21815.19-90

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

gost.e-ecolog.ru

УДК 621.383.8.083.006.354 Группа Э29

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

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 63 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 ±15 %. Закон распределения—нормальный.

1.2.3. Анализирующая диафрагма должна иметь черную матовую поверхность и калиброванное отверстие, изготовленное с полем допуска H11. Диаметр калиброванного отверстия, приведенный ко входу ЭОП ($d_{\text{а.пр}}$), в миллиметрах вычисляют по формуле

$$d_{\text{а.пр}} = \frac{d_{\text{а}}}{\Gamma_{\text{э}}\Gamma_{\text{б.п}}}, \qquad (1)$$

где $d_{\text{а}}$ — диаметр калиброванного отверстия анализирующей диафрагмы, мм;

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

$\Gamma_{\text{б.п}}$ — 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 $d_{\text{а.пр}}$ должна находиться в интервале ±5 %. Закон распределения—нормальный.

1.2.4. Непрозрачный диск должен иметь черную матовую поверхность.

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

$$6d_{а.пр} \geqslant D_д \geqslant 5d_{а.пр}. \quad (2)$$

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 ±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 ±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 ($U_{ш.с_i}$) при освещенном входе ЭОП.

1.4.2. Измеряют один раз значение СИГНАЛА ($U_с$).

1.4.3. Устанавливают перед входом ЭОП непрозрачный диск.

1.4.4. Измеряют один раз значение СИГНАЛА ($U_т$) 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 ($U_{ш.а_j}$) электронного тракта «Фотоприемное устройство измерительный блок».

1.5. Обработка результатов

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

$$\psi_в = \frac{K_ш(U_с - U_т)}{K_с\sqrt{U^2_{ш.с} - U^2_{ш.а}}} \sqrt{\frac{\pi \cdot 10^{-2}}{A} \cdot \frac{10^{-4}}{E}}, \qquad (3)$$

где $K_ш$ — коэффициент усиления измерительного блока при измерении ШУМА;

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

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

$K_с$ — 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 ($\varepsilon_{\varphi_ш}$) 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 ($d_д$) должен удовлетворять условию

$$0{,}2 \leqslant d_д \leqslant 0{,}25. \qquad (7)$$

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

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

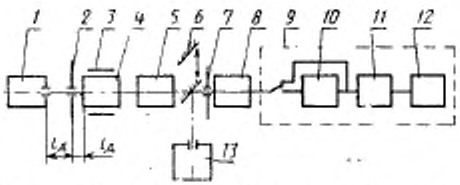
$$L_д \geqslant \frac{(d_д + a_н) l_д}{t d_д} \cdot 100\ \%\ , \qquad (8)$$

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

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

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

δ — допуск на размер теневого изображения калиброванного отверстия (δ=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 ($l_д$) в миллиметрах вычисляют по формуле

$$l_д = l_1 + \frac{\Delta C}{n}\ , \qquad (9)$$

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

$$2d_э \leqslant d_{о.пр} \leqslant 10d_э. \qquad (10)$$

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

$$d_{о\,пр} = \frac{d_о}{\Gamma_э \Gamma_{б\,п}}, \qquad (11)$$

где $d_о$ — 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 ($U_{ш.с_i}$) при освещенном входе ЭОП.

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

2.4.3. Выключают осветитель.

2.4.4. Измеряют один раз значение СИГНАЛА ($U_т$) 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 ($U_{ш.а_i}$) электронного тракта «Фотоприемное устройство—измерительный блок».

2.5. Обработка результатов

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

$$\phi_в = \frac{K_ш (U_с - U_т)}{K_с \sqrt{U^2_{ш.с} - U^2_{ш.а}}} \sqrt{\frac{\pi \cdot 10^{-2}}{A} \cdot \frac{10^{-4}}{E}}, \qquad (12)$$

где $K_ш$ — коэффициент усиления измерительного блока при измерении ШУМА;

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

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

$K_с$ — 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

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

где $U_{ш\,e_i}$ — 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

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

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

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

где $d_д$ — 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

± 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.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Справочное

ТЕРМИНЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В НАСТОЯЩЕМ СТАНДАРТЕ, И ИХ ПОЯСНЕНИЯ

Термин	Буквенное обозначение	Пояснение
Диаметр калиброванного отверстия анализирующей диафрагмы, приведенный ко входу ЭОП	$d_{а\ пр}$	Диаметр калиброванного отверстия анализирующей диафрагмы, пересчитанный ко входу ЭОП с учетом увеличения элементов схемы
Диаметр калиброванного отверстия ограничивающей диафрагмы, приведенный ко входу ЭОП	$d_{о\ пр}$	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

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Справочное

РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ

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

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

где K_Σ – коэффициент, зависящий от распределения суммарной погрешности $\delta_{\phi_в}$ и установленной вероятности, с которой определена данная погрешность;

a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6 – коэффициенты влияния $\left(a_1 = \frac{U_c}{U_c - U_т}, a_2 = \frac{U_т}{U_c - U_т} \right.$,

