ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ФОТОХРОНОГРАФЫ ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИЕ

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

РД 50-414—83

Москва
ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ
1984

gost.e-ecolog.ru

РАЗРАБОТАНЫ Государственным комитетом СССР по стандартам

ИСПОЛНИТЕЛИ

Б. М. Степанов, В. И. Сачков (руководители темы), **Г. В. Колесов, А. Г. Сергеев**

ВНЕСЕНЫ Государственным комитетом СССР по стандартам

Член Госстандарта **Л. К. Исаев**

УТВЕРЖДЕНЫ И ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 8 июля 1983 г. № 3041

УДК 681.118.7.089.6:006.354

РУКОВОДЯЩИЙ НОРМАТИВНЫЙ ДОКУМЕНТ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Фотохронографы электронно-оптические. Методы и средства поверки

РД 50-414—83

Введены впервые

Утверждены Постановлением Госстандарта от 6 июля 1983 г. № 3041, срок введения установлен с 01.07.84

Настоящие методические указания распространяются на рабочие электронно-оптические фотохронографы для измерений пространственных и временных характеристик оптического излучения однократных процессов в пико-, нано- и микросекундных диапазонах, и устанавливают методы и средства их первичной и периодической поверок.

1. ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1. При проведении поверки должны быть выполнены следующие операции: внешний осмотр и опробование (п. 4.1); определение коэффициента развертки (п. 4.2); определение нелинейности развертки (п. 4.3); определение временного разрешения (п. 4.4); определение нелинейности увеличения (п. 4.5); определение пространственного разрешения (п. 4.6); определение основной погрешности в диапазоне измерения временных интервалов (п. 4.7); определение основной погрешности в диапазоне измерения пространственных интервалов (п. 4.8).

Примечания:

1. Все операции поверки, за исключением определения временного разрешения, должны быть выполнены для каждой развертки поверяемого фотохронографа.

2. Операция определения временного разрешения по п. 4.4 должна быть выполнена для разверток с номинальным значением коэффициента развертки не более 0,1 нс/мм.

2. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1. При проведении поверки должны быть применены следующие средства поверки.

2.1.1. Поверочная установка — рационально скомпонованный набор оборудования, позволяющий применять измерительные схемы по режимам измерений А, Б и В.

© Издательство стандартов, 1984

2.1.1.1. В режиме А применяют лазер самосинхронизации мод с устройством для выделения одиночного импульса из цуга импульсов излучения типов ЛИ-С 801 и ЛИ-Р 801 с рабочей длиной волны соответственно 1,06 и 0,69 мкм; длительность импульса не более 20 пс; энергия импульса не менее 0,5 мДж;

интерферометр Фабри-Перо типа ИТ-51-30: пределы установки базы набором распорных колец не менее 0,3—30 мм; пределы допускаемых отклонений размеров распорных колец от номинальных значений — по нормативно-технической документации (далее НТД) на интерферометр конкретного типа;

фотоэлектрический преобразователь типа ФК-26 с источником питания БП-58: спектральная чувствительность — на рабочей длине волны, равной 1,06 и 0,53 мкм; время нарастания переходной характеристики не более 0,05 нс; предел линейности световой характеристики в импульсном режиме не менее 1 А; предел допускаемой основной погрешности не более 25 %; напряжение источника питания 1000 В; нестабильность напряжения не более 0,01 %;

светоделитель — пластина из стекла марки БС-2 из набора цветных стекол по ГОСТ 9411—81 с размерами не менее 40×40 мм^2 и толщиной не более 2 мм;

ослабитель излучения — набор нейтральных светофильтров из стекла марки НС-1 из набора цветного стекла по ГОСТ 9411—81: размеры не менее 40×40 мм^2; оптическая плотность 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 и 1,0 толщиной 3,24; 7,24; 11,24; 15,24 и 19,24 мм соответственно; пределы допускаемого отклонения толщины от номинального значения не более 1 %;

оптическая линия задержки — зеркала в количестве 2 шт. или более, устанавливаемые на пути светового луча и удлиняющие его траекторию; коэффициент отражения не менее 0,98; диаметр не менее 40 мм; общая длина траектории светового луча между первым и последним отражениями не менее $c\cdot\tau_{зп}$ мм, где $\tau_{зп}$ — задержка запуска развертки проверяемого фотохронографа, нс; c — скорость света, равная 300 мм/нс.

2.1.1.2. В режиме Б применяют генераторы синусоидального напряжения типов Г4-153, Г4-154, Г4-143 и Г4-128: частота не менее 10 $T_{р.н}^{-1}$ МГц, где $T_{р.н}$ — номинальное значение длительности развертки поверяемого фотохронографа, мкс; погрешность установки частоты — по НТД на генератор конкретного типа; нестабильность частоты не более $10^{-4} f_н$ за 1 ч, где $f_н$ — номинальное значение частоты генератора; выходное напряжение на нагрузке 1 кОм не менее 30 В для частот менее 50 МГц и выходная мощность на нагрузке 50 Ом не менее 0,5 Вт для частот более 50 МГц.

