25368-82

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР

СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МАКСИМАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

ТИПЫ И ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ

ГОСТ 25368—82

Издание официальное

Цена 5 коп.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ
Москва

gost.e-ecolog.ru

РАЗРАБОТАН Государственным комитетом СССР по стандартам

ИСПОЛНИТЕЛИ

Б. М. Степанов, д-р физ.-мат. наук (руководитель темы); **А. Ф. Котюк**, д-р техн. наук; **В. И. Сачков**, канд. техн. наук; **С. В. Тихомиров**, канд. техн. наук; **О. С. Шимчук**, канд. физ.-мат. наук; **А. И. Глазов**

ВНЕСЕН Государственным комитетом СССР по стандартам

Член Госстандарта **Л. К. Исаев**

УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 30 июля 1982 г. № 2989

УДК 621.37.089.5 : 621.375.826 : 006.354 Группа П49

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МАКСИМАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Типы и основные параметры. Методы измерений

ГОСТ 25368—82

Means for measurement of pulse laser radiation maximum power. Tupes and main parameters. Measuring methods.

Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 30 июля 1982 г. № 2989 срок введения установлен

с 01.07.83

Несоблюдение стандарта преследуется по закону

Настоящий стандарт распространяется на образцовые и рабочие средства измерений максимальной мощности импульсного лазерного излучения (далее СИ ММ), предусмотренные общесоюзной поверочной схемой по ГОСТ 8.198—76, и устанавливает их типы, основные параметры и характеристики, а также методы измерения основных параметров и характеристик при изменении параметров исследуемого излучения в пределах:

диапазон длин волн, мкм	0,4÷1,2
диапазон значений максимальной мощности излучения, Вт	10^{-6}÷10^{9}
длительность импульсов излучения, с	10^{-10}÷10^{-3}
частота повторения импульсов, Гц	периодические 1÷10^{5} и однократные

Стандарт не распространяется на измерительные генераторы импульсов оптического излучения.

1. ТИПЫ

1.1. Устанавливаются следующие типы средств измерений максимальной мощности импульсного лазерного излучения:

измерительные преобразователи;

измерительные приборы (основанные на измерительных преобразователях).

1.2. Измерительные преобразователи подразделяются на:

фотоэлектрические измерительные преобразователи (ФИП);

Издание официальное ★ Перепечатка воспрещена

© Издательство стандартов, 1982

Типы измерительных преобразователей	Основные параметры измерительных преобразователей			
	Коэффициент преобразования	Линейный динамический диапазон	Время нарастания переходной характеристики $\tau_н$ (длительность импульсной характеристики $\tau_{0,1}$), с	Основная относительная погрешность, %
ФИП, основанные на:				
а) внешнем фотоэффекте: фотоэлементы	Не менее $4 \cdot 10^{-4}$ А/Вт на $\lambda = 0{,}53$; 0,69 мкм $5 \cdot 10^{-5}$ А/Вт на $\lambda = 1{,}06$ мкм	$10^{-5} \div 3$ А	$\tau_{0,1}$: $3 \cdot 10^{-10} \div 8 \cdot 10^{-9}$	Не более 25
ФЭУ	$10 \div 100$ А/Вт	$0{,}1 \div 10$ А	$\tau_{0,1}$: $(0{,}1 \div 100) \cdot 10^{-9}$	Не более 15
б) внутреннем фотоэффекте	$10^{-3} \div 1$ А/Вт	$10^{-6} \div 10^{-1}$ А	$\tau_{0,1}$: $(1 \div 100) \cdot 10^{-9}$	—
Измерительные болометры	$1 \div 10^3$ В/Вт	$10^{-1} \div 10^4$ В	$\tau_н$: не более 10^{-3}	Не более 12
Пироэлектрические измерительные преобразователи	$10 \div 100$ В/кВт	—	$\tau_н$: 10^{-7}	Не более 15

измерительные болометры;

пироэлектрические измерительные преобразователи.

1.3. Фотоэлектрические измерительные преобразователи подразделяются на:

основанные на внешнем фотоэффекте (фотоэлементы, фотоэлектронные умножители (ФЭУ);

основанные на внутреннем фотоэффекте (фотодиоды, фоторезисторы, фототранзисторы и др.).

2. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

2.1. Устанавливаются следующие основные параметры и характеристики средств измерений максимальной мощности импульсного лазерного излучения:

для измерительных преобразователей — согласно таблице;

для измерительных приборов — чувствительность прибора, линейный динамический диапазон и основная относительная погрешность. Указанные параметры нормируются в технической документации на конкретные измерительные приборы.

3. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ

3.1. Измерительная аппаратура и вспомогательное оборудование

3.1.1. Источник излучения на основе лазера или светодиода со следующими пределами изменения значений основных параметров:

рабочая длина волны, мкм	фиксированные значения в диапазоне от 0,4 до 1,2
длительность импульса излучения, с	10^{-10}—10^{-6}
диапазон значений максимальной мощности, Вт	$10^{-6} \div 10^{2}$
длительность фронта, с	$5 \cdot 10^{-10} \div 10^{-6}$
длительность среза, с	$(1 \div 2) \cdot 10^{-6}$

Источник излучения должен быть стабилизирован по максимальной мощности с относительной нестабильностью, определяемой допустимой погрешностью измерений, и не иметь выбросов на фронте импульсов за время измерения.

3.1.2. Средство измерений максимальной мощности импульсного лазерного излучения, аттестованное или прошедшее поверку (в дальнейшем — СИ ММ с известными параметрами), основная погрешность которого меньше предполагаемой основной погрешности исследуемого средства измерений в соотношении, предусмотренном общесоюзной поверочной схемой по ГОСТ 8.198—76, а остальные основные параметры изменяются в следующих пределах:

динамический диапазон, Вт	$10^{-6} \div 10^{6}$
спектральный диапазон, мкм	$0{,}4 \div 1{,}2$
длительность импульсной характеристики, с	$3 \cdot 10^{-10} \div 10^{-7}$
время нарастания переходной характеристики, с	$10^{-10} \div 10^{-7}$

СИ ММ должно работать в однократном режиме или режиме повторяющихся импульсов с частотой повторения $0 \div 10^{3}$ Гц.

К СИ ММ, используемому в качестве контрольного, предъявляется требование к стабильности коэффициента преобразования (чувствительности) за время измерения, определяемое допустимой погрешностью измерений.

3.1.3. Прибор для амплитуды выходного электрического сигнала измерительного преобразователя.

Могут использоваться средства измерений параметров электрических сигналов с параметрами, соответствующими значениям максимальной мощности излучения используемого источника и коэффициенту преобразования исследуемого измерительного преобразователя, с погрешностью, определяемой необходимой точностью измерений, но не более 10%. Применяются:

а) осциллографические регистраторы:	
полоса частот, определяемая из соотношения:	
(2—5) $\tau_ф \leqslant \tau_и$, МГц	$50 \div 250$
(где $\tau_ф$ — длительность фронта выходного электрического сигнала)	
чувствительность, В/см	$0{,}01 \div 200$
погрешность амплитудных измерений, %, не более	5
б) стробоскопические осциллографы:	
полоса частот, ГГц	$0{,}5 \div 10$
(при измерении параметров импульсов с частотой повторения более 100 Гц)	
чувствительность, В/см	$0{,}001 \div 1$
погрешность амплитудных измерений, %, не более	10
в) импульсные вольтметры для измерения амплитудных значений электрических сигналов с погрешностью, %, не более	4
динамический диапазон, В	$10^{-3} \div 100$
длительность электрических импульсов, с	$10^{-8} \div 10^{-6}$
частота повторения, Гц	1000

Могут быть использованы и другие средства измерений параметров электрических сигналов с основными параметрами, изменяющимися в указанных выше пределах, более предпочтительными являются цифровые средства измерений или имеющие аналоговый выход для подключения внешнего прибора.

3.1.4. Средство измерений формы импульса оптического излучения. Совместно со скоростными осциллографическими регистраторами и стробоскопическими осциллографами, параметры которых приведены в п. 3.1.3, могут использоваться фотоэлектронный регистратор — ФЭР ($\tau_и = 10^{-10}$ с) и другие фоторегистраторы с временем нарастания переходной характеристики, удовлетворяющие условию, указанному в п. 3.3.4.

3.1.5. Набор нейтральных ослабителей, аттестованных на рабочих длинах волн в диапазоне 0,4÷1,2 мкм, с пределами изменений значений коэффициента пропускания τ от 0,1 до 0,9, с неравномерностью τ по площади ослабителя не более 1% и погрешностью, определяемой допустимой погрешностью измерений, но не более 5%.

