

21815.19-90

Рис. 1



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР

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

Издание официальное

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО УПРАВЛЕНИЮ
КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ И СТАНДАРТАМ
Москва

40 коп. БЗ 12—80/997

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 83 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.

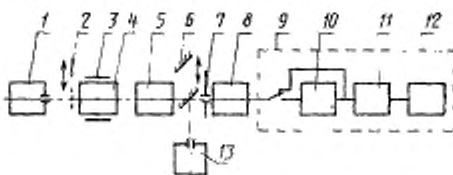
1.2.3. Анализирующая диафрагма должна иметь черную матовую поверхность и калиброванное отверстие, изготовленное с полем допуска Н11. Диаметр калиброванного отверстия, приведенный ко входу ЭОП ($d_{a.пр}$), в миллиметрах вычисляют по формуле

$$d_{a.пр} = \frac{d_a}{\Gamma_a \Gamma_{б.п}}, \quad (1)$$

где d_a — диаметр калиброванного отверстия анализирующей диафрагмы, мм;

Γ_a — 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 $d_{a.пр}$ 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

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

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 ($U_{ш.с.}$) 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_r) 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 ($U_{ш.а.}$) электронного тракта «Фотоприемное устройство — измерительный блок».

1.5. Обработка результатов

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

$$\psi_n = \frac{K_{ш}(U_c - U_r)}{K_c \sqrt{U_{ш.с.}^2 - U_{ш.а.}^2}} \sqrt{\frac{\pi \cdot 10^{-2}}{A} \cdot \frac{10^{-4}}{E}}, \quad (3)$$

где $K_{ш}$ — коэффициент усиления измерительного блока при измерении ШУМА;

U_c — среднее значение СИГНАЛА с фотоприемного устройства при освещенном входе ЭОП, В;

U_r — среднее значение сигнала с фотоприемного устройства при затемненном непрозрачным диском входе ЭОП, В;

K_c — коэффициент усиления измерительного блока при измерении СИГНАЛА;

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

$U_{ш.а.}$ — 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_{φ_n}) 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

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

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

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

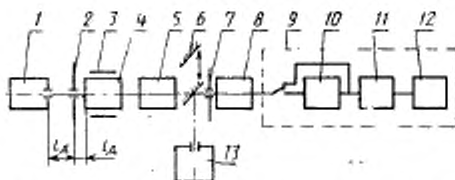
$$L_x \geq \frac{(d_a + a_n) l_d}{d_a} \cdot 100 \%, \quad (8)$$

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_x) в миллиметрах вычисляют по формуле

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

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 ($d_{o,пр}$), должен удовлетворять условию

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

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

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

где d_o — диаметр калиброванного отверстия ограничивающей диафрагмы, мм;

Γ_3 — электронно-оптическое увеличение ЭОП, крат;

$\Gamma_{6,п}$ — увеличение блока переноса изображения, крат.
Максимальная погрешность определения диаметра $d_{o,пр}$ 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 ($U_{ш.с.}$) 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_r) 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 ($U_{ш.а.}$) электронного тракта «Фотоприемное устройство—измерительный блок».

2.5. Обработка результатов

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

$$\phi_{\text{в}} = \frac{K_{\text{ш}}(U_c - U_r)}{K_c \sqrt{U_{ш.с.}^2 - U_{ш.а.}^2}} \sqrt{\frac{\pi \cdot 10^{-2}}{A} \cdot \frac{10^{-4}}{E}}, \quad (12)$$

где $K_{\text{ш}}$ — коэффициент усиления измерительного блока при измерении ШУМА;

U_c — среднее значение СИГНАЛА с фотоприемного устройства при освещенном входе ЭОП, В;

U_r — среднее значение СИГНАЛА с фотоприемного устройства при затемненном входе ЭОП, В;

K_c — коэффициент усиления измерительного блока при измерении СИГНАЛА;

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

$U_{ш.а.}$ — среднее значение аппаратурного ШУМА, В;

A — площадь отверстия анализирующей диафрагмы, мм²;

E — освещенность, установленная на входе ЭОП, лк.

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

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

где $U_{ш.ε_i}$ — 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

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

где $U_{ш.а_j}$ — 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 (ϵ_{ϕ_n}) при соблюдении требований настоящего стандарта при доверительной вероятности $P=0,95$ находится в интервале

- $\pm 18\%$ — для однокамерных ЭОП;
- $\pm 20\%$ — для двухкамерных ЭОП;
- $\pm 22\%$ — для трехкамерных ЭОП;
- $\pm 32\%$ — 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 ср	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 ср	Диаметр калиброванного отверстия ограничивающей диафрагмы, пересчитанный ко входу ЭОП с учетом увеличения элементов схемы

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Рекомендуемое

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 ($\delta_{\varphi_{\Sigma}}$), в процентах вычисляют по формуле

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

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

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

$$a_3 = \frac{U_{ш.с}^2}{U_{ш.с}^2 - U_{ш.п}^2}, \quad a_4 = \frac{U_{ш.а}^2}{U_{ш.с}^2 - U_{ш.а}^2}, \quad a_5 = \frac{1}{2}, \quad a_6 = \frac{1}{2},$$

соответственно):

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

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

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

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

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

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

2. СКО относительной погрешности измерения U_c в процентах вычисляют по формуле

$$\sigma_{(U_c)} = \sqrt{\sigma_{\varphi}^2 + \sigma_{\Pi}^2}, \quad (17)$$

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

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

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

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

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_a — СКО относительной погрешности, связанной с нестабильностью ВИП за время измерения, %.

2.1.1. Определение σ_c и σ_a .

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. $\sigma_c = \sigma_a$. При распределении погрешностей по треугольному закону

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

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

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

для двухкамерных ЭОП

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

для трехкамерных ЭОП

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

2.1.2. Определение σ_n для ЭОП с микроквантовыми пластинами (МКП).

СКО относительной погрешности, обусловленной режимом питания ЭОП (σ_n), в процентах определим по формуле

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

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

$\sigma_{н.МКП}$ — 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;

$\sigma_{н.вх}$ — СКО относительной погрешности, связанной с поддержанием напряжения на входе 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

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

тогда

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

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 $U_{ш.с}$ в процентах вычисляются по формуле

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

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

σ_n — СКО относительной погрешности, обусловленной режимом питания ЭОП. Значения σ_n для различных типов ЭОП определены выше (см. п. 2.1).

Подставляя значения СКО погрешностей (σ_{ϕ} , σ_n) в формулу (20), имеем для однокамерных ЭОП

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

для двухкамерных ЭОП

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

для трехкамерных ЭОП

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

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 .

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

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

$$\sigma_{d_{а.пр}} = \frac{5}{3}, \text{ тогда}$$

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

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

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

где $e_{(E)}$ — предельная погрешность выставления освещенности на входе ЭОП,

$e_{(E)} = 15\%$, 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 $a_3 = 1$; $a_4 \approx 0,01$, 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

$$\delta_{\Delta_n} = \pm 1,96 \times \sqrt{(2 \cdot 3,62)^2 + 3,62^2 + 3,48^2 + (0,01 \cdot 3,47)^2 + \left(\frac{1}{2} \cdot 3,33\right)^2 + \left(\frac{1}{2} \cdot 5\right)^2} =$$

$$= \pm 18,0 \%$$

для двухкамерных ЭОП

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

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

$$= \pm 19,9 \%$$

для трехкамерных ЭОП

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

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

$$= \pm 22,0 \%$$

для ЭОП с МКП

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

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

$$= \pm 31,9 \%$$

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

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

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. 22.02.91 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, 266. Зак. 463