Если диапазон частот одного генератора недостаточен для обеспечения поверки фотохронографа для всех его разверток, предусмотренных режимом Б, допускается применять несколько генераторов синусоидального напряжения;

электронно-счетный частотомер типа Ч3-54 с набором сменных блоков: диапазон измерения частоты 0,1 Гц — 300 МГц и 0,1—1 ГГц с блоком ЯЗЧ-41; уровень измеряемого сигнала в диапазо-

не напряжений 0,1—100; 0,2—3 и 0,05—1 В соответственно при частотах до 120 МГц, 300 МГц и 0,1—1 ГГц; относительная погрешность по частоте кварцевого генератора не более $1{,}5 \cdot 10^{-7}$ за 1 мес;

импульсная лампа типов ИФК-50 и ИСШ-15 с источником питания: длительность вспышки не менее длительности развертки $T_{рн}$ в микросекундах: электрическая энергия разряда не менее 50 Дж при его длительности не более 5 мс для ИФК-50 и не менее 5 Дж при его длительности не более 5 мкс для ИСШ-15;

генератор импульсов запуска типа Г5—54: длительность импульсов напряжения в диапазоне 0,1—10^3 мкс; временной сдвиг в диапазоне 0,1—1000 мкс; погрешность установки длительности и времени сдвига не более 5 %; длительность фронта импульса не более 50 нс; частота повторения в диапазоне 10 Гц — 100 кГц; выходное напряжение на нагрузке 500 Ом не менее 50 В;

точечная диафрагма: наружный диаметр (18±0,05) мм; диаметр отверстия не более 0,1 мм. Допускается применять точечную диафрагму из комплекта фотохронографа;

ослабитель излучения по п. 2.1.1.1.

2.1.1.3. В режиме В применяют:

лазер с модулированной добротностью с электрооптическим затвором типа ОГМ-40: длительность импульса излучения не более 50 нс; энергия импульса не менее 1 Дж; рабочая длина волны 1,06 и 0,53 (или 0,69) мкм. Допускается применять лазер с длительностью импульса не менее $T_{р.н}$;

светорассеиватель — пластина из молочного стекла марки МС-12: размеры не менее 40×40 мм, толщина 2—3 мм;

коллиматор из комплекта оптической скамьи типа ОСК-3: фокусное расстояние 1000 мм; диаметр объектива 100 мм; пределы допускаемых отклонений от указанных номинальных значений по НТД на компаратор конкретного типа;

штриховая мира по ГОСТ 15114—78. Допускается применять штриховую щелевидную миру из комплекта фотохронографа; стекло марки К-8 толщиной (2,5±0,3) мм; внешний диаметр (18±0,05) мм; прозрачные параллельные штрихи на черном фоне, перпендикулярные длинной стороне штрихового поля; размеры штрихового поля 5,25×(0,25±0,05) мм; ширина штрихов и интервал между ними, в миллиметрах, 0,1±0,005 (1-й разряд), 0,05±±0,005 (2-й разряд), 0,033±0,005 (3-й разряд), 0,025±0,005 (4-й разряд) и их число соответственно 6, 10, 19 и 24;

штриховой щелевидный тест-объект: пластина из стекла марки К-8 по ГОСТ 3514—76 с нарезанными на ней штрихами: размеры не менее 40×40 мм; толщина не более 2 мм; число штрихов не менее 20; интервал между штрихами (2,5±0,05) мм; ширина штрихов не более 0,1; длина штрихов (0,5±0,05) мм; предел допускаемой непараллельности штрихов не более 10′. Допускается применять тест-объект из комплекта фотохронографа;

ослабитель излучения по п. 2.1.1.1;

генератор импульсов запуска по п. 2.1.1.2.

2.1.2. Двухлучевой микроденситометр типа ИФО-451: диапазон измерений 0,02—2,50 Б; предел допускаемой основной погрешности в диапазоне 0—1,8 не более 0,01 и в диапазоне 1,8—2,5 не более 0,02; цена деления шкалы установки измерительной щели по ширине не более 0,01 мм и по высоте не более 0,02 мм; ширина и высота измерительной щели не более 0,10 и 0,20 мм соответственно; масштаб записи 5 : 1 и 100 : 1; предел допускаемого отклонения масштаба записи от установленного значения не более 1 %; *толщина линии записи не более 0,5 мм; время установления* переходной характеристики не более 1,5 с; выброс ПХ не более 0,1 установившегося значения; размеры фотометрируемого поля не менее 24×36 мм; размеры денситограмм 230×300 мм. Предпочтительней применять микроденситометр с автоматическим сканированием фотометрического поля и выдачей измеренных значений плотности и координат в цифровой форме.

2.1.3. Денситометр типа ФСР-41: цветовая температура источника света (2860±20) К; оптический ступенчатый клин с числом полей 21 и константой 0,150±0,005.

Необходимо применять денситометр с корректирующим светофильтром, у которого положение максимума пропускания в спектральном диапазоне должно быть согласовано с положением максимума спектральной яркости люминофора экрана поверяемого фотохронографа, указанным в его НТД.

2.2. Допускается применять в комплекте поверочной установки отдельные, вновь разработанные или находящиеся в применении средства поверки, прошедшие метрологическую аттестацию в органах государственной метрологической службы и удовлетворяющие по точности требованиям настоящих методических указаний.

3. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ

3.1. Поверку следует проводить при температуре окружающего воздуха (20±5)° С; относительной влажности воздуха 45—80 %; атмосферном давлении 720—780 мм рт. ст.; напряжении питающей сети (220±4,4) В; частоте питающей сети 50 Гц (допускаемые отклонения по ГОСТ 13109—67).

3.2. В помещении, предназначенном для поверки или вблизи его, не допускается размещение источников магнитных и электрических полей, влияющих на результаты измерений. В нем не должно быть конвекционных потоков, в том числе активной вентиляции, и посторонних тепловых возмущений.

3.3. Для уменьшения влияния посторонних засветок измерения следует выполнять в частично затемненном помещении.

3.4. Для получения фотохронограмм следует применять фотопленку типа РФ-3 по ГОСТ 4896—80 (одной партии) с чувствительностью не менее 900 $Р^{-1}$ и коэффициентом контрастности не более 1,8.

Химико-фотографическую обработку фотопленки необходимо выполнять в специально оборудованном помещении (фотолаборатории).

Порядок обработки фотопленки по справочному приложению 1, если в НТД на поверяемый фотохронограф не установлены иные условия и порядок обработки.

