



**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.

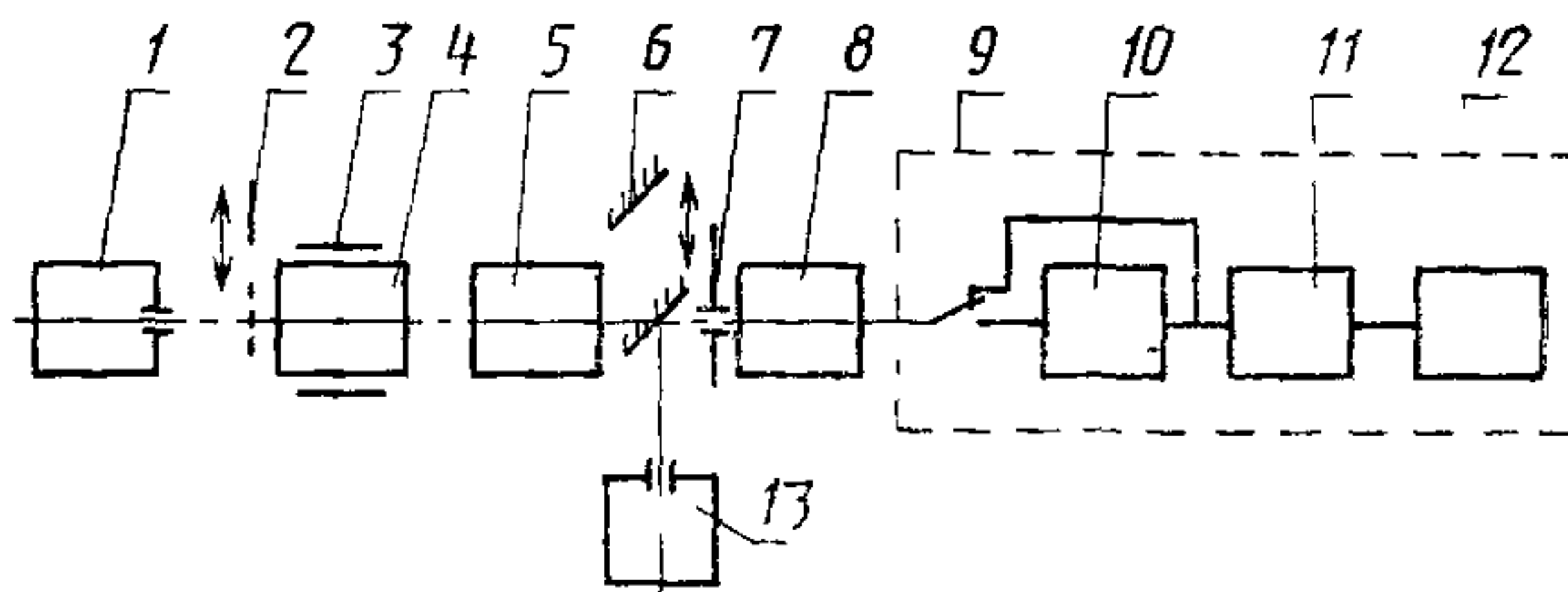
1.2.3. Анализирующая диафрагма должна иметь черную матовую поверхность и калиброванное отверстие, изготовленное с полем допуска Н11. Диаметр калиброванного отверстия, приведенный ко входу ЭОП ($d_{а пр}$), в миллиметрах вычисляют по формуле

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

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.

1 3 4 Центр непрозрачного диска совмещают с центром входа ЭОП

1 3 5 Центр отверстия анализирующей диафрагмы совмещают с центром изображения непрозрачного диска на выходе ЭОП

1 3 6 Выводят из светового пучка непрозрачный диск

1 3 7 Фотоприемное устройство устанавливают в положении, соответствующем максимальному уровню тока в режиме измерения ШУМА

1 4 Проведение измерений

1 4 1 Многократно (не менее 10 раз) измеряют значения ШУМА ($U_{ш\ c}$) при освещенном входе ЭОП

1 4 2 Измеряют один раз значение СИГНАЛА (U_c)

1 4 3 Устанавливают перед входом ЭОП непрозрачный диск

1 4 4 Измеряют один раз значение СИГНАЛА (U_T) с теневого изображения непрозрачного диска на выходе ЭОП

1 4 5 Выключают ЭОП

1 4 6 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 1 4 2

1 4 7 Многократно (не менее 10 раз) измеряют значения аппаратурного ШУМА ($U_{ш\ a}$) электронного тракта «Фотоприемное устройство — измерительный блок».