3.1.6. Микрофотометр. Используются микрофотометры двухлучевые регистрирующие со следующими основными параметрами:

пределы изменения плотностей почернения	0÷1,2 Д, 0÷1,8 Д, 0÷2,5 Д
увеличение	20×
скорость изменения записи (4 ступени с плавным изменением в пределах), мм/мин	0÷25, 0÷50, 0÷100, 0÷200
размер регистрограмм, мм	203×288

3.1.7. Оптическая система, состоящая из оптических элементов, предназначенных для фокусировки и деления пучка лазерного излучения.

Помимо указанных в данном разделе разрешается применять другие средства измерений с аналогичными или лучшими характеристиками.

3.2. Подготовка к измерениям

3.2.1. Измерения проводят при нормальных условиях, устанавливаемых ГОСТ 24469—80.

3.2.2. При проведении измерений следует руководствоваться требованиями безопасности, устанавливаемыми ГОСТ 24469—80.

3.2.3. Перед проведением измерений должны быть выполнены следующие подготовительные работы.

Исследуемое средство измерений, контрольное средство измерений и средство измерений с известными параметрами должны быть заземлены, установлены в рабочее положение, включены в сеть, прогреты при номинальном напряжении электропитания и выдержаны в нормальных условиях в течение времени, указанного в документации по эксплуатации. Все операции по подготовке к измерениям должны проводиться в соответствии с «Правилами устройства электроустановок» и «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», утвержденных Госэнергонадзором.

Оптическая система должна быть отъюстирована таким образом, чтобы излучение попадало в центр оптических элементов оптической системы, осуществляющих фокусировку и деление пучков излучения, и в центр приемных поверхностей средств измерений. Недопустимо даже частичное попадание пучка излучения на оправы входных окон средств измерений.

В помещении не должно быть конвекционных потоков (в том числе активной вентиляции), посторонних тепловых возмущений,

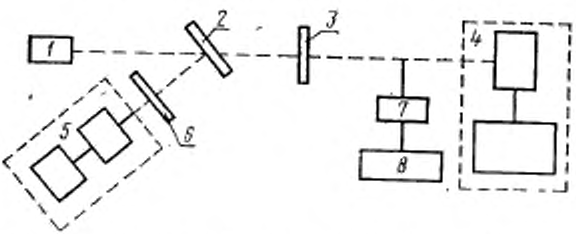
внешних магнитных полей. Уровень запыленности не должен превышать 20 пыл./ч · см².

3.3. Проведение измерений

3.3.1. *Определение коэффициента преобразования измерительного преобразователя*

Коэффициент преобразования измерительного преобразователя определяют методом сравнения с аттестованным (поверенным) СИ ММ на установке, схема которой приведена на черт. 1.

Схема установки для определения коэффициента преобразования (чувствительности) СИ ММ



1—источник излучения на основе светодиода или лазера, стабилизированный по максимальной мощности, форме и длительности импульса излучения; *2* делительная пластина из стекла; *3*, *6*—нейтральный ослабитель; *4*—СИ ММ с известными основными параметрами; *5*—контрольный прибор; *7*—исследуемое СИ ММ; *8*—прибор для измерения амплитуды фототока в цепи или напряжения на выходе исследуемого измерительного преобразователя

Черт. 1

Подбирают коэффициент пропускания нейтрального ослабителя *3* таким образом, чтобы обеспечить работу исследуемого СИ *7* на уровне (0,5÷0,7) $I_{лин}$, где $I_{лин}$ — значение предела линейности фототока, указанное в технических условиях на СИ конкретных типов, а нейтрального ослабителя *6* — таким образом, чтобы обеспечить работу контрольного прибора *5* в линейной области.

Определяют коэффициент деления делительной пластины, для чего подают одиночный импульс излучения и с помощью СИ *5* и *4* снимают показание N_1 контрольного прибора *5*, соответствующее максимальному значению мощности отраженного от делительной пластины излучения, и измеряют максимальное значение мощности $P^0_{max\,1}$ излучения, прошедшего через делительную пластину.

Вычисляют результат единичного наблюдения коэффициента деления K_1 делительной пластины *2* по формуле

$$K_1 = \frac{N_i}{P^0_{max\,i}}, \qquad (1)$$

где N_1 — *i*-е показание контрольного прибора *5*;

$P^{э}_{макс\,i}$ — i-е максимальное значение мощности излучения, прошедшего делительную пластину.