3.5. Получение сенситограмм и построение характеристик кривых по ГОСТ 10691.0—73.

Рабочий интервал плотностей на фотохронограммах должен находиться в пределах линейного участка характеристической кривой. Для фотопленки, указанной в п. 3.4, он должен быть в пределах 0,5—1,8.

3.6. Энергетическая экспозиция от импульса излучения на входе поверяемого фотохронографа не должна превышать предела допускаемого значения, установленного в НТД на фотохронограф для его электронно-оптического преобразователя (далее ЭОП).

3.7. При поверке фотохронографа с ЭОП, имеющим серебряно-кислородно-цезиевый фотокатод, необходимо применять лазеры с длиной волны 1,06 мкм, для ЭОП с многощелочным фотокатодом — лазеры с длиной волны 0,53 или 0,69 мкм.

3.8. При применении лазеров должен быть обеспечен дозиметрический контроль лазерного излучения по ГОСТ 12.1.031—81.

При работе с лазерами необходимо соблюдать требования безопасности по ГОСТ 24714—81.

При подготовке к поверке и ее проведении должны быть выполнены требования безопасности по ГОСТ 24469—80 и требования, установленные в НТД на поверяемый прибор и средства поверки.

3.9. Средства поверки и поверяемый фотохронограф перед началом поверки должны быть установлены в рабочее положение, присоединены, заземлены, включены в сеть и прогреты согласно их НТД.

Все оптические элементы применяемых приборов и устройств в случае необходимости должны быть промыты спиртом по ГОСТ 5963—81.

Поверочную установку подготавливают по измерительной схеме в соответствии с режимом измерений.

3.10. Оптический тракт поверочной установки для каждого из режимов должен быть перед поверкой отъюстирован, чтобы пучок излучения попадал в центры оптических элементов и приемных поверхностей.

3.11. Режим работы лазера по рабочей длине волны излучения устанавливают по п. 3.7.

3.12. Плотность ослабителя излучения подбирают такой, чтобы выполнялось условие по п. 3.5.

3.13. Растворы для химико-фотографической обработки фотопленки подготавливают по справочному приложению 1.

3.14. В денситометр устанавливают корректирующий светофильтр по п. 2.1.3.

3.15. В микроденситометре устанавливают ширину щели $b_{щ}$ = =0,05 мм и высоту — не более размера изображения.

4. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

4.1. Внешний осмотр и опробование

4.1.1. При внешнем осмотре устанавливают, что

комплектность, маркировка и надписи на лицевой панели фотохронографа соответствуют техническому описанию;

технические повреждения, которые могут влиять на работу фотохронографа, например, плохое крепление или заедание ручек управления, кнопок и тумблеров, вмятины на разъемах или плохая их заделка, повреждение изоляции, заедания фотоприставки, деформация ее тубуса, царапины и сколы на объективах или экране, деформация оправ оптических элементов и анализирующей щели и т. п., отсутствуют;

все оптические поверхности и разъемы высокочастотных соединений чистые.

4.1.2. При опробовании следует руководствоваться техническим описанием поверяемого фотохронографа. Необходимо удостовериться в возможности запуска фотохронографа на каждой из его разверток и получения фотохронограмм с развернутым изображением анализирующей щели фотохронографа.

При опробовании проверяют работу всех органов управления и настройки, в том числе наводку на резкость.

Для освещения входа фотохронографа применяют источник, рекомендуемый в его техническом описании.

Запуск фотохронографа осуществляют генератором по п. 2.1.1.2.

4.1.3. При обнаружении дефектов поверяемый фотохронограф бракуют.

4.2. Коэффициент развертки $K_р$ определяют методом А в диапазоне $K_р \leqslant 0{,}1$ нс/мм и методом Б в диапазоне $K_р > 0{,}1$ нс/мм.

4.2.1. Метод А

4.2.1.1. Коэффициент развертки $K_р^A$ методом А определяют на поверочной установке в режиме А по измерительной схеме (рис. 1).

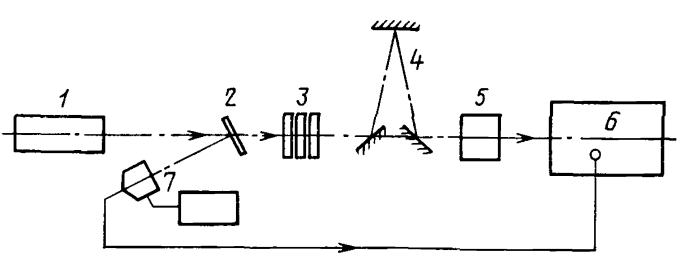


Рис. 1

Импульс излучения лазера *1* подают на интерферометр *5* через светоделитель, ослабитель излучения *3* и оптическую линию задержки *4*. Последовательность импульсов излучения, сформировавшаяся за счет отражений в интерферометре, поступает на вход по-

веряемого фотохронографа *6* и создает последовательность изображений импульсов вдоль развертки на экране фотохронографа.

Запуск развертки осуществляют импульсом напряжения, возникающего на нагрузке преобразователя *7* под действием импульса излучения, ответвленного светоделителем.

Изменяя расстояние между зеркалами оптической линии задержки, синхронизируют начало развертки с положением изображений импульсов на экране. Схему регулируют, чтобы получить отчетливые изображения импульсов.

Экспозицию на входе фотохронографа устанавливают, изменяя оптическую плотность ослабителя так, чтобы оптическая плотность изображения импульсов на фотохронограмме была в пределах, указанных в п. 3.5.

Базу интерферометра устанавливают такой, чтобы интервалы между изображениями импульсов составляли не более 0,1 номинального значения длительности установленной развертки.

Коэффициент развертки определяют с самой быстрой развертки, последовательно переходя к более медленной.

