ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИЕ

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЧАСТОТНО-КОНТРАСТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

ГОСТ 21815.18—90

Издание официальное

45 коп. БЗ 12—90/998



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО УПРАВЛЕНИЮ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ И СТАНДАРТАМ
Москва

gost.e-ecolog.ru

УДК 621.383.8.083:006.354 Группа 329

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИЕ

Метод измерения пространственной частотно-контрастной характеристики

Image intensifier and image converter tubes. Modulation transfer function

ГОСТ 21815.18—90

ОКП 63 4930

Дата введения 01.01.93

Настоящий стандарт устанавливает метод измерения пространственной частотно-контрастной характеристики (далее — ЧКХ) электронно-оптических преобразователей (далее — ЭОП), предназначенных для применения в приборах видения.

Общие требования к проведению измерений и требования безопасности — по ГОСТ 21815.0, требования к источникам напряжения приемника излучения — по ГОСТ 11612.0.

Термины, применяемые в настоящем стандарте, и их пояснения приведены в приложении 1 настоящего стандарта, в ГОСТ 16263 и ГОСТ 19803.

Требования настоящего стандарта являются обязательными.

1. ПРИНЦИП ИЗМЕРЕНИЯ

1.1. Принцип измерения пространственной ЧКХ заключается в измерении коэффициента передачи контраста (далее — КПК) $T_{N_к}$ для ряда пространственных частот $N_к$, приведенных к плоскости фотокатода испытуемого изделия, в диапазоне, который указывается в стандартах или технических условиях на ЭОП конкретного типа.

1.2. Метод основан на гармоническом анализе функции рассеяния линии анализирующим растром с последующей регистрацией модуляции сигнала $\left(\frac{A_{max}-A_{min}}{A_{max}+A_{min}}\right)$, представляющей отношение амплитуды переменной составляющей распределения к среднему значению, т. е. к постоянной составляющей. Во время измерения значения постоянной составляющей должны быть неиз-

Издание официальное

© Издательство стандартов, 1991

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

менны, тогда измеренные амплитуды будут пропорциональны КПК, а КПК для каждого значения пространственной частоты $N_к$, приведенной к фотокатоду ЭОП, вычисляют по формуле

$$T_{N_к} = \frac{A_{max} - A_{min}}{A_{max} + A_{min}}, \quad (1)$$

где A_{max} — максимальное значение полезного сигнала;

A_{min} — минимальное значение полезного сигнала.

Примечания:

1. Гармонический анализ позволяет использовать:

сканирование изображения щели растром переменной плотности или переменной площади с синусоидальным законом пропускания в направлении сканирования;

сканирование изображения щели растром с прямоугольной формой волны с последующим выделением основной гармоники сигнала путем электронной фильтрации;

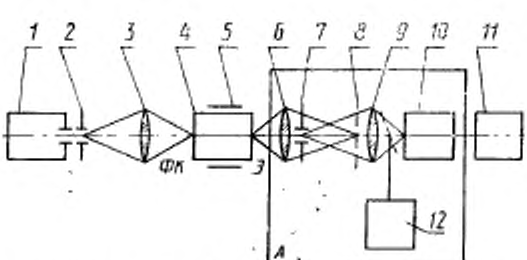
сканирование изображения полуплоскости узкой щелью с представлением результатов в виде ЧКХ.

Все указанные методы должны удовлетворять требованиям по погрешности измерений, указанным в настоящем стандарте.

2. Допускается сканирование растром с прямоугольной формой волны без выделения основной гармоники сигнала. В этом случае произведенные измерения следует квалифицировать, как определение КПК по растру с прямоугольной формой волны ($T_{N_к}$ с указанием в стандартах или технических условиях на ЭОП конкретного типа).

2. ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА

2.1. Для измерения КПК ЭОП следует применять измерительные приборы и вспомогательные устройства, входящие в установку, в соответствии с черт. 1.



1 — **осветитель**; *2* — диафрагма со щелью; *3* — входная оптика (микрообъектив в обратном ходе); *4* — ЭОП; *5* — держатель ЭОП; *6* — выходной микрообъектив; *7* — выходной зрачок микрообъектива поз. *6*; *8* — анализирующий растр; *9* — коллектив; *10* — приемник излучения; *11* — регистрирующее устройство; *12* — микроскоп; *ФК* — фотокатод; *Э* — экран; *А* — анализирующий блок

Черт. 1

2.2. Осветитель с нормируемым по ГОСТ 21815.0 спектральным составом должен обеспечивать равномерную яркость (неравномерность не более ±1 %) рабочей щели и совместно с входной оптикой создавать предельно допустимую освещенность в плоскости входа ЭОП, допускаемую стандартом или техническими условиями на ЭОП конкретного типа.

Максимальная погрешность установления освещенности не должна превышать 15 %, закон распределения нормальный.

Примечание. Допускается применение осветителя с ненормированным спектральным составом излучения. При этом в эксплуатационной документации на осветитель должна быть приведена методика определения указанной освещенности с погрешностью, не превышающей значений п. 2.2.

2.3. Диафрагма со щелью должна быть установлена на оптической оси установки в плоскости предмета входного объектива и удовлетворять требованиям, изложенным в приложении 2

2.4. Типы входного и выходного микрообъективов, их апертуры и увеличение указывают в стандартах или технических условиях на конкретные типы ЭОП.

2.5. Держатель ЭОП должен обеспечивать надежное крепление ЭОП и обеспечивать возможность измерения ЧКХ в точках фотокатода испытуемого ЭОП, заданных в стандарте или в технических условиях.