Проводят серию из 5 наблюдений K_i на одном уровне максимальной мощности излучения и определяют среднее значение коэффициента деления делительной пластины по формуле

$$K = \frac{1}{5}\sum_{i=1}^{5} K_i, \qquad (2)$$

где K — среднее значение коэффициента деления делительной пластины;

K_i — результат единичного наблюдения коэффициента деления.

СИ ММ с известным коэффициентом преобразования 4 заменяется исследуемым СИ 7 с присоединенным к нему прибором 8.

Коэффициент преобразования определяют методом прямых измерений амплитуды фототока I_i в цепи или напряжения на выходе преобразователя и вычисляют по формуле

$$k_i = K\frac{I_i}{N_i}, \qquad (3)$$

где k_i — результат единичного наблюдения коэффициента преобразования;

I_i — амплитуда фототока (напряжения) в цепи (на выходе) преобразователя.

Проводят серию из 5 наблюдений k_i на том же уровне максимальной мощности, при котором определялся коэффициент деления делительной пластины K. Определяют среднее значение коэффициента преобразования K преобразователя по формуле

$$\bar{K} = \frac{1}{5}\sum_{i=1}^{5} k_i. \qquad (4)$$

Затем смещают центр входного окна (поверхности) СИ относительно центра сечения пучка на фиксированные расстояния — вверх, вниз, влево, вправо, а также изменяют фиксированным образом угол между нормалью к плоскости входного окна СИ и осью пучка, для каждого нового положения СИ повторяют серию из 5 измерений и находят соответствующее среднее значение коэффициента преобразования изложенным выше способом. За искомое k принимают среднее арифметическое полученных средних значений $\bar{K}_i$. Погрешность определения коэффициента преобразования не должна превышать пределов, указанных в таблице для различных видов измерительных преобразователей.

3.3.2. *Определение линейного динамического диапазона преобразования СИ ММ*

Метод 1. Определение линейного динамического диапазона производят косвенным методом. Сущность метода заключается в определении соответствия между изменениями амплитуды импульса фототока и изменениями максимального значения мощности излучения.

Измерения производят в соответствии с п. 3.3.1 на установке, приведенной на черт. 1, в следующей последовательности.

Определяют значение амплитуды импульса фототока в цепи (напряжения на выходе) СИ I_1 при уровне максимальной мощности излучения, обеспечивающем работу исследуемого СИ *7* на уровне (0,4÷0,6) $I_{лин}$, где $I_{лин}$ — значение предела линейности фототока (или напряжения на выходе СИ), указанное в технических условиях на СИ конкретных типов.

Вводят дополнительный ослабитель *3* (коэффициент пропускания $\tau = 0{,}7 \div 0{,}9$) и вновь определяют значение амплитуды импульса фототока (напряжения на выходе СИ) I_1'.

Определяют значение амплитуды импульса фототока (напряжения на выходе СИ) I_2 при уровне максимальной мощности лазерного излучения, обеспечивающем работу СИ *7* на уровне (0,9÷1,0) $I_{лин}$.

Вводят дополнительный ослабитель *3* и определяют значение амплитуды импульса фототока (напряжения на выходе СИ) I_2'.

Значение амплитуды фототока (напряжения на выходе СИ) I_2 принимают равным пределу линейности исследуемого СИ *7*, если коэффициент нелинейности $\Theta_{л.л}$ в процентах

$$\Theta_{л.л} = \left(\frac{I_2'}{I_2} - \frac{I_1'}{I_1} \right) \cdot 100 \qquad (5)$$

не превышает значения, указанного в технических условиях на СИ конкретных типов.

Метод 2. Производят одновременно измерения максимальной мощности импульса излучения исследуемым прибором *7* и контрольным прибором *5*. Измерения повторяют 5 раз.

Отсчеты по прибору *7* должны соответствовать крайнему верхнему значению рабочего диапазона прибора.

Вычисляют среднее значение $K_{ср}$ отношения показаний приборов по формуле

$$K_{ср} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^{5} \frac{n_i}{n_j}, \qquad (6)$$

где n_i — отсчет по прибору *7*;

n_j — отсчет по прибору *5*.

Затем устанавливают поочередно ослабители *3* с коэффициентом пропускания 0,9; 0,7; 0,5; 0,3; 0,1, чтобы отсчеты по прибору *7* со-

ответствовали последовательно всему рабочему диапазону шкалы прибора.