4.2.1.2. Изображение импульсов излучения на экране фотохронографа фотографируют. Фотопленку обрабатывают и получают фотохронограмму.

Для каждой развертки измерения повторяют не менее пяти раз и получают не менее пяти фотохронограмм.

4.2.1.3. Каждую фотохронограмму фотометрируют на микроденситометре и получают денситограмму с графиком распределения оптической плотности вдоль развертки. Временную форму каждого импульса излучения, поданного на фотохронограф, регистрируют на денситограмме в виде соответствующего характерного контура изменения оптической плотности (далее — контур импульса или контур). Фотометрирование выполняют по линии развертки от ее начала к концу.

4.2.1.4. На каждой денситограмме выбирают два соседних контура импульсов, соответствующих по своему положению двум соседним импульсам в середине развертки, и измеряют расстояние $l_{и i}$ между максимумами выбранных контуров, которое соответствует интервалу времени между импульсами излучения.

Если коэффициент развертки усредняют по длине развертки, то на i-й денситограмме последовательно измеряют расстояние $l_{и j i}$ между соседними контурами вдоль всей длины развертки.

Эти расстояния отсчитывают по масштабно-координатной сетке денситограммы или по масштабной линейке между проекциями точек, каждая из которых является серединой ширины соответствующего контура на уровне 0,5, на ось абсцисс денситограммы или на параллельную ей линию.

Если линия записи на денситограмме не является гладкой, а изображает колебания шумового характера около некоторой средней линии, то параметр $l_{и i}$ отсчитывают по средней линии шумовой дорожки, образованной этими колебаниями. Положение средней линии шумовой дорожки определяют визуально.

4.2.1.5. Коэффициент развертки, $K_{\text{р}}^{A}$ (в нс/мм), определяют по формуле

$$K_{\text{р}}^{A}=\frac{2aГ_{l}}{cl_{\text{и}}} \text{ или } \tilde{K}_{\text{р}}^{A}=\frac{2aГ_{l}}{c\,\tilde{l}_{\text{и}}}, \qquad (1)$$

где a — база интерферометра, взятая из НТД на интерферометр, мм; $Г_l$ — масштаб записи на денситограмме по оси абсцисс, взятый из НТД на микроденситометр; c — скорость света, равная 300 мм/нс; $l_{\text{и}}$ и $\tilde{l}_{\text{и}}$ — среднее значение расстояния, определяемое по формуле (2), мм.

Среднее значение расстояния $l_{\text{и}}$ или $\tilde{l}_{\text{и}}$, мм, определяют по формуле

$$l_{\text{и}}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} l_{\text{и}i} \text{ или } \tilde{l}_{\text{и}}=\frac{1}{n\cdot m}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} l_{\text{и}ji}, \qquad (2)$$

где $l_{\text{и}i}$ — расстояние, измеренное по п. 4.2.1.4 на i-й денситограмме, мм; $l_{\text{и}ji}$ — расстояние, измеренное между j-й и $j+1$-контурами на денситограмме, мм; $n\geqslant 5$ — число обработанных по п. 4.2.1.4 денситограмм; $m\approx 10$ — число измеряемых интервалов $l_{\text{и}j}$ на длине развертки.

4.2.2. Метод Б

4.2.2.1. Коэффициент развертки методом Б определяют на поверочной установке в режиме Б по измерительной схеме (рис. 2).

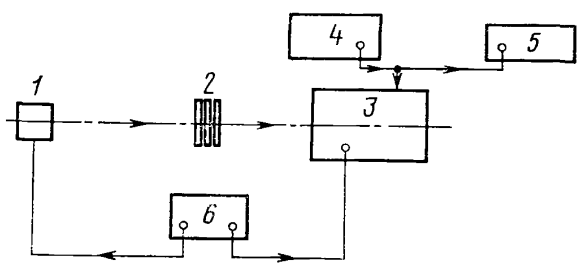


Рис. 2

Вход фотохронографа *3* освещают от импульсной лампы *1* через ослабитель *2* и точечную диафрагму, установленную вместо анализирующей щели фотохронографа. Одновременно на пластины вертикального отклонения ЭОП фотохронографа подают синусоидальное напряжение от генератора *4*, частоту которого измеряют частотомером *5*. Синхронизацию вспышки импульсной лампы и запуска развертки осуществляют генератором *6*.

Экспозицию устанавливают по п. 4.2.1.1.

Частоту генератора *4* устанавливают так, чтобы период колебаний составлял не более 0,1 номинального значения длительности установленной развертки фотохронографа.

4.2.2.2. Получение фотохронограмм с изображением синусоиды — по п. 4.2.1.3, получение денситограмм и фотометрирование — по п. 4.2.1.3.

Пересечения линии фотометрирования с изображением синусоиды регистрируют на денситограмме последовательностью контуров изменения оптической плотности, аналогичных контурам импульсов по п. 4.2.1.3.

4.2.2.3. На каждой денситограмме выбирают три соседних контура, положение среднего из которых соответствует середине развертки, и измеряют расстояние l_{ci} между максимумами крайних контуров, которое соответствует периоду синусоиды.

В случае определения коэффициента развертки, усредненного по длине развертки, на i-й денситограмме последовательно измеряют расстояние l_{cji}, соответствующее периодам синусоиды вдоль всей длины развертки.

Отсчитывание расстояний l_{ci} и l_{cji}, а также измерения при шумовом характере записи — по п. 4.2.1.4.

4.2.2.4. Коэффициент развертки $K_p^Б$ (в нс/мм), определяют по формулам

$$K_p^Б = \frac{\Gamma_l}{f \cdot l_c} \text{ или } \tilde{K}_p^Б = \frac{\Gamma_l}{f \cdot \tilde{l}_c}, \qquad (3)$$

где f — частота синусоидального напряжения, измеренная частотомером, ГГц; l_c и $\tilde{l}_c$ — среднее расстояние, определяемое по формуле (4), мм.