$a_3 = \frac{U^2_{ш.с}}{U^2_{ш.с} - U^2_{ш.а}}$, $a_4 = \frac{U^2_{ш.а}}{U^2_{ш.с} - U^2_{ш.а}}$, $a_5 = \frac{1}{2}$, $\left. a_6 = \frac{1}{2} \right)$,

соответственно);

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

$\sigma_{(И_т)}$ – СКО относительной погрешности измерения $U_т$, %;

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

$\sigma_{(И_{ш.а})}$ – 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

$$\sigma_{(U_c)} = \sqrt{\sigma^2_ф + \sigma^2_п}, \quad (17)$$

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

$\sigma_п$ – СКО относительной погрешности, обусловленной режимом питания ЭОП, %.

2.1. СКО относительной погрешности ($\sigma_п$), обусловленной режимом питания ЭОП, в процентах вычисляют по формуле

$$\sigma_п = \sqrt{a^2_7(\sigma^2_c + \sigma^2_а)}, \quad (18)$$

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 ±10 %, %;

$\sigma_в$ — СКО относительной погрешности, связанной с нестабильностью ВИП за время измерения, %.

2.1.1. Определение σ_c и $\sigma_в$.

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

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

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

$$\sigma_п=\sqrt{1,75^2(2\cdot0,42)^2}=1,04\ \%;$$

для двухкамерных ЭОП

$$\sigma_п=\sqrt{3,5^2(2\cdot0,42)^2}=2,08\ \%;$$

для трехкамерных ЭОП

$$\sigma_п=\sqrt{5^2(2\cdot0,42)^2}=2,97\ \%;$$

2.1.2. Определение $\sigma_п$ для ЭОП с микроканальными пластинами (МКП).

СКО относительной погрешности, обусловленной режимом питания ЭОП ($\sigma_п$), в процентах определим по формуле

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

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;

$\sigma_{н.вых}$ — 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

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

тогда

$$\sigma_п=\sqrt{(14\cdot0,42)^2+(3,5\cdot0,42)^2}=6,01\ \%.$$

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 $U_т$ измеряются по одному принципу, то можно принять $\sigma_{(U_c)}=\sigma_{(U_т)}$, тогда

для однокамерных ЭОП

$$\sigma_{(U_т)}=3,62\ \%;$$

для двухкамерных ЭОП

$$\sigma_{(U_т)}=4,04\ \%;$$

для трехкамерных ЭОП

$$\sigma_{(U_т)}=4,57\ \%;$$

для ЭОП с МКП

$$\sigma_{(U_т)}=6,94\ \%.$$

3. СКО относительной погрешности измерения величины $U_{ш.с}$ в процентах вычисляют по формуле

$$\sigma_{(U_{ш\,с})} = \sqrt{\sigma_ф^2+\frac{\sigma_п^2}{10}}, \qquad (20)$$

где $\sigma_ф$ — СКО относительной погрешности, вносимой фотоприемным устройством, $\sigma_ф=\pm 3,47\ \%$ (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 ($\sigma_ф$, $\sigma_п$) 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 аппаратурный ШУМ измеряют при включенном ЭОП, то можно принять $\sigma_{(U_{ш.а})} = \sigma_ф = 3{,}47\ \%$.

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

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

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

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

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

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

7. Принимая $U_с = 2U_т$, 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

$$\delta_{ч_в} = \pm 1{,}96 \times$$

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

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

для двухкамерных ЭОП

$$\delta_{ч_в} = \pm 1{,}96 \times$$

$$\times \sqrt{(2\cdot4,04)^2+4,04^2+3,53^2+(0,01\cdot3,47)^2+\left(\frac{1}{2}\cdot3,33\right)^2+\left(\frac{1}{2}\cdot5\right)^2}=$$

$$=\pm19,9\ \%;$$

для трехкамерных ЭОП

$$\delta_{\psi_в}=\pm1,96\times$$

$$\times \sqrt{(2\cdot4,57)^2+4,57^2+3,59^2+(0,01\cdot3,47)^2+\left(\frac{1}{2}\cdot3,33\right)^2+\left(\frac{1}{2}\cdot5\right)^2}=$$

$$=\pm22,0\ \%;$$

для ЭОП с МКП

$$\delta_{\psi_в}=\pm1,96\times$$

$$\times \sqrt{(2\cdot6,94)^2+6,94^2+3,95^2+(0,01\cdot3,47)^2+\left(\frac{1}{2}\cdot3,33\right)^2+\left(\frac{1}{2}\cdot5\right)^2}=$$

$$=\pm31,9\ \%.$$

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

$$\overset{\circ}{\sigma}_U=\frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(U_i-\overline{U})^2}}{n}.$$

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. 27.02.91 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

gost.e-ecolog.ru