины, применяемые в настоящем стандарте, и их пояснения приведены в приложении 1 настоящего стандарта и ГОСТ 19803.

Требования настоящего стандарта являются обязательными.

**1. МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ОТНОШЕНИЯ СИГНАЛ—ШУМ  
С АНАЛИЗИРУЮЩЕЙ ДИАФРАГМОЙ ПЕРЕД  
ФОТОПРИЕМНЫМ УСТРОЙСТВОМ**

**1.1. Принцип измерения**

Принцип измерения отношения сигнал—шум с анализирующей диафрагмой, расположенной перед фотоприемным устройством, заключается в измерении значений среднего (СИГНАЛ) и среднего квадратического отклонения (ШУМ) электрического сигнала фотоприемника, пропорционального световому потоку на выходе ЭОП, с последующим вычислением их отношения при заданных

Издание официальное

© Издательство стандартов, 1991

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен без разрешения Госстандарта СССР

значениях освещенности на входе ЭОП и площади анализируемого участка входа ЭОП.

## 1.2. Измерительная аппаратура

1.2.1. В установке для измерения С/Ш следует применять измерительные приборы и вспомогательные устройства в соответствии с черт. 1 и приложением 2.

1.2.2. Рабочий источник света должен работать в режиме источника света с цветовой температурой 2856 К по ГОСТ 7721 и обеспечивать на входе ЭОП заданную освещенность. Значение освещенности устанавливают в стандартах или технических условиях на ЭОП конкретного типа. Предельная погрешность установления освещенности должна находиться в интервале  $\pm 15\%$ . Закон распределения—нормальный.

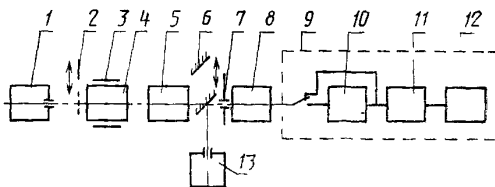
1.2.3. Анализирующая диафрагма должна иметь черную матовую поверхность и калиброванное отверстие, изготовленное с полем допуска Н11. Диаметр калиброванного отверстия, приведенный ко входу ЭОП ( $d_{а пр}$ ), в миллиметрах вычисляют по формуле

$$d_{а пр} = \frac{d_a}{\Gamma_э \Gamma_{б п}}, \quad (1)$$

где  $d_a$  — диаметр калиброванного отверстия анализирующей диафрагмы, мм;

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

$\Gamma_{б п}$  — увеличение блока переноса изображения, крат.



1 — рабочий 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.

Черт. 1

Диаметр калиброванного отверстия анализирующей диафрагмы, приведенный ко входу ЭОП, должен быть не более 0,25 мм. Предельная погрешность определения диаметра  $d_{а пр}$  должна находиться в интервале  $\pm 5\%$ . Закон распределения—нормальный.

1.2.4. Непрозрачный диск должен иметь черную матовую поверхность.

Диаметр непрозрачного диска ( $D_d$ ) должен быть больше диаметра, при этом должно выполняться условие

$$6d_{a \text{ пр}} \geq D_d > 5d_{a \text{ пр}} \quad (2)$$

1.2.5. Держатель ЭОП должен удовлетворять требованиям ГОСТ 21815.0.

1.2.6. Фотоприемное устройство должно иметь линейную световую характеристику в рабочем диапазоне. Предельная случайная составляющая погрешности измерений светового сигнала, вносимая фотоприемным устройством, должна находиться в интервале  $\pm 6\%$ . Закон распределения равномерный.

1.2.7. Блок переноса изображения должен передавать изображение с выхода ЭОП в плоскость анализирующей диафрагмы и иметь линейное поле, обеспечивающее заполнение светом всего отверстия анализирующей диафрагмы.

1.2.8. Измерительный блок, в состав которого должны входить фильтр нижних частот (ФНЧ), интегратор и измерительный прибор, должен иметь следующие основные параметры и характеристики:

частотный диапазон при измерении СИГНАЛА, Гц	0—1,0
частотный диапазон при измерении ШУМА, Гц	0—20
спад амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) на частоте среза 20 Гц, дБ/октаву, не менее	70
нелинейность АЧХ, дБ, не более	0,5
динамический диапазон входных сигналов:	
по каналу измерения СИГНАЛА, дБ, не менее	70
по каналу ШУМ, дБ, не менее	70
время интегрирования:	
по каналу СИГНАЛ, с, не менее	1
по каналу ШУМ, с, не менее	10

Предельная суммарная погрешность, вносимая измерительным блоком в измеряемое отношение сигнал—шум, должна находиться в интервале  $\pm 10\%$ . Закон распределения—нормальный.