2.6. Анализирующий растр должен быть установлен в плоскости изображения выходного объектива. Контраст растра должен быть абсолютным, т. е. равен 1. Светопропускание растра допускается с синусоидальной и прямоугольной формой волны. Высота растра не должна превышать изображение щели в его плоскости. Остальные требования — в приложении 3.

2.7. Коллектив располагается на оптической оси выходного микрообъектива и должен проектировать выходной зрачок микрообъектива в плоскость светочувствительной площадки приемника излучения. Геометрические размеры должны удовлетворять требованиям приложения 3.

2.8. Регистрирующее устройство должно обеспечивать удобную индикацию электрических сигналов (амплитудные значения), при необходимости, с последующим усилением и дополнительной электронной обработкой. Средняя квадратическая случайная погрешность регистрирующего устройства не должна превышать 2 %, доверительная вероятность $P=0{,}95$, закон распределения — нормальный.

2.9. Выбор элементов схемы (микрообъективов, приемников излучения, регистрирующего устройства) проводят согласно приложению 3, ГОСТ 21815.0 и приложению 4 настоящего стандарта.

3. ПОДГОТОВКА И ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

3.1. Испытуемый ЭОП устанавливают в держателе в положении, указанном в документации на данный тип ЭОП, соединяют с источником питания (участок фотокатода для измерения ЧКХ указывается в ТУ на ЭОП).

3.2. На ЭОП подают номинальное напряжение, указанное в стандартах или технических условиях на ЭОП конкретного типа.

3.3. Лампе накаливания задают режим, соответствующий источнику света с цветовой температурой 2856 К по ГОСТ 7721.

3.4. С помощью осветителя обеспечивают яркость щели или освещенность ее изображения на фотокатоде, не превышающую максимальной рабочей освещенности E_{max} для ЭОП конкретного типа (в соответствии с ТУ).

3.5. Наблюдая в микроскоп, находящийся на оптической оси выходного объектива и сфокусированный на растр, производят необходимые предварительные фокусировки:

изображения щели на входе ЭОП;

изображения щели с выхода ЭОП в плоскость анализирующего растра.

Изображение щели (его средняя часть) должна перекрывать по высоте размер растра.

Окончательный контроль фокусировок — по максимальной величине сигнала.

3.6. Для регистрации сигналов от изображения щели, промодулированного растром, на оптическую ось выходного объектива за растром вводят коллектив, изображающий выходной зрачок выходного микрообъектива на рабочую площадку приемника излучения, подключенного к регистрирующему устройству.

3.7. Проводят регистрацию сигналов во всем диапазоне частот растра, сканируя им изображение щели с экрана испытуемого ЭОП. Для повышения точности измерения проводят не менее 5 раз.

3.8. Для определения нулевого отсчета A_0 проводят регистрацию сигнала при работе испытуемого ЭОП без световой нагрузки на катод (учет темнового фона и посторонних засветок). Полученное значение сигнала принимают за нулевой отсчет A_0.

3.9. Измерение КПК и нулевого отсчета A_0 проводят в темноте.

4. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

4.1. Коэффициент передачи контраста $T_{N_к}$ испытуемого ЭОП для каждой частоты $N_к$, приведенной к плоскости фотокатода испытуемого ЭОП, вычисляют по формуле

$$T_{N_к} = \frac{A_{max} - A_{min}}{A_{max} + A_{min} - 2A_0} \cdot K_п, \quad (2)$$

где A_{max} — максимальное значение сигнала, соответствующее совмещению центра прозрачного штриха растра в середине элемента каждой группы с изображением щели;

A_{min} — минимальное значение сигнала, соответствующее совмещению центра непрозрачного штриха в середине элемента каждой группы с изображением щели;

A_0 — значение нулевого отсчета;

$K_п$ — поправочный коэффициент, учитывающий систематическую погрешность, вносимую измерительной установкой.

Поправочный коэффициент $K_п$ определяют для каждого конкретного варианта входной и выходной оптики для каждого типа измеряемых ЭОП.

Определение поправочного коэффициента $K_п$ проводят по методике, указанной в приложении 5, и результат заносят в формуляр измерительной установки.

Пространственную частоту ($N_к$), мм$^{-1}$, рассчитывают по формуле

$$N_к = \frac{Г_э \cdot Г_{вых.об}}{P}, \quad (3)$$

где $Г_э$ — электронно-оптическое увеличение испытуемого ЭОП, измеренное по ГОСТ 21815.10;

$Г_{вых.об}$ — увеличение выходного микрообъектива (указывают в ТУ на изделие конкретного типа);

P — период растра анализирующего блока, мм (указывают в формуляре измерительной установки).

4.2. Строят график зависимости значений КПК от частоты $N_к$, $T = f(N_к)$, представляющий собой частотно-контрастную характеристику ЭОП.

4.3. С графика ЧКХ снимают значения $T_{N_к}$ для заданных частот по НТД на испытуемое изделие.

5. ПОКАЗАТЕЛИ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ

5.1. При соблюдении требований настоящего стандарта суммарная погрешность измерения КПК ЭОП для частоты, не превышающей 16 шт./мм, с вероятностью 0,95 находится в интервале

± 10 % — для изделий с $Г_э \geqslant 0{,}81$;

± 12 % — для изделий с $Г_э < 0{,}80$.

Закон распределения — нормальный.