Производят по 5 одновременных измерений приборами *7* и *5* при каждом ослабителе. Для каждой серии измерений по формуле (6) вычисляют среднее значение отношения показаний ($K_{ср\,1}$).

Коэффициент нелинейности исследуемого СИ ММ $\Theta_{g.g}$ в процентах определяют по формуле

$$\Theta_{g.g} = \frac{\max \left(K_{ср\,max} - \frac{K_{ср\,i}}{\tau_i}\right)}{K_{ср\,max}} \cdot 100, \qquad (7)$$

где $K_{ср\,1}$ — значение отношения показаний приборов *7* и *5*—n_1 и n_j при значении коэффициента ослабления, равном τ_i;

$K_{ср\,max}$ — среднее значение коэффициента $K_{ср\,1}$ при осчетах, соответствующих крайним верхним значениям диапазона измерений СИ;

τ_i — коэффициент пропускания ослабителя в данной серии измерений.

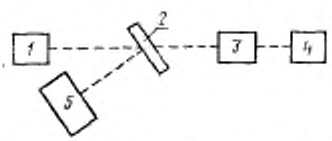
3.3.3. *Определение времени нарастания переходной характеристики и длительности импульсной характеристики измерительного преобразователя*

В зависимости от имеющихся в наличии технических средств измеряют время нарастания переходной характеристики или длительность импульсной характеристики на фиксированных длинах волн.

3.3.4. *Определение времени нарастания переходной характеристики СИ ММ*

Время нарастания переходной характеристики СИ ММ определяют на установке, схема которой приведена на черт. 2. Используемые источники синхроимпульсов и ослабители излучения на чертеже не показаны.

Схема установки для определения длительности фронта импульсного сигнала на выходе преобразователя



1—источник излучения; *2*—делительная пластина; *3*—исследуемый измерительный преобразователь; *4*—регистратор формы электрических импульсов на выходе преобразователя; *5*—фоторегистратор.

Черт. 2

При определении времени нарастания переходной характеристики регистрируют с помощью регистратора *4* форму импульса выходного электрического сигнала исследуемого измерительного преобразователя *3* при облучении его чувствительного элемента импульсом излучения, имеющим вид единичного скачка, длительность фронта которого $\tau_ф$ должна удовлетворять соотношению

$$(2—5)\tau_ф \leqslant \tau_н,$$

где $\tau_н$ — время нарастания переходной характеристики измерительного преобразователя, указанное в ТУ на преобразователи конкретных типов;

интервал (2—5) определяют допустимой погрешностью измерений.

Одновременно регистрируют форму импульса излучения на фоторегистраторе *5* (могут использоваться, в частности, фотоэлектронный регистратор (ФЭР) и другие фотоприемные устройства с временем нарастания переходной характеристики, примерно в 2—5 раз меньшим $\tau_н$ исследуемого преобразователя излучения). В качестве источника излучения могут использоваться лазеры или светодиоды.

Время нарастания сигнала, зарегистрированного фоторегистратором *5* (длительность фронта импульса излучения) τ_2 определяют по переходной характеристике по уровням 0,1÷0,9 от максимального значения.

Время нарастания сигнала, зарегистрированного с помощью регистратора *4* (длительность фронта импульса фототока), τ_1 определяют по регистрограмме по уровням 0,1÷0,9 от максимального значения в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

Время нарастания переходной характеристики измерительного преобразователя τ определяют по формуле

$$\tau = \sqrt{\tau_1^2 - \tau_{p_e}^2 - (\tau_2^2 - \tau_{p_ф}^2)}, \qquad (8)$$

где τ_1 — длительность фронта импульса фототока, с, (по регистрограмме регистратора *4*);

τ_{p_e} — время нарастания переходной характеристики регистратора *4*, с, (паспортное значение);

τ_2 — длительность фронта импульса излучения, с, (по регистрограмме фоторегистратора *5*);

$\tau_{p_ф}$ — время нарастания переходной характеристики фоторегистратора *5*, с, (паспортное значение).

За время нарастания переходной характеристики измерительного преобразователя принимают среднее арифметическое полученных значений времени нарастания переходной характеристики, рассчитанных по формуле (8) для каждой пары зарегистрированных регистрограмм фоторегистратора *5* и регистратора *4*.