1.2.9. Вспомогательный источник света с ненормируемым спектром должен обеспечивать в плоскости анализирующей диафрагмы освещенность, вызывающую в фотоприемном устройстве электрический ток, равный значению тока, полученного при измерении СИГНАЛА при засветке входа ЭОП.

1.3. Подготовка к измерениям

1.3.1. Испытуемый ЭОП устанавливают в держатель, соединяют с источником питания.

1.3.2. На входе ЭОП устанавливают освещенность, указанную в стандартах или технических условиях на ЭОП конкретного типа.

1.3.3. На ЭОП подают напряжения, указанные в стандартах или технических условиях на ЭОП конкретного типа.

134 Центр непрозрачного диска совмещают с центром входа ЭОП

135 Центр отверстия анализирующей диафрагмы совмещают с центром изображения непрозрачного диска на выходе ЭОП

136 Выводят из светового пучка непрозрачный диск

137 Фотоприемное устройство устанавливают в положении, соответствующем максимальному уровню тока в режиме измерения ШУМА

14 Проведение измерений

141 Многократно (не менее 10 раз) измеряют значения ШУМА ( $U_{ш\ c}$ ) при освещенном входе ЭОП

142 Измеряют один раз значение СИГНАЛА ( $U_c$ )

143 Устанавливают перед входом ЭОП непрозрачный диск

144 Измеряют один раз значение СИГНАЛА ( $U_T$ ) с теневого изображения непрозрачного диска на выходе ЭОП

145 Выключают ЭОП

146 Свет от вспомогательного источника света направляют на анализирующую диафрагму В плоскости анализирующей диафрагмы создают освещенность, вызывающую в фотоприемном устройстве электрический ток, равный значению тока, полученного при измерении СИГНАЛА по п 142

147 Многократно (не менее 10 раз) измеряют значения аппаратурного ШУМА ( $U_{ш\ a}$ ) электронного тракта «Фотоприемное устройство — измерительный блок».

15 Обработка результатов

151 Отношение сигнал—шум ( $\psi_B$ ), приведенное к площадке диаметром 0,2 мм на входе ЭОП и к освещенности, равной  $10^{-4}$  лк, вычисляют по формуле

$$\psi_B = \frac{K_{ш}(U_c - U_T)}{K_c \sqrt{U_{ш\ c}^2 - U_{ш\ a}^2}} \sqrt{\frac{\pi \cdot 10^{-2}}{A} \frac{10^{-4}}{E}}, \quad (3)$$

где  $K_{ш}$  — 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;

$U_{ш\ c}$  — среднее значение ШУМА при освещенном входе ЭОП, В;

$U_{ш\ a}$  — среднее значение аппаратурного ШУМА при выключенном ЭОП, В,

$A$  — площадь калиброванного отверстия анализирующей диафрагмы, приведенная ко входу ЭОП, мм<sup>2</sup>,

$E$  — освещенность, установленная на входе ЭОП, лк

Среднее значение ШУМА при освещенном входе ЭОП ( $U_{ш.с}$ ) в вольтах вычисляют по формуле

$$U_{ш.с} = \frac{\sum_{i=1}^m U_{ш.с_i}}{m}, \quad (4)$$

где  $U_{ш.с_i}$  — значение ШУМА  $i$ -го измерения при освещенном входе ЭОП, В;

$m$  — число измерений.

Среднее значение аппаратурного ШУМА ( $U_{ш.а}$ ) в вольтах вычисляют по формуле

$$U_{ш.а} = \frac{\sum_{j=1}^n U_{ш.а_j}}{n}, \quad (5)$$

где  $U_{ш.а_j}$  — значение аппаратурного ШУМА  $j$ -го измерения, В;

$n$  — число измерений.