Расчет погрешности приведен в приложении 6.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Справочное

ТЕРМИНЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В НАСТОЯЩЕМ СТАНДАРТЕ, И ИХ ПОЯСНЕНИЯ

Термин	Буквенное обозначение	Определение
Анализирующий растр	—	Испытательный элемент с известными формой, размерами и размещением темных и светлых участков, их пропусканием, плотностью
Пространственная частота растра	N	Величина, обратная расстоянию между последовательными максимумами в распределении растра
Пространственная частота, приведенная к фотокатоду ЭОП	$N_к$	Пространственная частота растра, пересчитанная в плоскость фотокатода ЭОП с учетом увеличения элементов схемы
Пространственная частота, приведенная к экрану ЭОП	$N_э$	Пространственная частота растра, пересчитанная в плоскость экрана ЭОП, с учетом увеличения элементов схемы
Функция рассеяния линии	$L(x)$	Распределение интенсивности света в изображении бесконечно тонкой светящейся линии
Оптическая передаточная функция	$G(\omega)$	Нормализованное фурье-преобразование функции рассеяния линии

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Рекомендуемое

ТРЕБОВАНИЯ К ДИАФРАГМЕ СО ЩЕЛЬЮ

Диафрагма представляет собой непрозрачную пластину с окном прямоугольной формы-щелью в соответствии с черт. 2. Отношение коэффициента пропускания, соответственно, щели ($\tau_ш$) и непрозрачного поля диафрагмы ($\tau_д$) должно удовлетворять условию

$$\frac{\tau_ш}{\tau_д} \geqslant 200. \qquad (4)$$

Ширину щели (a) определяют из условия

$$a < \frac{1}{4N_{к\,max} \cdot \Gamma_{вх.оп}}, \qquad (5)$$

где $N_{к\,max}$ — максимальное значение пространственной частоты на катоде испытуемого ЭОП в диапазоне частот, указанных в документации на ЭОП конкретного типа, мм$^{-1}$;

$\Gamma_{\text{вх.оп}}$ — увеличение входной оптики.

Рабочую высоту щели (h_p) в миллиметрах определяют из условия

$$h_p = \frac{H_p}{\Gamma_{\text{вых оп}} \cdot \Gamma_э \cdot \Gamma_{\text{вх оп}}}, \qquad (6)$$

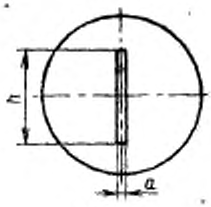
где H_p — высота элемента анализирующего растра;

$\Gamma_{\text{вых.оп}}$ — увеличение выходной оптики;

$\Gamma_э$ — электронное увеличение испытуемого ЭОП.

Полная высота щели (h) должна удовлетворять условию

$$h \geqslant 1{,}1 h_p.$$



Черт. 2

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Рекомендуемое

ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕМЕНТАМ СХЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ

1. Длина элемента l_p анализирующего растра должна удовлетворять требованию

$$l_p \geqslant \delta \cdot \Gamma_{\text{вых.оп}} \cdot \Gamma_э, \qquad (7)$$

где δ — ширина функции рассеяния линии ЭОП, приведенная к плоскости катода, в пределах которой содержится не менее 99 % энергии светящейся щели;

$\Gamma_{\text{вых.оп}}$ — увеличение выходной оптики;

$\Gamma_э$ — электронно-оптическое увеличение ЭОП.

Значение δ — функция рассеяния линии, в пределах которой сосредоточено R 100 %-ной энергии светящейся линии, определяется распределением энергии в изображении линии, выражаемая Гауссовской функцией

$$L(x) = e^{\frac{-x^2}{4b^2}}, \qquad (8)$$

где x — приведено к плоскости катода ЭОП.

В этом случае

$$R=\frac{\int_0^{x=\frac{b}{2}} e^{\frac{-x^2}{4b^2}}\,dx}{\int_0^{\infty} e^{\frac{-x^2}{4b^2}}\,dx}. \qquad (9)$$

Интеграл в знаменателе формулы (9) равен $\sqrt{\pi b}$. Интеграл в числителе формулы (9) равен $2b\sqrt{\pi}\,\Phi_0(x)$, где $\Phi_0(x)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_0^x e^{\frac{-t^2}{2}}\,dt$ — интеграл вероятности.

Решая формулу (9), получим

$$R=2\Phi_0(x). \qquad (10)$$

Найдя по значению функции $\Phi_0(x)=\frac{R}{2}$ значение аргумента x (по таблицам интеграла вероятности), определяют (δ) из соотношения

$$\delta=x2\sqrt{2}\,b, \qquad (11)$$

где b — параметр, характеризующий степень размытия изображения точки ЭОП.

Параметр (b) может приблизительно определен по известному значению предела разрешения ЭОП $N_{пр}$

$$b^2=\frac{5{,}75-\frac{0{,}903N_{пр}}{\Gamma_э\cdot\Gamma_{ок}}}{N_{пр}^2}, \qquad (12)$$

где $N_{пр}$ — предел разрешения ЭОП;

$\Gamma_э$, $\Gamma_{ок}$ — электронно-оптическое увеличение ЭОП и увеличение окуляра при измерении $N_{пр}$ соответственно.

Так например, если $N_{пр}=30$ мм$^{-1}$, $\Gamma_э=1$, $\Gamma_{ок}=15\times$, то $b=0{,}066$ (по формуле 12) и $\delta=0{,}3$ мм (по формуле 11).

2. Прозрачность светлых участков растра должна быть 0,05, плотность непрозрачного слоя $\leqslant 3$.

3. Линейное поле зрения ($2l'$) выходного микрообъектива должно удовлетворять условию

$$2l'\geqslant\sqrt{H_р^2+l_р^2}, \qquad (13)$$

где $H_р$ — высота элемента анализирующего растра;

$l_р$ — длина элемента анализирующего растра.