1 5 Обработка результатов

1 5 1 Отношение сигнал—шум (ψ_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, мм²,

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 (ε_{ψ_B}) при соблюдении требований настоящего стандарта при доверительной вероятности $P=0,95$ находится в интервале:

± 11 % — для однокамерных ЭОП;

± 12 % — для двухкамерных ЭОП;

± 14 % — для трехкамерных ЭОП;

± 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

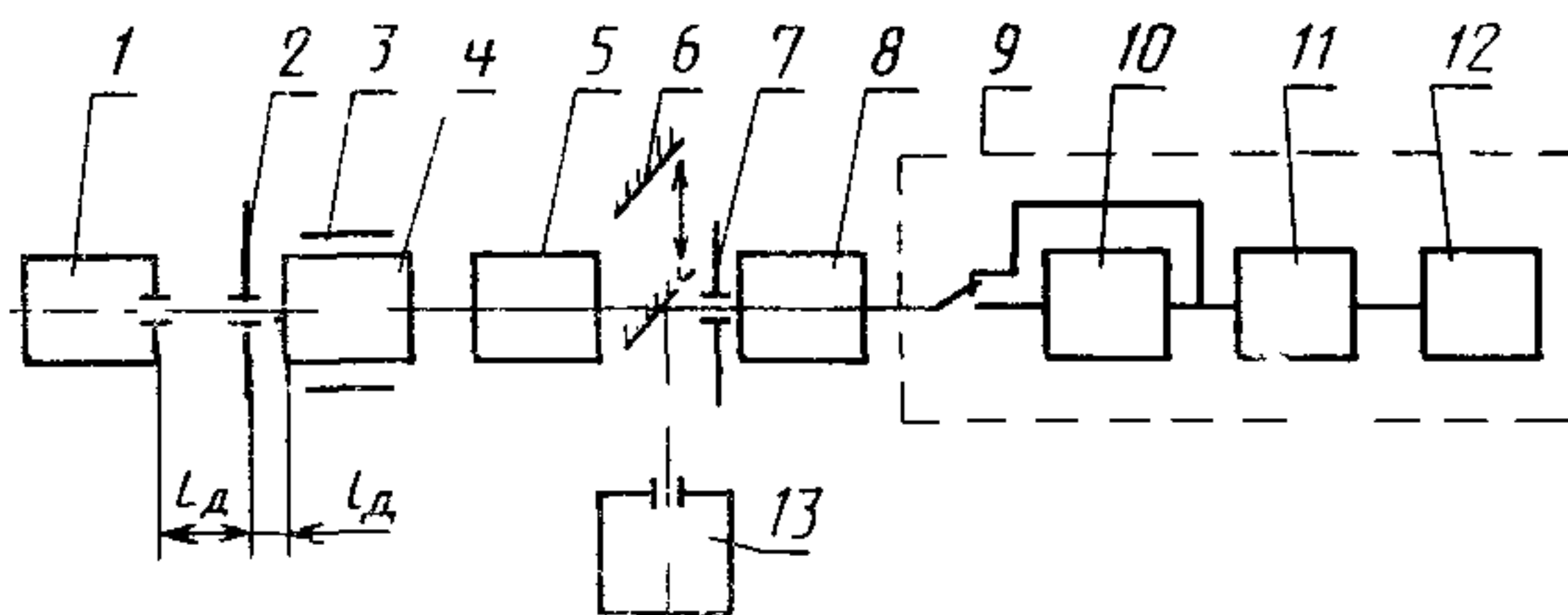
$$L_d \geq \frac{(d_a + a_n) l_d}{\delta d_a} \cdot 100 \% , \quad (8)$$

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;

δ — 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;

ΔC — 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 ($d_{о пр}$), должен удовлетворять условию

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

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

$$d_{о пр} = \frac{d_o}{\Gamma_{э} \Gamma_{б п}}, \quad (11)$$

где d_o — диаметр калиброванного отверстия ограничивающей диафрагмы, мм;

$\Gamma_{э}$ — электронно оптическое увеличение ЭОП, крат;

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

Максимальная погрешность определения диаметра $d_{о пр}$ 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 аппаратного ШУМА ($U_{ш\ a_i}$) электронного тракта «Фотоприемное устройство—измерительный блок».