Площадь калиброванного отверстия анализирующей диафрагмы ( $A$ ), приведенную ко входу ЭОП, в квадратных миллиметрах вычисляют по формуле

$$A = \pi \left( \frac{d_{а.пр}}{2} \right)^2, \quad (6)$$

1.5.2. Относительная погрешность измерения отношения сигнал—шум ( $\varepsilon_{\psi_B}$ ) при соблюдении требований настоящего стандарта при доверительной вероятности  $P=0,95$  находится в интервале:

$\pm 11$  % — для однокамерных ЭОП;

$\pm 12$  % — для двухкамерных ЭОП;

$\pm 14$  % — для трехкамерных ЭОП;

$\pm 20$  % — для ЭОП с микроканальными пластинами.

Закон распределения—нормальный.

## 2. МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ОТНОШЕНИЯ СИГНАЛ—ШУМ С АНАЛИЗИРУЮЩЕЙ ДИАФРАГМОЙ ПЕРЕД ВХОДОМ ЭОП

### 2.1. Принцип измерения

Принцип измерения отношения сигнал—шум с анализирующей диафрагмой перед входом ЭОП заключается в измерении значений среднего (СИГНАЛ) и среднего квадратического отклонения (ШУМ) электрического сигнала фотоприемника, пропорционального световому потоку на выходе ЭОП, с последующим вычислением их отношения при заданных значениях освещенности на входе ЭОП и площади анализируемого участка входа ЭОП.

### 2.2. Измерительная аппаратура

2.2.1. В установке для измерения отношения сигнал—шум сле-

дует применять измерительные приборы и вспомогательные устройства в соответствии с черт. 2.

2.2.2. Анализирующая диафрагма должна иметь черную матовую поверхность и калиброванное отверстие. Диаметр калиброванного отверстия ( $d_a$ ) должен удовлетворять условию

$$0,2 \leq d_a < 0,25. \quad (7)$$

Максимальная погрешность измерения диаметра  $d_a$  должна быть не более 3 %. Закон распределения — нормальный.

Анализирующая диафрагма должна устанавливаться на расстоянии  $L_d$  от источника света. Для исключения погрешности измерений из-за влияния полутеней расстояние  $L_d$  должно удовлетворять условию

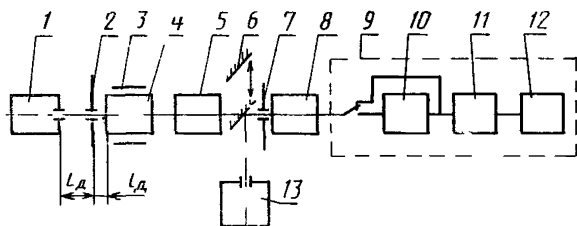
$$L_d \geq \frac{(d_a + a_n) l_d}{\delta d_a} \cdot 100 \%, \quad (8)$$

где  $d_a$  — диаметр калиброванного отверстия анализирующей диафрагмы, мм;

$a_n$  — максимальный размер тела накала лампы или апертурного отверстия источника света, мм;

$l_d$  — расстояние между калиброванным отверстием анализирующей диафрагмы и входом ЭОП, мм;

$\delta$  — допуск на размер теневого изображения калиброванного отверстия ( $\delta = 5 \%$ )



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

Черт. 2

Расстояние между калиброванным отверстием анализирующей диафрагмы и входом ЭОП ( $l_d$ ) в миллиметрах вычисляют по формуле

$$l_d = l_1 + \frac{\Delta C}{n}, \quad (9)$$

где  $l_1$  — расстояние между калиброванным отверстием анализирующей диафрагмы и катодным стеклом ЭОП или входной плоскостью стекловолоконного блока для ЭОП со стекловолоконным входом, мм;

$\Delta C$  — толщина катодного стекла, мм (для ЭОП со стекловолоконным входом  $\Delta C = 0$ );

$n$  — показатель преломления катодного стекла.

2.2.3. Блок переноса изображения должен передавать изображение калиброванного отверстия анализирующей диафрагмы с выхода ЭОП в плоскость ограничивающей диафрагмы.

2.2.4. Ограничивающая диафрагма должна иметь черную матовую поверхность и калиброванное отверстие. Диаметр калиброванного отверстия ограничивающей диафрагмы, приведенный ко входу ЭОП ( $d_{o \text{ пр}}$ ), должен удовлетворять условию

$$2d_a \leq d_{o \text{ пр}} \leq 10d_a. \quad (10)$$

Диаметр калиброванного отверстия ограничивающей диафрагмы, приведенный ко входу ЭОП ( $d_{o \text{ пр}}$ ), в миллиметрах вычисляют по формуле

$$d_{o \text{ пр}} = \frac{d_o}{\Gamma_3 \Gamma_{6 \text{ п}}}, \quad (11)$$

где  $d_o$  — диаметр калиброванного отверстия ограничивающей диафрагмы, мм;

$\Gamma_3$  — электронно оптическое увеличение ЭОП, крат;

$\Gamma_{6 \text{ п}}$  — увеличение блока переноса изображения, крат.