4. Световой диаметр коллектива ($D_{св}$) должен быть не менее линейного поля зрения выходного микрообъектива.

$$D_{св}=\sqrt{H_р^2+l_р^2}. \qquad (14)$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 4
Рекомендуемое

ПЕРЕЧЕНЬ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ

Приемник излучения	— ФЭУ—84 ОРЗ.358.044 ТУ чувствительность фотокатода не менее 130 мкА/лм; анодная чувствительность не менее 100 А/лм; темновой ток не более $3 \cdot 10^{-8}$ А
Быстродействующий самопишущий прибор	— Н338 ТУ 25—04—2368—74 постоянные регистрации: 0,02; 0,05 В/см; частотный диапазон 0—100 Гц
Микрообъективы	— по РМО 912—68 ОМ-12 увеличение 3,7×, апертура 0,11; М-42 увеличение 10×, апертура 0,2; ОМ-5 увеличение 10×, апертура 0,3; ОМ-27 увеличение 20×, апертура 0,4; ОМ-16 увеличение 40×, апертура 0,95; ОХ-14 фокусное расстояние 13,9 мм
Окуляры Гюйгенса	— АМ-6 увеличение 4×; АМ-11 увеличение 7×
Установка для измерений частотно-контрастных характеристик (ЧКХ) ЭОП	— К 08.421 ТУ диапазон пространственных частот миры от $N \approx 0{,}06$ до 2,0 мм$^{-1}$; длина измеряемых ЭОП от 50 мм до 300 мм; ширина рабочей щели 0,1 мм; освещенность на входе испытуемого ЭОП от $5 \cdot 10^{-4}$ лк до 52 лк.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5
Обязательное

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОПРАВОЧНОГО КОЭФФИЦИЕНТА $K_п$

Из теории спектров известно, что спектр сигнала на выходе системы I_N связан со спектром входного сигнала O_N соотношением

$$I_N = F_N \cdot O_N , \qquad (15)$$

где O_N — спектр сигнала на входе системы;

F_N — частотно-контрастная характеристика системы в целом.

На установке, функциональная схема которой показана на черт. 1, измеряемая величина $T_{N_к}$ представляет значение функции τ_N на частоте $N = N_к$.

Значение функции τ_N на пространственной частоте $N = N_к$ равно

$$\tau_{N_к} = T_{вх_{N_к}} \cdot T_{N_к} \cdot T_{вых_{N_э}}, \qquad (16)$$

где $T_{вх_{N_к}}$ — коэффициент передачи контраста входной оптики;

$T_{N_к}$ — коэффициент передачи контраста ЭОП;

$T_{вых_{N_э}}$ — коэффициент передачи контраста выходного блока.

Значение функции (O_N) на пространственной частоте $N_э = N_к / \Gamma_э$ вычисляют по формуле

$$\overline{O}_{N_к} = \frac{\sin(N_к \cdot \Delta \cdot \pi)}{N_к \cdot \Delta \cdot \pi}, \qquad (17)$$

где Δ — ширина щели, приведенная к плоскости катода ЭОП, мм (

$$(\Delta = a \cdot \Gamma_{вх\ оп}).$$

Следовательно, в соответствии с формулой (15), на частоте $N = N_к$ измеряемое значение КПК равно

$$T'_{N_к} = T_{вх N_к} \cdot T_{N_к} \cdot T_{вых N_э} \cdot O_{N_к} \qquad (18)$$

Пользуясь формулами (16) и (18), можно получить искомое значение $T_{N_к}$ ЭОП

$$T_{N_к} = \frac{T'_{N_к}}{T_{вх N_к} \cdot T_{вых N_э} \cdot \overline{O}_{N_к}} = T'_{N_к} \cdot K_п, \qquad (19)$$

где $K_п = \frac{1}{T_{вх N_к} \cdot T_{вых N_э} \cdot \overline{O}_{N_к}}$ — поправочный коэффициент (20) установки на частоте $N_к$;

$\frac{1}{\overline{O}_{N_к}}$ — поправка, учитывающая погрешность, вносимую щелью при отступлении ее размера Δ от величины, равной $\Delta = \frac{1}{10 N_к}$ (практически не вносящей погрешность в метод измерения).

1. Методика определения $K_п$ установки для измерения ЭОП с $\Gamma_э \geq 0{,}81$

1.1. Для определения $K_п$ установки используют измерительные приборы и вспомогательные устройства, входящие в установку, функциональная схема которой приведена на черт. 1.

1.2. Входной блок с рабочей щелью (осветитель, входная оптика) и блок приемного устройства (анализирующий блок и регистрирующее устройство) сдвинуть навстречу друг другу до получения резкого изображения рабочей щели в плоскости анализирующего растра.

1.3. Измерения КПК установки провести в соответствии с пп. 3.5—3.7, а обработку результатов — в соответствии с разд. 4 настоящего стандарта.

Полученное значение

$$T_{уст N_к} = T_{вх N_к} \cdot T_{вых N_э} = N_к, \qquad (21)$$

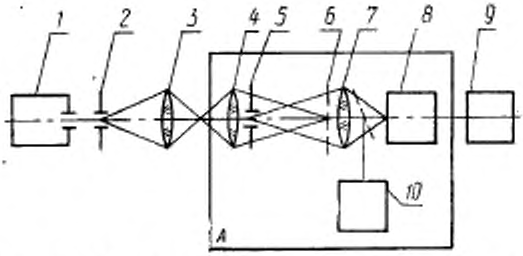
1.4. Измерение проводят не менее 9 раз. Среднее арифметическое значение $T_{уст N_к}$ для каждой группы растра рассчитывают по формуле

$$\overline{T}'_{уст\ N_к} = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_i}{n}, \qquad (22)$$

где n — число измерений;

i — номер измерения.