Среднее расстояние l_c или $\tilde{l}_c$, мм, определяют по формуле

$$l_c = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} l_{ci} \text{ или } \tilde{l}_c = \frac{1}{n \cdot m} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} l_{cji}, \qquad (4)$$

где l_{ci} — расстояние, измеренное на i-й денситограмме по п. 4.2.2.3, мм; l_{cji} — расстояние, соответствующее j-му периоду синусоиды на i-й денситограмме, мм; $n \geqslant 5$ — число обработанных по п. 4.2.2.3 денситограмм; $m \approx 10$ — число измеряемых периодов синусоиды на длине развертки.

4.2.3. Коэффициенты развертки, определенные методами А и Б, не должны отклоняться от значений, указанных в НТД на поверяемый фотохронограф, более чем на 20 %.

4.3. Нелинейность развертки определяют методами А и Б.

4.3.1. Для определения используют фотохронограммы и денситограммы, полученные по п. 4.2.1 методом А и по п. 4.2.2. методом Б, а также результаты измерений расстояний $l_{иji}$ или l_{cji}.

Всего используют не менее 50 измеренных значений интервала времени $l_{иji}$ или периода синусоиды l_{cji} в масштабе денситограмм.

4.3.2. Каждый ряд значений $l_{иji}$ или l_{cji} усредняют по числу денситограмм по формуле, аналогичной формуле (2) или (4), и

получают ряд средних значений l_{ij} или l_{cj}. Из этого ряда набирают наибольшее и наименьшее по модулю значения $l_{и\,max}$ и $l_{и\,min}$ или $l_{c\,max}$ и $l_{c\,min}$.

4.3.3. Нелинейность развертки $\delta_{нр}$ (в %), определяют по формулам

$$\delta^{А}_{нр} = \frac{l_{и\,max} - l_{и\,min}}{l_{и\,max} + l_{и\,min}} \cdot 100 \qquad (5)$$

или

$$\delta^{Б}_{нр} = \frac{l_{c\,max} - l_{c\,min}}{l_{c\,max} + l_{c\,min}} \cdot 100, \qquad (6)$$

4.3.4. Нелинейность развертки не должна превышать значения, указанного в НТД на поверяемый фотохронограф, и не должна быть более 20 %.

4.4. Временное разрешение определяют на поверочной установке в режиме А по схеме, приведенной на рис. 1. Взаимодействие элементов схемы по п. 4.2.1.2.

4.4.1. Перед началом измерений устанавливают базу a (в мм), удовлетворяющую условию

$$a \geqslant 5 \cdot 10^{-3} c \cdot T_{р.н} . \qquad (7)$$

Базу уменьшают и тем самым сближают изображения соседних импульсов на фотохронограмме. Эту операцию выполняют до тех пор, пока изображения соседних импульсов на фотохронограмме в середине развертки станут визуально неразличимыми.

Шаг уменьшения базы интерферометра для каждого последующего измерения выбирают так, чтобы до достижения предела различимости импульсов получить для данной развертки 3—4 фотохронограммы.

4.4.2. Получение фотохронограмм по пп. 4.2.1.1 и 4.2.1.2.

4.4.3. На каждой денситограмме выбирают два соседних контура, положение которых соответствует двум соседним изображениям импульсов в середине развертки, и измеряют их максимальные ординаты, выбирая из них наибольшую D_r, $Б$, и минимальную ординату D_b, $Б$ в промежутке между ними.

В случае шумового характера записи отсчитывание D_r и D_b выполняют по п. 4.2.1.4.

4.4.4. Фотопленку, применяемую для фотохронограмм, экспонируют на сенситометре и получают сенситограммы по п. 3.5, скорректированные по п. 2.1.3.

Сенситограмму фотометрируют вдоль средней линии в направлении от меньших значений плотностей к большим. По результатам экспонирования и фотометрирования строят характеристическую кривую и проверяют пределы линейного участка этой кривой.

Если эти пределы меньше указанных в п. 3.5, то для измерения применяют фотопленку из другой партии.

По характеристической кривой с линейным участком, указанным в п. 3.5, рассчитывают коэффициент контрастности γ по формуле

$$\gamma = \operatorname{tg}\alpha = \frac{D_2 - D_1}{\lg H_2 - \lg H_1}, \qquad (8)$$

где α — угол линейного участка характеристической кривой к оси логарифма экспозиций $\lg H$, угл. град; D_1 и D_2 — пределы линейного участка по оси оптической плотности, измеренной при фотометрировании, Б; $\lg H_1$ и $\lg H_2$ — пределы линейного участка по оси логарифма экспозиций H, переданных фотопленке при сенситометрировании.

4.4.5. Для каждой денситограммы определяют контраст изображения импульсов по формуле

$$M_\tau = (10^{\overline{\Delta D_\tau}} - 1)\cdot(10^{\overline{\Delta D_\tau}} + 1)^{-1}, \qquad (9)$$

где ΔD_τ — интервал плотностей изображения импульса по п. 5.4.3, Б.

Интервал ΔD , Б, определяют по формуле

$$\Delta D_\tau = D_\tau - D_b, \qquad (10)$$

где D_τ и D_b — по п. 4.4.3.

Получают ряд значений M_τ и интервал времени $\tau = 2a/c$ и строят график зависимости $M_\tau = \psi(\tau)$.

Временное разрешение определяют по критерию различимости изображений соседних импульсов по фотохронограмме, который устанавливают для контраста M_τ условием

$$M_\tau \geqslant 0{,}05. \qquad (11)$$

На графике $M_\tau = \psi(\tau)$ находят точку с ординатой $M_{\tau_0} = 0{,}05$. Абсцисса этой точки равна временному разрешению (в нс) τ_0.