Максимальная погрешность определения диаметра  $d_{o \text{ пр}}$  должна быть не более 5%. Закон распределения — нормальный.

2.2.5. Вспомогательный источник света с ненормируемым спектром должен создавать в плоскости ограничивающей диафрагмы освещенность, вызывающую в фотоприемном устройстве электрический ток, равный значению тока, полученного при измерении СИГНАЛА при засветке входа ЭОП.

2.2.6. Требования к рабочему источнику света, держателю ЭОП, фотоприемному устройству и измерительному блоку по пп. 1.2.2; 1.2.5; 1.2.6; 1.2.8.

2.3. Подготовка к измерениям

2.3.1. Испытуемый ЭОП устанавливают в держатель, соединяют с источником питания.

2.3.2. На входе ЭОП устанавливают освещенность, указанную в стандартах или технических условиях на ЭОП конкретного типа.

2.3.3. Центр отверстия анализирующей диафрагмы совмещают с центром входа ЭОП.

2.3.4. На ЭОП подают напряжения, указанные в стандартах или технических условиях на ЭОП конкретного типа.

2.3.5. Центр отверстия ограничивающей диафрагмы совмещают



с центром изображения анализирующей диафрагмы на выходе ЭОП.

2.3.6. Фотоприемное устройство устанавливают в положении, соответствующем максимальному уровню тока в режиме измерения ШУМА.

2.4. Проведение измерений

2.4.1. Многократно (не менее 10 раз) измеряют значение ШУМА ( $U_{ш\ c_i}$ ) при освещенном входе ЭОП.

2.4.2. Измеряют один раз значение СИГНАЛА ( $U_c$ ).

2.4.3. Выключают осветитель.

2.4.4. Измеряют один раз значение СИГНАЛА ( $U_T$ ) при затемненном входе ЭОП.

2.4.5. Выключают ЭОП.

2.4.6. Свет от вспомогательного источника света направляют на ограничивающую диафрагму. В плоскости ограничивающей диафрагмы создают освещенность, вызывающую в фотоприемном устройстве электрический ток, равный значению тока, полученного при измерении СИГНАЛА по п. 2.4.2.

2.4.7. Многократно (не менее 10 раз) измеряют значение аппаратурного ШУМА ( $U_{ш\ a}$ ) электронного тракта «Фотоприемное устройство—измерительный блок».

2.5. Обработка результатов

2.5.1. Отношение сигнал—шум ( $\psi_B$ ), приведенное к площадке диаметром 0,2 мм на входе ЭОП и к освещенности, равной  $10^{-4}$  лк, вычисляют по формуле

$$\psi_B = \frac{K_{ш}(U_c - U_T)}{K_c \sqrt{U_{ш\ c}^2 - U_{ш\ a}^2}} \sqrt{\frac{\pi \cdot 10^{-2}}{A} \cdot \frac{10^{-4}}{E}}, \quad (12)$$

где  $K_{ш}$  — 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 входе ЭОП, В;

$K_c$  — коэффициент усиления измерительного блока при измерении СИГНАЛА;

$U_{ш\ c}$  — среднее значение ШУМА при освещенном входе ЭОП, В;

$U_{ш\ a}$  — среднее значение аппаратурного ШУМА, В;

$A$  — площадь отверстия анализирующей диафрагмы, мм<sup>2</sup>;

$E$  — освещенность, установленная на входе ЭОП, лк.

Среднее значение ШУМА при освещенном входе ЭОП ( $U_{ш\ c}$ ) в вольтах вычисляют по формуле

$$U_{ш\ c} = \frac{\sum_{i=1}^m U_{ш\ c_i}}{m}, \quad (13)$$

где  $U_{ш\ c_i}$  — значение ШУМА  $i$ -го измерения при освещенном входе ЭОП, В;  
 $m$  — число измерений.