1.5. Поправочный коэффициент $K_{\text{п}}$ рассчитывают по формуле (20) с учетом расчета $\overline{O}_{N_{\text{к}}}$ по формуле (17) и $\overline{T}_{\text{уст}N_{\text{к}}}$ по формуле (22).



1 — осветитель; *2* — диафрагма со щелью; *3* — входная оптика (микрообъектив в обратном ходе); *4* — выходной микрообъектив; *5* — выходной зрачок микрообъектива поз. *4*; *6* — анализирующий растр; *7* — коллектив; *8* — приемник излучения; *9* — регистрирующее устройство; *10* — микроскоп; *А* — анализирующий блок

Черт. 3

2. Методика определения $K_{\text{п}}$ установки для измерения ЭОП с $\Gamma_{\text{э}} \leqslant 0{,}8$

2.1. Для случая, когда электронно-оптическое увеличение испытуемого изделия $\Gamma_{\text{э}} \leqslant 0{,}8$, при измерении КПК ЭОП блок осветителя будет работать на частотах $N_{\text{к}}$, а приемный блок — на частотах $N_{\text{э}} = \dfrac{N_{\text{к}}}{\Gamma_{\text{э}}}$.

В этом случае необходимо провести раздельные измерения КПК блока осветителя и приемного блока, а поправочный коэффициент определять по формуле

$$K_{\text{п}} = K_{\text{п}_1} \cdot K_{\text{п}_2}, \tag{23}$$

где $K_{\text{п}_1} = \dfrac{1}{T_{\text{вх}N_{\text{к}}} \overline{O}_{N_{\text{к}}}}$ — поправочный коэффициент осветителя с рабочей щелью;

$K_{\text{п}_2} = \dfrac{1}{T_{\text{вых}N_{\text{э}}}}$ — поправочный коэффициент приемного блока.

2.2. Измерения проводят поэтапно.

2.2.1. Провести измерения КПК по методике, указанной выше в полном диапазоне частот, и провести расчет по формуле (22).

2.2.2. В плоскость предмета выходного микрообъектива ввести вспомогательную щель

$$\Delta_{\text{вспом}} \leqslant \frac{P_{p\min}}{4\Gamma_{\text{вых.об}}},$$

где $P_{p\min}$ — минимальный период растра анализирующего узла;

$\Gamma_{\text{вых.об}}$ — увеличение оптики анализирующего блока.

2.2.3. Рабочую щель вынуть.

2.2.4. Провести измерения КПК выходного блока. Измерения повторить не менее 9 раз.

2.2.5. Вычислить средние арифметические значения КПК для каждой группы растра по формуле

$$\overline{T}'_{\text{вых}N_{\text{К}}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} T'_{\text{вых}N_{\text{Э}i}}}{n} , \qquad (24)$$

2.2.6. Искомое значение $T_{\text{вых}N_{\text{Э}}}$ вычислить по формуле

$$T_{\text{вых}N_{\text{Э}}} = \frac{\overline{T}'_{\text{вых}N_{\text{Э}}}}{\overline{O}'_{N_{\text{Э}}}} , \qquad (25)$$

где $\overline{O}'_{N_{\text{Э}}} = \frac{\sin(N_{\text{Э}} \cdot \Delta_{\text{всп}} \cdot \pi)}{N_{\text{Э}} \Delta_{\text{всп}} \cdot \pi}$ — значение функции O_N для вспомогательной щели $\Delta_{\text{всп}}$.

2.2.7. Поправочные коэффициенты $K_{\text{п}_1}$ и $K_{\text{п}_2}$ вычисляются соответственно по формулам:

$$K_{\text{п}_1} = \frac{T_{\text{вых}N_{\text{Э}}}}{\overline{T}'_{\text{уст}N_{\text{К}}} \cdot \overline{O}_{N_{\text{К}}}} , \qquad (26)$$

где $T_{\text{вых}N_{\text{Э}}}$ — рассчитывают по формуле (25);

$\overline{O}_{N_{\text{К}}}$ — рассчитывают по формуле (17);

$\overline{T}'_{\text{уст}N_{\text{К}}}$ — рассчитывают по формуле (22).

$$K_{\text{п}_2} = \frac{1}{T_{\text{вых}N_{\text{Э}}}} , \qquad (27)$$

где $T_{\text{вых}N_{\text{Э}}}$ — рассчитано по формуле (25).

2.2.8. Построить графики зависимости $K_{\text{п}_1} = f(N_{\text{К}})$ и $K_{\text{п}_2} = f(N_{\text{Э}})$.

При расчете $K_{\text{п}}$ по формуле (23) значение $K_{\text{п}_1}$ и $K_{\text{п}_2}$ берут из графиков, причем $K_{\text{п}_1}$ — на частотах $N_{\text{К}}$, указанных в НТД на испытуемый тип изделий; а $K_{\text{п}_2}$ — на частотах $N_{\text{Э}} = \frac{N_{\text{К}}}{\Gamma_{\text{Э}}}$, где $\Gamma_{\text{Э}}$ — электронно-оптическое увеличение испытуемого изделия.

2.2.9. Основная приведенная погрешность при определении $K_{\text{п}}$ не превышает 5 % при доверительной вероятности 0,95, закон распределения — нормальный.

Примечание. При определении $K_{\text{п}}$ увеличение микрообъективов входного блока и выходного должно быть одинаковым (например для случая, когда $\Gamma_{\text{Э}} \geqslant 0{,}81$, 10×, а для случая, когда $\Gamma_{\text{Э}} < 0{,}8$, 20×).