4.4.6. Временное разрешение не должно превышать значения, указанного в НТД на поверяемый фотохронограф, более чем на 20 %.

4.5. Нелинейность увеличения определяют на поверочной установке в режиме В по измерительной схеме (рис. 3).

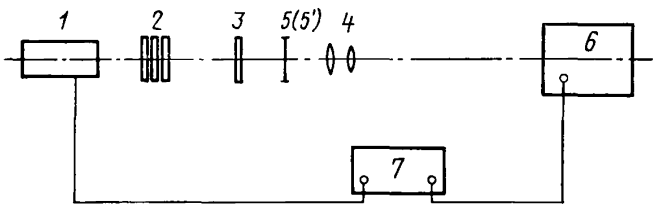


Рис. 3

4.5.1. Импульс излучения лазера *1* подают на вход поверяемого фотохронографа *6* через ослабитель излучения *2*, светорассеива-

тель *3*, коллиматор *4* и тест-объект *5*. Вместо лазера *1* допускается применение импульсной лампы по п. 2.1.1.2. Схему настраивают так, чтобы изображения штрихов были параллельны линии развертки.

Синхронизацию излучения лазера и развертки фотохронографа осуществляют генератором импульсов запуска *7*.

Экспозицию на входе фотохронографа устанавливают по п. 4.2.1.1.

Тест-объект устанавливают и настраивают так, чтобы его штрихи были параллельны линии развертки фотохронографа.

4.5.2. Фотохронограммы с изображением штрихов, которые образуют растр, параллельный линии развертки, получают так, как указано в п. 4.2.1.2.

4.5.3. Каждую из полученных фотохронограмм фотометрируют снизу вдоль линии, перпендикулярной линии развертки и проходящей через ее середину, и получают денситограмму.

4.5.4. На каждой денситограмме измеряют расстояние между максимумами соседних контуров плотности, соответствующих изображениям соседних штрихов на фотохронограмме. Отсчитывание расстояний — см. п. 4.2.1.4.

Получают ряд значений интервалов h_{ji} между соседними контурами.

4.5.5. Каждый ряд значений h_{ji} усредняют, как изложено в п. 4.3.2, и получают ряд средних значений h_j. Из этого ряда выбирают наибольшее и наименьшее по модулю значение h_{max} и h_{min}.

Нелинейность увеличения $\delta_{н.у}$ (в %) вычисляют по формуле

$$\delta_{н.у}=\frac{h_{max}-h_{min}}{h_{max}+h_{min}}\cdot 100. \qquad (12)$$

4.5.6. Нелинейность увеличения не должна превышать значения, указанного в НТД на поверяемый фотохронограф, и должна быть не более 20 %.

4.6. Пространственное разрешение определяют на поверочной установке в режиме В по схеме, представленной на рис. 3, в которой вместо тест-объекта *5* применяют штриховую миру 5′. При применении миры из комплекта фотохронографа ее устанавливают вместо анализирующей щели.

Взаимодействие элементов схемы, установка экспозиции и длительности импульса излучения, расположение штрихов миры — по п. 4.5.1.

4.6.1. Перед началом измерений настраивают фотохронограф на миру с частотой штрихов $N_м=5$ мм$^{-1}$. В последующих измерениях получают фотохронограммы со все большей частотой изображений штрихов и денситограммы со все более тесным расположением контуров. Измерения проводят до тех пор, пока изображения соседних штрихов на фотохронограмме в середине развертки станут для данной развертки визуально неразличимы.

4.6.2. Получение фотохронограмм — по пп. 4.2.1.1 и 4.2.1.2. Фотометрирование и получение денситограмм — по п. 4.5.3

4.6.3. На каждой денситограмме выбирают два соседних контура, положение которых соответствует двум соседним изображениям штрихов вблизи от линии развертки, и измеряют их максимальные ординаты, выбирая наибольшую D_N. Измеряют минимальную ординату D_n в промежутке между контурами.

При шумовом характере записи отсчитывание D_N и D_n выполняют по п. 4.2.1.4.

4.6.4. Получение характеристической кривой и измерение коэффициента контрастности γ для применяемой фотопленки — по п. 4.4.4.

4.6.5. Для каждой денситограммы вычисляют контраст M_N изображения миры по формуле

$$M_N = (10^{\frac{\Delta D_N}{\gamma}} - 1) \cdot (10^{\frac{\Delta D_N}{\gamma}} + 1)^{-1}. \qquad (13)$$

По полученному значению M_N строят график зависимости $M_N = \varphi(N_M)$.

Пространственное разрешение определяют по критерию различимости изображений соседних штрихов на фотохронограмме, который устанавливают условием по формуле (11).

На графике $M_N = \varphi(N_M)$ находят точку с ординатой $M_{N_0} = 0{,}05$. Абсцисса этой точки равна пространственному разрешению N_0, мм$^{-1}$.

4.6.6. Пространственное разрешение не должно превышать значения, указанного в НТД на поверяемый прибор, более чем на 20 %.

4.7. Основную погрешность в диапазоне измерения временных интервалов определяют как доверительные границы суммарного среднего квадратического отклонения $S_\Sigma(K_p)$ результата косвенных измерений при доверительной вероятности $P = 0{,}95$.

Оценку доверительных границ выполняют по результатам измерений на денситограммах, полученных по пп. 4.2.1 и 4.2.2.

4.7.1. Суммарную погрешность $S_\Sigma(K_p)$ (в %) при коэффициенте развертки K_p^A, полученном по п. 4.2.1, рассчитывают по формуле

$$S_\Sigma(K_p) = \sqrt{S^2(l_и) + S_\theta^2}, \qquad (14)$$

4.7.2. Среднее квадратическое отклонение $S(l_и)$ результата измерения среднего расстояния $l_и$ вычисляют (в %) по формуле

$$S(l_и) = \frac{100}{l_и} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (l_{иi} - l_и)^2}{n(n-1)}}, \qquad (15)$$

где $l_{иi}$ и $l_и$ (или $l_и$) — по п. 4.2.1.4 и формуле (2) соответственно.