Среднее значение аппаратурного ШУМА ( $U_{ш\ a}$ ) в вольтах вычисляют по формуле

$$U_{ш\ a} = \frac{\sum_{j=1}^n U_{ш\ a_j}}{n}, \quad (14)$$

где  $U_{ш\ a_j}$  — значение аппаратурного ШУМА  $j$ -го измерения, В;  
 $n$  — число измерений.

Площадь отверстия анализирующей диафрагмы ( $A$ ) в квадратных миллиметрах вычисляют по формуле

$$A = \pi \left( \frac{d_a}{2} \right)^2, \quad (15)$$

где  $d_a$  — диаметр отверстия анализирующей диафрагмы, мм.

2.5.2. Относительная погрешность измерения отношения сигнал—шум ( $\epsilon_{\psi_B}$ ) при соблюдении требований настоящего стандарта при доверительной вероятности  $P=0,95$  находится в интервале

- ± 18 % — для однокамерных ЭОП;
- ± 20 % — для двухкамерных ЭОП;
- ± 22 % — для трехкамерных ЭОП;
- ± 32 % — для ЭОП с микроканальными пластинами.

Закон распределения — нормальный.

Расчет погрешности приведен в приложении 3.

ТЕРМИНЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В НАСТОЯЩЕМ СТАНДАРТЕ,  
И ИХ ПОЯСНЕНИЯ

Термин	Буквенное обозначение	Пояснение
Диаметр калиброванного отверстия анализирующей диафрагмы, приведенный ко входу ЭОП	$d_a$ пр	Диаметр калиброванного отверстия анализирующей диафрагмы, пересчитанный ко входу ЭОП с учетом увеличения элементов схемы
Диаметр калиброванного отверстия ограничивающей диафрагмы, приведенный ко входу ЭОП	$d_o$ пр	Диаметр калиброванного отверстия ограничивающей диафрагмы, пересчитанный ко входу ЭОП с учетом увеличения элементов схемы

## СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ

Установка для измерения отношения сигнал—шум — К68.420  
частотный диапазон Гц:

по каналу СИГНАЛ 0—1

по каналу ШУМ 0—20

чувствительность мВ:

по каналу СИГНАЛ, не хуже 1

по каналу ШУМ, не хуже 1

динамический диапазон входных сигналов дБ:

по каналу СИГНАЛ, не менее 70

по каналу ШУМ, не менее 70

## РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ

1. Интервал, в котором с установленной вероятностью находится погрешность измерения отношения сигнал—шум ( $\delta_{\phi_B}$ ), в процентах вычисляют по формуле

$$\delta_{\phi_B} = \pm K_{\Sigma} \sqrt{[a_1 \sigma_{(U_C)}]^2 + [a_2 \sigma_{(U_T)}]^2 + [a_3 \sigma_{(U_{ш\ c})}]^2 + [a_4 \sigma_{(U_{ш\ a})}]^2 + [a_5 \sigma_{(A)}]^2 + [a_6 \sigma_{(E)}]^2}, \quad (16)$$

где  $K_{\Sigma}$  — коэффициент, зависящий от распределения суммарной погрешности  $\delta_{\phi_B}$  и установленной вероятности, с которой определена данная погрешность;

$a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6$  — коэффициенты влияния  $\left( a_1 = \frac{U_C}{U_C - U_T}, a_2 = \frac{U_T}{U_C - U_T}, \right.$

$$a_3 = \frac{U_{ш\ c}^2}{U_{ш\ c}^2 - U_{ш\ a}^2}, \quad a_4 = \frac{U_{ш\ a}^2}{U_{ш\ c}^2 - U_{ш\ a}^2}, \quad a_5 = \frac{1}{2}, \quad a_6 = \frac{1}{2},$$

соответственно);

$\sigma_{(U_C)}$  — среднее квадратичное отклонение (далее — СКО) относительной погрешности измерения  $U_C$ , %;

$\sigma_{(U_T)}$  — СКО относительной погрешности измерения  $U_T$ , %;

$\sigma_{(U_{ш\ c})}$  — СКО относительной погрешности измерения  $U_{ш\ c}$ , %;

$\sigma_{(U_{ш\ a})}$  — СКО относительной погрешности измерения  $U_{ш\ a}$ , %;

$\sigma_{(A)}$  — СКО относительной погрешности вычисления  $A$ , %;

$\sigma_{(E)}$  — СКО относительной погрешности  $E$ , %;