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
Справочное

РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТИ

1. Формула вычисления коэффициента передачи контраста на заданной частоте $N_к$, приведенной в плоскость катода испытуемого ЭОП, по данным измерений имеет следующий вид

$$T_{N_к} = \frac{T'_{N_к}}{T_{уст} \cdot \widetilde{O}_N} = T'_{N_к} \cdot K_п, \qquad (28)$$

где $T'_{N_к}$ — измеряемое значение КПК;

$K_п$ — поправочный коэффициент, учитывающий систематическую погрешность, вносимую измерительной установкой.

2. Средняя квадратическая погрешность измерения КПК вычисляется по формуле

$$\sigma_{T_{N_к}} = \sqrt{2\sigma^2_{пр.ус} + K^2_U \sigma^2_{U_{пф}} + \sigma^2_{iл} + \sigma^2_{K_п}}, \qquad (29)$$

где $\sigma_{пр.ус}$ — средняя квадратическая случайная погрешность приемного блока установки;

$\sigma_{U_{пф}}$ — средняя квадратическая погрешность, обусловленная нестабильностью подфокусирующего напряжения ЭОП;

K_U — коэффициент влияния приращения подфокусирующего напряжения ЭОП на приращение отсчета n ($K_U = 1$);

$\sigma_{iл}$ — средняя квадратическая погрешность, связанная с нестабильностью питания лампы;

$\sigma_{K_п N_к}$ — средняя квадратическая погрешность при определении систематической ошибки установки $\left(K_п N_к = \frac{1}{T_{уст} \widetilde{O}_{N_к}} \right)$ на частоте $N_к$.

2.1. Средняя квадратическая случайная погрешность приемного блока установки (приемник ФЭУ-84) составляет $\sigma_{пр.ус} = 2{,}0$ %.

2.2. Среднюю квадратическую погрешность $\sigma_{U_{пф}}$, обусловленную подфокусирующим напряжением ЭОП, вычислять по формуле

$$\sigma^2_{U_{пф}} = \sigma^2_{U_{пр}} + \sigma^2_{U_{пульс}} + \sigma^2_{U_{ист}} + \sigma^2_{U_t}, \qquad (30)$$

где $\sigma_{U_{пр}}$, $\sigma_{U_{пульс}}$, σ_{U_t} — СКО прибора контроля подфокусирующего напряжения, связанные с пульсациями и нестабильностью напряжения.

$$\sigma_{U_{пр}} = \frac{\delta_U}{1{,}73} = \frac{1{,}5}{1{,}73} = 0{,}87\ \%,$$

где δ_U — основная погрешность прибора контроля подфокусирующего напряжения;

σ_{U_t} — дополнительная средняя квадратическая погрешность прибора на краю интервала температур (25—30) °С.

$$\sigma_{U_t} = \frac{\delta_U \cdot 0{,}5}{1{,}73} = \frac{1{,}5 \cdot 0{,}5}{1{,}73} = 0{,}43\ \%.$$

$$\sigma_{U_{\text{пульс}}} = \frac{\varepsilon_{\text{н.п}}}{3} = \frac{0{,}1}{3} = 0{,}033\ \%,$$

где $\varepsilon_{\text{н.п}}$ — максимальная величина пульсации источников питания изделий ($\varepsilon_{\text{н.п}} = 0{,}1$ %).

$$\sigma^2_{\text{вст}} = \left(\frac{\varepsilon_{\text{вст.в}}}{1{,}73}\right)^2 + \left(\frac{\varepsilon_{\text{вст.с}}}{2{,}4}\right)^2 = 0{,}42\ \%,$$

$\varepsilon_{\text{вст}}$ — максимальное значение нестабильности подфокусирующего напряжения ($\varepsilon_{\text{вст. в}}$ — во времени — 1 % и $\varepsilon_{\text{вст.с}}$ — по сети — 1 %).

Подставляя полученные значения в формулу (30), получим

$$\sigma^2_{U_{\Sigma\phi}} = 0{,}87^2 + 0{,}43^2 + 0{,}033^2 + 0{,}42^2 = 1{,}12\ \%.$$

2.3. Среднюю квадратическую погрешность $\sigma_{i\text{л}}$, связанная с нестабильностью питания лампы, вычисляют по формуле

$$\sigma^2_{i\text{л}} = K^2_{\text{л}} (\sigma^2_{i_{\text{л.с}}} + \sigma^2_{i_{\text{л.в}}}), \qquad (31)$$

где $K_{\text{л}}$ — коэффициент влияния нестабильности источника питания лампы на отсчеты n и n_0 (определен экспериментально $K_{\text{л}} = 6{,}5$).

$\sigma_{i_{\text{л.с}}}$, $\sigma_{i_{\text{л.в}}}$ — средняя квадратическая погрешность нестабильности источника питания лампы при изменении напряжения сети на ±10 % и за время измерения соответственно

$$\sigma_{i_{\text{л.с}}} = \sigma_{i_{\text{л.в}}} = \frac{\varepsilon_{i_{\text{л.с}}}}{3} = \frac{\varepsilon_{i_{\text{л.в}}}}{3} = \frac{0{,}2}{3} = 0{,}067\ \%;$$

$\varepsilon_{i_{\text{л.с}}} = \varepsilon_{i_{\text{л.в}}}$ — максимальное значение нестабильности источника питания лампы.

Подставив численные значения в формулу (31), получим

$$\sigma^2_{i_{\text{л}}} = 6{,}5^2 (0{,}067^2 + 0{,}067^2) = 0{,}38\ \%.$$

2.4. Определение погрешности $\sigma_{K_{\text{п}} N_{\text{к}}}$.