Доверительную границу $\varepsilon(l_и)$ погрешности $S(l_и)$ вычисляют по формуле

$$\varepsilon(l_и)=t_р \cdot S(l_и), \qquad (16)$$

где $t_р$ — коэффициент Стьюдента по ГОСТ 8.207—76, равный 2,8, при $n=5$ и $P=0{,}95$.

4.7.3. Для оценки среднего квадратического отклонения S_θ суммы неисключенных систематических погрешностей на каждой денситограмме, полученной по п. 4.2.1.3, измеряют максимальные ординаты D_{ki} (в Б) и b_{ki} (в мм) контуров, между которыми измерено расстояние $l_{иi}$ и их ширина l_{ki} на уровне 0,5 высоты.

При шумовом характере записи отсчитывание проводят по п. 4.2.1.4.

Полученные значения усредняют по числу денситограмм аналогично усреднению значений $l_{иi}$ по формуле (2) и получают усредненные значения D_k, b_k и l_k.

На горизонтальном участке записи в максимумах контуров измеряют ширину записи $d_з$, а при шумовом характере записи — ширину шумовой дорожки $d_ш$.

Среднее квадратическое отклонение S_θ (в %) вычисляют по формуле

$$S_\theta = 100 \sqrt{\frac{2}{3} \cdot \left[\left(\frac{\Delta_l}{l_и} + \frac{\Delta_D}{D_k} \cdot \frac{l_k}{l_и} \right)^2 + \left(\frac{1}{5} \cdot \frac{d_з}{b_k} \cdot \frac{l_k}{l_и} \right)^2 \right]}, \qquad (17)$$

где Δ_D и Δ_l — пределы допускаемой основной погрешности микроденситометра по шкале оптической плотности и шкале координат соответственно, указанные в его паспорте или свидетельстве о метрологической аттестации, Б и мм; D_k и b_k — меньшая по значению из измеряемых ординат, Б и мм соответственно; l_k и $l_и$ — ширина контуров (наиболее широкого из измеряемых) и расстояние между контурами, мм; $d_з$ — ширина линии записи денситограммы, мм.

При шумовом характере записи в формулу (17) вместо ширины линии $d_з$ подставляют ширину шумовой дорожки $d_ш$.

При нормировании коэффициента развертки $K_р^A$ S_θ оценивают по формуле

$$S_\theta = 100 \cdot \sqrt{\frac{2}{3} \cdot \left[\left(\frac{\Delta_l}{\sim l_и} + \frac{\Delta_D}{D_k} \cdot \frac{l_k}{\sim l_и} \right)^2 + \left(\frac{1}{5} \frac{d_з}{b_k} \cdot \frac{l_k}{l_и} \right)^2 \right]}, \qquad (18)$$

Границу суммы неисключенных систематических погрешностей Θ (в %), рассчитывают по формуле

$$\theta = K \cdot \sqrt{3}\ S_\theta, \qquad (19)$$

где K — коэффициент, зависящий от доверительной вероятности при равномерном распределении неисключенных систематических погрешностей по ГОСТ 8.207—76, равный 1,1 при $P=0{,}95$.

Границу ε_Σ ($K_р$) суммарной погрешности S_Σ ($K_р$) результата измерения коэффициента развертки рассчитывают (в %) по формуле

$$\varepsilon_\Sigma(K_р)=t_\Sigma \cdot S_\Sigma(K_р), \qquad (20)$$

Коэффициент t_Σ вычисляют по формуле

$$t_\Sigma=\frac{\varepsilon(l_и)+\theta}{S(l_и)+S_\theta}. \qquad (21)$$

4.7.4. Доверительные границы суммарного среднего квадратического отклонения S_Σ ($K_р$) при коэффициенте развертки $K_р^5$ рассчитывают по формулам, аналогичным формулам (14) — (21), куда подставляют значения $l_{сi}$ и $l_с$ вместо $l_{иi}$ и $l_и$ соответственно, и измеренные на тех денситограммах значения параметров, имеющих такой же смысл, как D_k, b_k, l_k, $d_з$ и $d_ш$.

4.7.5. Основная погрешность в диапазоне измерений временных интервалов не должна превышать предела допускаемого значения, указанного в НТД на поверяемый фотохронограф.

4.8. Основную погрешность в диапазоне измерений пространственных интервалов определяют методом, аналогичным изложенному в п. 4.7.

Доверительные границы суммарного среднего квадратического отклонения S_Σ ($Г_у$) оценивают по результатам измерений на денситограммах по п. 4.5, на которых измеряют параметры контуров, имеющих тот же смысл, что и параметры D_k, b_k, l_k, $d_з$ и $d_ш$.

4.8.1. Среднее квадратическое отклонение $S(h)$ в %, результата измерения по п. 4.5.5 среднего расстояния h вычисляют по формуле, аналогичной формуле (15), в которую вместо $l_{иi}$ и $l_и$ подставляют h_i и h соответственно.

4.8.2. Среднее квадратическое отклонение суммы неисключенных систематических погрешностей $S_{\theta у}$ (в %), вычисляют по формулам, аналогичным формулам (17) и (18), в которые подставляют параметры h, h_k, D_{ky}, $b_{к.у}$, $d_{з.у}$ и $d_{ш.у}$ вместо параметров $l_и$, l_k, D_k, b_k, $d_з$ и $d_ш$ соответственно.