2 СКО относительной погрешности измерения  $U_C$  в процентах вычисляют по формуле

$$\sigma_{(U_C)} = \sqrt{\sigma_{\phi}^2 + \sigma_{\pi}^2}, \quad (17)$$

где  $\sigma_{\phi}$  — СКО относительной погрешности, вносимой фотоприемным устройством. При предельной погрешности фотоприемного устройства, находящейся в интервале  $\pm 6\%$  и равномерном законе распределения погрешностей  $\sigma_{\phi} = \frac{6}{1,73} = 3,47\%$ ;

$$\sigma_{\phi} = \frac{6}{1,73} = 3,47\%$$

$\sigma_{\pi}$  — СКО относительной погрешности, обусловленной режимом питания ЭОП, %

2.1 СКО относительной погрешности ( $\sigma_{\pi}$ ), обусловленной режимом питания ЭОП, в процентах вычисляют по формуле

$$\sigma_{\pi} = \sqrt{a_{\pi}^2 (\sigma_C^2 + \sigma_B^2)}, \quad (18)$$

где  $a_7$  — коэффициент влияния изменения напряжения питания ЭОП на яркость выходной поверхности ЭОП  $a_7=1,75$  — для однокамерных ЭОП;  $a_7=3,5$  — для двухкамерных ЭОП;  $a_7=5$  — для трехкамерных ЭОП;  
 $\sigma_c$  — СКО относительной погрешности, связанной с нестабильностью ВИП при изменении напряжения сети на  $\pm 10\%$ , %;  
 $\sigma_B$  — СКО относительной погрешности, связанной с нестабильностью ВИП за время измерения, %.

#### 2.1.1. Определение $\sigma_c$ и $\sigma_B$ .

Так как предельные значения нестабильности напряжения питания ЭОП, обусловленной изменением напряжения сети, и нестабильность во времени равны между собой (равны  $1\%$ ), то и СКО погрешностей, обусловленных этими нестабильностями, будут равны, т.е.  $\sigma_c = \sigma_B$ . При распределении погрешностей по треугольному закону

$$\sigma_c = \sigma_B = \frac{1}{2,4} = 0,42\%$$

Подставляя найденные значения СКО погрешностей в формулу (18), имеем для однокамерных ЭОП

$$\sigma_{\Pi} = \sqrt{1,75^2(2 \cdot 0,42)^2} = 1,04\%;$$

для двухкамерных ЭОП

$$\sigma_{\Pi} = \sqrt{3,5^2(2 \cdot 0,42)^2} = 2,08\%;$$

для трехкамерных ЭОП

$$\sigma_{\Pi} = \sqrt{5^2(2 \cdot 0,42)^2} = 2,97\%;$$

#### 2.1.2. Определение $\sigma_{\Pi}$ для ЭОП с микроканальными пластинами (МКП)

СКО относительной погрешности, обусловленной режимом питания ЭОП ( $\sigma_{\Pi}$ ), в процентах определим по формуле

$$\sigma_{\Pi} = \sqrt{(a_8 \sigma_{\Pi, \text{МКП}})^2 + (a_9 \sigma_{\Pi, \text{вых}})^2}, \quad (19)$$

где  $a_8$  — коэффициент влияния нестабильности напряжения питания на МКП на яркость выхода ЭОП,

$\sigma_{\Pi, \text{МКП}}$  — СКО относительной погрешности, связанной с поддержанием заданного постоянного напряжения на МКП ЭОП, %,

$a_9$  — коэффициент влияния нестабильности напряжения питания на входе ВУН на яркость выхода ЭОП,

$\sigma_{\Pi, \text{вых}}$  — СКО относительной погрешности, связанной с поддержанием напряжения на выходе ЭОП, %

Примем  $a_8=14$ ,  $a_9=3,5$  (определены экспериментально)

Так как предельные значения нестабильности напряжения питания МКП и напряжения питания на выходе ЭОП равны между собой (равны  $1\%$ ), то и СКО погрешностей, обусловленные этими нестабильностями, будут равны. При распределении погрешностей по треугольному закону можно написать

$$\sigma_{\Pi, \text{МКП}} = \sigma_{\Pi, \text{вых}} = \frac{1}{2,4} = 0,42\%,$$