2.5. Обработка результатов

2.5.1. Отношение сигнал—шум (ψ_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 аппаратного ШУМА, В;

A — площадь отверстия анализирующей диафрагмы, мм²;

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

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

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

где $U_{ш.а j}$ — значение аппаратного 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 (ϵ_{ψ_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 (δ_{ψ_B}), в процентах вычисляют по формуле

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

где K_{Σ} — коэффициент, зависящий от распределения суммарной погрешности δ_{ψ_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 σ_{ϕ} — СКО относительной погрешности, вносимой фотоприемным устройством. При предельной погрешности фотоприемного устройства, находящейся в интервале $\pm 6\%$ и равномерном законе распределения погрешностей $\sigma_{\phi} = \frac{6}{1,73} = 3,47\%$;

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

σ_{Π} — СКО относительной погрешности, обусловленной режимом питания ЭОП, %

2.1. СКО относительной погрешности (σ_{Π}), обусловленной режимом питания ЭОП, в процентах вычисляют по формуле

$$\sigma_{\Pi} = \sqrt{a_7^2 (\sigma_c^2 + \sigma_B^2)}, \quad (18)$$

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;
 σ_c — СКО относительной погрешности, связанной с нестабильностью ВИП при изменении напряжения сети на $\pm 10\%$, %;
 σ_b — СКО относительной погрешности, связанной с нестабильностью ВИП за время измерения, %.

2.1.1. Определение σ_c и σ_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 σ_{Π} для ЭОП с микроканальными пластинами (МКП)

СКО относительной погрешности, обусловленной режимом питания ЭОП (σ_{Π}), в процентах определим по формуле

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

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

$\sigma_{\text{н.МКП}}$ — 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,

$\sigma_{\text{н.вых}}$ — 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 записать

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

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 вычисляют по формуле

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

где σ_{ϕ} — 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 2 1).

Подставляя значения СКО погрешностей (σ_{ϕ} , $\sigma_{п}$) 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

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

4. Определение СКО относительной погрешности измерения величины $U_{ш.а}$

Так как аппаратный ШУМ измеряют при включенном ЭОП, то можно принять $\sigma_{(U_{ш.а})} = \sigma_{\phi} = 3,47 \text{ \%}$

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 $\pm 5 \text{ \%}$ и равномерном законе распределения погрешностей $\sigma_{d_{а пр}} = \frac{5}{3}$, тогда

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

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, $\varepsilon_{(E)} = 15 \text{ \%}$, тогда

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

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

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

$$\times \sqrt{(2 \cdot 3,62)^2 + 3,62^2 + 3,48^2 + (0,01 \cdot 3,47)^2 + \left(\frac{1}{2} \cdot 3,33 \right)^2 + \left(\frac{1}{2} \cdot 5 \right)^2} =$$

$$= \pm 18,0 \text{ \%};$$

для двухкамерных ЭОП

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

$$\times \sqrt{(2 \cdot 4,04)^2 + 4,04^2 + 3,53^2 + (0,01 \cdot 3,47)^2 + \left(\frac{1}{2} \cdot 3,33\right)^2 + \left(\frac{1}{2} \cdot 5\right)^2} = \\ = \pm 19,9 \% ;$$

для трехкамерных ЭОП

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

$$\times \sqrt{(2 \cdot 4,57)^2 + 4,57^2 + 3,59^2 + (0,01 \cdot 3,47)^2 + \left(\frac{1}{2} \cdot 3,33\right)^2 + \left(\frac{1}{2} \cdot 5\right)^2} = \\ = \pm 22,0 \% ;$$

для ЭОП с МКП

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

$$\times \sqrt{(2 \cdot 6,94)^2 + 6,94^2 + 3,95^2 + (0,01 \cdot 3,47)^2 + \left(\frac{1}{2} \cdot 3,33\right)^2 + \left(\frac{1}{2} \cdot 5\right)^2} = \\ = \pm 31,9 \% .$$

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 ГОСТ 19803—86 ГОСТ 21815.0—86	1.2.2 Вводная часть 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