4.8.3. Суммирование погрешностей $S(h)$ и $S_{0у}$, а также определение доверительных границ $\varepsilon(h)$, $\Theta_у$ и ε_Σ ($Г_у$) проводят по формулам, аналогичным формулам (14), (16), (19), (20) и (21) соответственно.

4.8.4. Основная погрешность в диапазоне измерений пространственных интервалов не должна превышать значений, указанных в НТД на поверяемый фотохронограф.

4.9. Результаты поверки заносят в протокол поверки, форма которого приведена в обязательном приложении 2.

5. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

5.1. Положительные результаты государственной первичной поверки фотохронографов оформляют записью в паспорте, удостоверенной подписью поверителя.

5.2. Положительные результаты государственной периодической поверки оформляют выдачей свидетельства по форме, установленной Госстандартом.

5.3. Положительные результаты ведомственной поверки фотохронографов оформляют в порядке, установленном ведомственной метрологической службой.

5.4. При отрицательных результатах поверок фотохронографы к выпуску и применению не допускают, и на них выдают извещение о непригодности.

Химико-фотографическая обработка фотопленки типа РФ-3

Операция	Реагенты	Количество	Температура, °С	Продолжительность
Проявление	Проявитель Д-76: метол (параметиламинофенолсульфат) по ГОСТ 5.1177—71 сульфит натрия (безводный) по ГОСТ 5644—75 гидрохинон (пардиоксинбензол) тетраборнокислый натрий (бура) по ГОСТ 4199—48 дистиллированная вода по ГОСТ 6709—72	(2,0±0,1) г (100,0±0,1) г (5,0±0,1) г (2,0±0,1) г до 1000 мл	20±2	(25±0,1) мин
Ополаскивание	Водопроводная вода	—	14—20	10—15 с
Остановка проявления	Уксусная кислота по ГОСТ 61—75 Водопроводная вода	10—30 мл до 1000 мл	14—20	20—30 с
Фиксирование	Кислый фиксаж быстрый: кристаллический натрия тиосульфат по ГОСТ 244—76 хлористый аммоний по ГОСТ 3773—72 метабисульфат калия (пиросернистокислый калий) по ГОСТ 5713—75 водопроводная вода	(200,0±0,1) г (50,0±0,1) г (20,0±0,1) г до 1000 мл	18—20	10—12 мин
Промывание	Водопроводная вода проточная или с периодической полной сменой через каждые 5 мин	—	18—20	30—35 мин
Сушка	Воздух		Не более 25	60—120 мин до исчезновения набухшей эмульсии

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Обязательное

ФОРМА ПРОТОКОЛА ПОВЕРКИ ФОТОХРОНОГРАФА

Фотохронограф типа _____ № _____,

изготовленный _____,

принадлежащий _____

Поверку проводили на установке _____

Поверку проводил _____ „____“ _____ 19__ г.

Результаты измерений

Параметр	Номинальное значение $K_{р.н}$, нс мм, или $T_{р.н}$, нс
1. Γ_l	
2. a, мм, или f, ГГц	
3. n и $t_р$	
4. $l_и$ или $l_с$, мм	
5. $K_р^А$ или $K_р^Б$, нс/мм	
6. $l_{и\,max}$ или $l_{с\,max}$, мм	
7. $l_{и\,min}$ или $l_{с\,min}$, мм	
8. $\delta_{н.р}^А$ или $\delta_{н.р}^Б$, %	
9. $S(l_и)$ или $S(l_с)$, %	
10. $\varepsilon(l_и)$ или $\varepsilon(l_с)$, %	
11. Δ_D, Б	
12. Δ_l, мм	
13. D_k, Б, и b_k, мм	
14. l_k, мм	
15. $d_з$ или $d_ш$, мм	
16. S_θ, %	
17. Θ, %	
18. t_Σ	
19. $S_\Sigma(K_р^А)$ или $S_\Sigma(K_р^Б)$, %	
20. $\varepsilon_\Sigma(K_р^А)$ или $\varepsilon_\Sigma(K_р^Б)$, %	
21. h, мм	
22. h_{max}, мм	
23. h_{min}, мм	
24. $\delta_{ну}$, %	

Продолжение

Параметр	Номинальное значение $K_{р.н}$, нс/мм, или $T_{р.н}$, нс
25. D_{ky}, Б, и b_{ky}, мм	
26. h_k, мм	
27. $d_{зу}$ или $d_{шу}$, мм	
28. S (h), %	
29. ε (h), %	
30. $S_{\theta у}$, %	
31. $\Theta_у$, %	
32. $t_{\Sigma у}$	
33. S_Σ ($\Gamma_у$), %	
34. ε_Σ ($\Gamma_у$), %	
35. γ	
36. τ_0, нс	
37. N_0, мм$^{-1}$	

Примечание. При определении коэффициента развертки, усредненного по длине развертки, вместо $K_р^А$, $K_р^Б$, $l_и$ и $l_с$ подставляют соответственно $K_р^А$, $K_р^Б$, $l_и$ и $l_с$.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Фотохронографы электронно-оптические. Методы и средства поверки

РД-50-414—83

Редактор *Н. А. Еськова*
Технический редактор *В. Н. Малькова*
Корректор *В. И. Варенцова*

Н/К

Сдано в наб. 18.11.83 Подп. к печ. 30.07.84 Т—13586 Формат изд. 60×90¹/₁₆
Бумага типографская № 2 Гарнитура литературная Печать высокая 1,25 усл. п. л.
1,38 усл. кр.-отт. 1,22 уч.-изд. л. Тир. 5000 экз. Цена 10 коп. Изд. № 7965/4

gost.e-ecolog.ru

Іочета» Издательство стандартов, 123840, Москва, ГСП, Новопресненский пер., 3
Тип. «Московский печатник», Москва, Лялин пер., 6. Зак. 1338