тогда

$$\sigma_{\Pi} = \sqrt{(14 \cdot 0,42)^2 + (3,5 \cdot 0,42)^2} = 6,01\%.$$

Подставляя найденные СКО погрешностей в формулу (17), имеем для однокамерных ЭОП

$$\sigma_{(U_c)} = \sqrt{3,47^2 + 1,04^2} = 3,62\%;$$

для двухкамерных ЭОП

$$\sigma_{(U_c)} = \sqrt{3,47^2 + 2,08^2} = 4,04 \% ;$$

для трехкамерных ЭОП

$$\sigma_{(U_c)} = \sqrt{3,47^2 + 2,97^2} = 4,57 \% ;$$

для ЭОП с МКП

$$\sigma_{(U_c)} = \sqrt{3,47^2 + 6,01^2} = 6,94 \% .$$

Так как значения СИГНАЛОВ  $U_c$  и  $U_T$  измеряются по одному принципу, то можно принять  $\sigma_{(U_c)} = \sigma_{(U_T)}$ , тогда

для однокамерных ЭОП

$$\sigma_{(U_T)} = 3,62 \% ;$$

для двухкамерных ЭОП

$$\sigma_{(U_T)} = 4,04 \% ;$$

для трехкамерных ЭОП

$$\sigma_{(U_T)} = 4,57 \% ,$$

для ЭОП с МКП

$$\sigma_{(U_T)} = 6,94 \% .$$

3 СКО относительной погрешности измерения величины  $U_{ш\ c}$  в процентах вычисляются по формуле

$$\sigma_{(U_{ш\ c})} = \sqrt{\sigma_{\phi}^2 + \frac{\sigma_{п}^2}{10}} , \quad (20)$$

где  $\sigma_{\phi}$  — СКО относительной погрешности, вносимой фотоприемным устройством,  $\sigma_{\phi} = \pm 3,47 \%$  (см п. 2);

$\sigma_{п}$  — СКО относительной погрешности, обусловленной режимом питания ЭОП. Значения  $\sigma_{п}$  для различных типов ЭОП определены выше (см. п. 21).

Подставляя значения СКО погрешностей ( $\sigma_{\phi}$ ,  $\sigma_{п}$ ) в формулу (20), имеем для однокамерных ЭОП

$$\sigma_{(U_{ш\ c})} = \sqrt{3,47^2 + \frac{1,04^2}{10}} = 3,48 \% ;$$

для двухкамерных ЭОП

$$\sigma_{(U_{ш\ c})} = \sqrt{3,47^2 + \frac{2,08^2}{10}} = 3,53 \% ;$$

для трехкамерных ЭОП

$$\sigma_{(U_{ш\ c})} = \sqrt{3,47^2 + \frac{2,97^2}{10}} = 3,59 \% ;$$

для ЭОП с МКП

$$\sigma_{(U_{ш.с})} = \sqrt{3,47^2 + \frac{6,01^2}{10}} = 3,95 \%$$

4. Определение СКО относительной погрешности измерения величины  $U_{ш.а}$ . Так как аппаратный ШУМ измеряют при включенном ЭОП, то можно принять  $\sigma_{(U_{ш.а})} = \sigma_{\phi} = 3,47 \%$

5. Определение СКО относительной погрешности вычисления значения  $A$ .

Так как 
$$A = \pi \left( \frac{d_{а пр}}{2} \right)^2,$$

то СКО относительной погрешности вычисления значения  $A$  ( $\sigma_{(A)}$ ) в процентах вычисляют по формуле

$$\sigma_{(A)} = \sqrt{(2\sigma_{d_{а пр}})^2} = 2\sigma_{d_{а пр}}, \quad (21)$$

где  $\sigma_{d_{а пр}}$  — СКО относительной погрешности определения диаметра  $d_{а пр}$ . При предельной погрешности определения диаметра  $d_{а пр}$ , находящейся в интервале  $\pm 5 \%$  и равномерном законе распределения погрешностей  $\sigma_{d_{а пр}} = \frac{5}{3}$ , тогда

$$\sigma_{(A)} = \frac{2 \cdot 5}{3} = 3,33 \%$$

6. Определение СКО относительной погрешности выставления значения  $E$ . СКО относительной погрешности выставления освещенности на входе ЭОП, при нормальном законе распределения данной погрешности, в процентах вычисляют по формуле