2.4.1. Среднюю квадратическую погрешность $\sigma_{K_{\text{п}} N_{\text{к}}}$ при определении систематической ошибки установки на частоте $N_{\text{к}} = \frac{f_{\text{э}} \cdot f_{\text{вых оп}}}{P}$ для изделий с $f_{\text{э}} \geqslant 0{,}81$ вычисляют по формуле

$$\sigma^2_{K_{\text{п}} N_{\text{к}}} = \sigma^2_{\text{уст}\, N_{\text{к}}} + \sigma^2_{N_{\text{к}}} + \sigma^2_{\overline{D} N_{\text{к}}}, \qquad (32)$$

где $\sigma_{\text{уст}\, N_{\text{к}}}$ — средняя квадратическая погрешность при определении КПК самой установки на частоте $N_{\text{к}}$;

$\sigma_{N_{\text{к}}}$ — средняя квадратическая погрешность при вычислении $N_{\text{к}}$;

$\sigma_{\overline{D} N_{\text{к}}}$ — средняя квадратическая погрешность за счет поправки на ширину рабочей щели $d_{\text{щ}}$ установки.

2.4.2. Среднюю квадратическую погрешность $\sigma_{\text{уст}\, N_{\text{к}}}$ при определении КПК самой установки вычисляют по формуле

$$\sigma^2_{\text{уст}\,N_к}=2\sigma^2_{\text{пр.ус}}+\sigma^2_{i_{\text{лст}}}, \qquad (33)$$

где $\sigma_{\text{пр.уст}}=2$ %;

$\sigma_{i_{\text{лст}}}$ — средняя квадратическая погрешность нестабильности источника питания лампы.

$$\sigma^2_{i_{\text{лст}}}=\sigma^2_{i_{\text{л.с}}}+\sigma^2_{i_{\text{л.в}}}=2\cdot0{,}067^2=0{,}01\ \%.$$

Подставив численные значения в формулу (33), получим

$$\sigma^2_{\text{уст}\,N_к}=2\cdot2^2+0{,}01=8{,}01\ \%.$$

2.4.3. Среднюю квадратическую погрешность при вычислении $N_к$ определяют по формуле

$$\sigma^2_{N_к}=\sigma^2_{\Gamma_{\text{вых.об}}}+\sigma^2_{\Gamma_э}+\sigma^2_{\text{растр}}, \qquad (34)$$

где $\sigma_{\Gamma_{\text{вых.об}}}$ — средняя квадратическая погрешность при определении оптического увеличения микрообъектива блока ($\sigma_{\Gamma_{\text{вых.об}}}=1{,}75$ % для цены деления окулярного микрометра $C=0{,}00103$ мм);

$\sigma_{\Gamma_э}$ — средняя квадратическая погрешность при измерении электронно-оптического увеличения ($\sigma_{\Gamma_э}=1{,}5$ % по ГОСТ 21815.10);

$\sigma_{\text{растр}}$ — средняя квадратическая погрешность при измерении периода растра P.

$\sigma_{\text{растр}}=\frac{1}{3}\frac{\Delta P}{P}\cdot100$ % $\frac{\Delta P}{P}=0{,}025$ для любого периода растра в соответствии с ОСТ 3.4804.

$$\sigma_{\text{растр}}=\frac{0{,}025}{3}\cdot100=0{,}83\ \%.$$

Подставляя численные значения в формулу (33), получим

$$\sigma^2_{N_к}=1{,}75^2+1{,}5^2+0{,}83^2=6{,}0\ \%.$$

2.4.4. Поправку за ширину рабочей щели ($d_щ$) установки вычисляют по формуле

$$\overline{O}_{N_к}=\frac{\sin(\pi\cdot N_к\cdot d_щ\cdot\Gamma_{\text{вх.об}})}{\pi\cdot N_к\cdot d_щ\cdot\Gamma_{\text{вх.об}}}. \qquad (35)$$

Среднюю квадратическую погрешность за счет поправки на ширину рабочей щели ($\sigma_{\overline{O}_{N_к}}$) вычисляют по формуле

$$\sigma_{\overline{O}_{N_к}}=(x\operatorname{ctg}x-1)\sqrt{2\sigma^2_{N_к}+2\sigma^2_{d_щ}+2\sigma_{\Gamma_{\text{вх.об}}}}, \qquad (36)$$

где $x=\pi\cdot N_к\cdot d_щ\cdot\Gamma_{\text{вх.об}}$;

$\sigma_{N_к}=2{,}45$ % в соответствии с формулой (34);

$\sigma_{d_щ}$ — средняя квадратическая погрешность при измерении рабочей щели $d_щ$; $\sigma_{d_щ}=1$ % (измерительный компаратор ИЗА-2);

$\sigma_{\Gamma_{\text{вх.об}}}$ – средняя квадратическая погрешность при определении оптического увеличения микрообъектива осветителя;

$\sigma_{\Gamma_{\text{вх.об}}} = 1{,}75$ % (для микроскопа с 10× микрообъективом и окуляром МОВ-1—16× с ценой деления 0,00103 мм).