$$\sigma_{(E)} = \frac{\varepsilon_{(E)}}{3}, \quad (22)$$

где  $\varepsilon_{(E)}$  — предельная погрешность выставления освещенности на входе ЭОП,  $\varepsilon_{(E)} = 15\%$ , тогда

$$\sigma_{(E)} = \frac{15}{3} = 5 \%$$

7. Принимая  $U_c = 2U_T$ , при котором  $a_1 = 2$ ;  $a_2 = 1$  и  $U_{ш.с} = 10U_{ш.а}$ ; при котором  $a_3 \approx 1$ ,  $a_4 \approx 0,01$ , а также нормальный закон распределения суммарной погрешности, для которого при вероятности  $P = 0,95$   $K_{\Sigma} = 1,96$ , подставляем найденные значения частных погрешностей в формулу (16), получаем следующие оценки погрешностей для однокамерных ЭОП

$$\begin{aligned} & \delta_{\psi_B} = \pm 1,96 \times \\ & \times \sqrt{(2 \cdot 3,62)^2 + 3,62^2 + 3,48^2 + (0,01 \cdot 3,47)^2 + \left(\frac{1}{2} \cdot 3,33\right)^2 + \left(\frac{1}{2} \cdot 5\right)^2} = \\ & = \pm 18,0 \%; \end{aligned}$$

для двухкамерных ЭОП

$$\delta_{\psi_B} = \pm 1,96 \times$$

$$\times \sqrt{(2 \cdot 4,04)^2 + 4,04^2 + 3,53^2 + (0,01 \cdot 3,47)^2 + \left(\frac{1}{2} \cdot 3,33\right)^2 + \left(\frac{1}{2} \cdot 5\right)^2} =$$

$$= \pm 19,9 \text{ \%};$$

для трехкамерных ЭОП

$$\delta_{\psi_B} = \pm 1,96 \times$$

$$\times \sqrt{(2 \cdot 4,57)^2 + 4,57^2 + 3,59^2 + (0,01 \cdot 3,47)^2 + \left(\frac{1}{2} \cdot 3,33\right)^2 + \left(\frac{1}{2} \cdot 5\right)^2} =$$

$$= \pm 22,0 \text{ \%};$$

для ЭОП с МКП

$$\delta_{\psi_B} = \pm 1,96 \times$$

$$\times \sqrt{(2 \cdot 6,94)^2 + 6,94^2 + 3,95^2 + (0,01 \cdot 3,47)^2 + \left(\frac{1}{2} \cdot 3,33\right)^2 + \left(\frac{1}{2} \cdot 5\right)^2} =$$

$$= \pm 31,9 \text{ \%}.$$

8 Возможна уточненная оценка погрешностей, при которой в формуле (16) вместо  $\sigma(U_c)$ ,  $\sigma(U_T)$ ,  $\sigma(U_{ш\ c})$ ,  $\sigma(U_{ш\ a})$  используется экспериментальная оценка СКО случайной составляющей погрешности измерения  $U_c$ ,  $U_T$ ,  $U_{ш\ c}$ ,  $U_{ш\ a}$ , получаемая по формуле

$$\sigma_U = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (U_i - \bar{U})^2}}{n}$$



## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

### 1. РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН Министерством электронной промышленности СССР

#### РАЗРАБОТЧИКИ

С. Н. Крестинин (руководитель темы); П. А. Лежнин;  
Ю. З. Мацковская, канд. техн. наук; П. К. Митрофанов;  
М. В. Ненашева; А. В. Смазнов

2. Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 29.12.90 № 3726

3. Срок первой проверки — 3 квартал 1997 г.  
Периодичность проверки — 5 лет

4. Введен впервые

### 5. ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

Обозначение НТД, на который дана ссылка	Номер пункта
ГОСТ 7721—89	1.2.2
ГОСТ 19803—86	Вводная часть
ГОСТ 21815.0—86	Вводная часть; 1.2.5

Редактор *Р. Г. Говердовская*  
Технический редактор *О. Н. Никитина*  
Корректор *А. И. Зюбан*

Сдано в наб 02.91 Подп. в печ. 22.04.91 1,25 усл. п. л. 1,25 усл. кр.-отт. 1,0 уч.-изд. л.  
Тир. 3000 Цена 40 к.

---

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123557, Москва, ГСП,  
Новопресненский пер., 3  
Калужская типография стандартов, ул. Московская, 256. Зак. 463