Для $d_{\text{щ}}=0{,}1$ мм, $N_{\text{к}}=16$ мм$^{-1}$, $\Gamma_{\text{вх.об}}=0{,}1\times$

$$\sigma_{\overline{O}_{N_{\text{к}}}} = 0{,}1\sqrt{2\cdot 6+2\cdot 1^2+2\cdot 1{,}75^2} = 0{,}1\sqrt{20{,}125} = 0{,}45\ \%.$$

Подставив численные значения в формулу (32), получим

$$\sigma^2_{K_{\text{п}}N_{\text{к}}} = 8\ 0{,}1+6{,}0+0{,}45^2 = 14{,}2\ \%;$$

$$\sigma_{K_{\text{п}}N_{\text{к}}} \approx 3{,}8\ \%.$$

2.4.5. Погрешность $\sigma_{K_{\text{п}}N_{\text{к}}}$ для изделий с $\Gamma_{\text{э}} \leqslant 0{,}8$ определяют по формуле

$$\sigma_{K_{\text{п}}N_{\text{к}}} = 2\sigma^2_{\text{уст}N_{\text{к}}} + \sigma^2_{N_{\text{к}}} + \sigma^2_{\overline{O}_{N_{\text{к}}}} + \sigma^2_{\overline{O}'_{N_{\text{э}}}} + \sigma^2_{\text{счит}}, \qquad (37)$$

где $\sigma_{\overline{O}'_{N_{\text{э}}}}$ – средняя квадратическая погрешность за счет поправки на ширину вспомогательной щели $\Delta_{\text{всп}}$ при определении КПК приемного блока;

$\sigma_{\text{счит}}$ — погрешность считывания с графика значений $K_{\text{п}}$, и $K_{\text{п}_{\text{э}}}$ составляют 1,0 % (определено экспериментально);

$\sigma_{\text{уст}N_{\text{к}}}$, $\sigma_{N_{\text{к}}}$, $\sigma_{\overline{O}_{N_{\text{к}}}}$ в соответствии с пп. 2.4.2, 2.4.3, 2.4.4.

2.4.5. Поправку за ширину вспомогательной щели $\Delta_{\text{всп}}$ при определении КПК приемного блока вычисляют по формуле

$$\overline{O}'_{N_{\text{э}}} = \frac{\sin(\pi\cdot N_{\text{э}}\cdot\Delta_{\text{всп}})}{\pi\cdot N_{\text{э}}\cdot\Delta_{\text{всп}}}. \qquad (38)$$

Среднюю квадратическую погрешность за счет поправки на ширину вспомогательной щели ($\sigma_{\overline{O}'_{N_{\text{э}}}}$) вычисляют по формуле

$$\sigma_{\overline{O}'_{N_{\text{э}}}} = (x\operatorname{ctg}(x-1))\sqrt{2\sigma^2_{N_{\text{э}}}+2\sigma^2_{\Delta_{\text{всп}}}}, \qquad (39)$$

где $x=\pi\cdot N_{\text{э}}\Delta_{\text{всп}}$;

$\sigma_{N_{\text{э}}}$ – средняя квадратическая погрешность при вычислении

$$N_{\text{э}} = \frac{\Gamma_{\text{вых.об}}}{P};$$

$$\sigma^2_{N_{\text{э}}} = \sigma^2_{\text{растр}} + \sigma^2_{\Gamma_{\text{вых.об}}} = 0{,}83^2 + 1{,}75^2 = 2{,}58\ \%;$$

$\sigma_{\Delta_{\text{всп}}}$ — средняя квадратическая погрешность при измерении вспомогательной щели $\Delta_{\text{всп}}$ (измерительный компаратор ИЗА-2);

$\sigma_{\Delta_{\text{всп}}} = 1$ %.

Для $\Delta_{\text{всп}}=0{,}015$ мм, $N_{\text{э}}=16$ мм$^{-1}$

$$\sigma_{\overline{U}_{N_э}}=0,2\sqrt{2\cdot2,58+2\cdot1^2}=0,54\ \%.$$

Подставив численные значения в формулу (37), получим

$$\sigma^2_{K_п N_к}=2\cdot8,01+6,0+0,45^2+0,51^2+1^2=23,5\ \%;$$

$$\sigma_{K_п N_к}=4,8\ \%.$$

3. Среднюю квадратическую погрешность измерения коэффициента передачи контраста вычисляют по формуле (29), подставляя численные значения.

Для изделий с $\Gamma_э<0,8$

$$\sigma_{T_{N_к}}=\sqrt{2,2^2+1,12^2+0,38^2+4,8^2}=\sqrt{32,4}=5,7\ \%.$$

Суммарная погрешность измерения для частоты, не превышающей 16 мм$^{-1}$, с вероятностью 0,95 находится в интервале

$$\delta_{T_{N_к}}=\pm1,96\sigma_{T_{N_к}}=\pm1,96\cdot5,7=\pm11,2\ \%.$$

Для изделий с $\Gamma_э<0,81$

$$\sigma_{T_{N_к}}=\sqrt{2\cdot2^2+1,12^2+0,38^2+3,8^2}=4,9\ \%.$$

$$\delta_{T_{N_к}}=\pm1,96\cdot4,9=\pm9,6\ \%.$$

Закон распределения — нормальный.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

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

РАЗРАБОТЧИКИ

С. Н. Крестинин (руководитель темы); **С. А. Муравлева; 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 № 3725

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

4. Взамен ОСТ В3—4119—78

5. Ссылочные нормативно-технические документы

Обозначение НТД, на который дана ссылка	Номер пункта
ГОСТ 7721—89	3.3
ГОСТ 11612.0—81	Вводная часть
ГОСТ 16263—70	Вводная часть
ГОСТ 19803—86	Вводная часть
ГОСТ 21815.0—86	Вводная часть, 2.2; 2.9
ГОСТ 21815.10—86	4.1

Редактор *Р. Г. Говердовская*
Технический редактор *Л. Я. Митрофанова*
Корректор *Е. Ю. Гебрук*

Сдано в наб. 27.02.91 Подп. в печ. 24.05.91 1,25 усл. п. л. 1,25 усл. кр.-отт. 1,10 уч.-изд. л. Т. раж 3000 Цена 45 к.

gost.e-ecolog.ru

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123557, Москва, ГСП, Новопресненский пер., 3
Калужская типография стандартов, ул. Московская, 256. Зак. 462