3.3.5. *Определение длительности импульсной характеристики СИ ММ*

При определении длительности импульсной характеристики $\tau_{0,1}$ регистрируют форму импульса выходного электрического сигнала прибора при облучении его чувствительного элемента импульсом излучения, длительность которого на уровне 0,1 от максимального значения должна быть меньше в 2—5 раз в зависимости от допустимой погрешности измерений времени нарастания переходной характеристики (длительности импульсной характеристики) для приборов конкретных типов, на установке, блок-схема которой приведена на черт. 3. За $\tau_{0,1}$ прибора принимают длительность импульса выходного сигнала по уровню 0,1 (с учетом искажений, вносимых осциллографом), измеряемую в соответствии с инструкцией по эксплуатации осциллографа.

Погрешность определения времени нарастания переходной характеристики и длительности импульсной характеристики не должна превышать 4%.

3.3.6. *Определение основной погрешности СИ ММ*

Основную относительную погрешность Δ в процентах определяют по формуле

$$\Delta = K \sqrt{\sum_{i=1}^{n} S_i^2 + \frac{1}{3} \sum_{j=1}^{m} \Theta_j^2} , \qquad (9)$$

где K — коэффициент, зависящий от соотношения случайной и неисключенной систематической погрешностей, а также от принятой доверительной вероятности, определяют по ГОСТ 8.207—76;

S_i — оценка среднего квадратического отклонения, характеризующая i-ю случайную погрешность, сумму S_i^2 определяют по формуле

$$\sum_{i=1}^{n} S_i^2 = S_1^2 + S_\Sigma^2 , \qquad (10)$$

S_1 — оценка среднего квадратического отклонения результата измерений среднего значения коэффициента преобразования (чувствительности), %;

S_Σ — оценка прочих составляющих случайной погрешности, влияющих на изменение коэффициента преобразования (чувствительности), (например, обусловленных изменением температуры, напряжения питания в пределах нормальных условий и т. п.), %;

Θ_j — граница j-й составляющей неисключенной систематической погрешности сумму Θ_j^2 определяют по формуле

$$\sum_{j=0}^{m} \Theta_j^2 = \Theta_0^2 + \Theta_{g\cdot g}^2 + \Theta_\Sigma^2 , \qquad (11)$$

где Θ_0 — граница неисключенной систематической погрешности СИ ММ *4* с известными параметрами, указанная в паспорте или свидетельстве о метрологической аттестации, %;

$\Theta_{д.д}$ — граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной изменением коэффициента преобразования (чувствительности) в линейном динамическом диапазоне, %, определяют в соответствии с п. 3.3.2;

Θ_{Σ} — граница прочих составляющих неисключенной систематической погрешности, влияющих на изменение коэффициента преобразования (чувствительности) (например, обусловленных изменением длительности, формы и частоты следования импульсов излучения, изменением в пределах допустимой расходимости лазерного излучения угла падения пучка излучения на входное окно СИ, места падения пучка излучения на входное окно СИ, спектрального состава излучения и т. п.), %.

Блок-схема установки для измерения длительности



1—источник излучения, *2*—исследуемое СИ ММ; *3*—скоростной осциллограф

Черт. 3

Значение S_1^2 в процентах вычисляют по результатам, полученным в п. 3.3, по формуле

$$S_1^2(\bar{k}) = \frac{1}{\bar{k}^2} \cdot \frac{\sum_{i=1}^{5} (\bar{k} - k_i)^2}{n(n-1)} \cdot 100. \qquad (12)$$

Значение Θ_{Σ} в процентах вычисляют по общей формуле

$$\Theta_{\Sigma} = \sum_{i}^{n} \Theta_{\Sigma_i}; \qquad \Theta_{\Sigma_i} = \frac{\overline{k_{\Sigma_i}} \; k_{\Sigma_i}}{\bar{k}_1} \cdot 100, \qquad (13)$$

где n — число результатов наблюдений;

$\bar{k}_1$ — среднее значение коэффициента преобразования (чувствительности), определяемое в соответствии с п. 3.3 (п. 3.3.7);

k_{Σ_i} — значение коэффициента преобразования (чувствительности), определяемое в соответствии с п. 3.3 (п. 3.3.7),

при максимально допустимом изменении одного из перечисленных выше параметров.

Вид и число составляющих систематической погрешности Θ_{Σ} устанавливают, исходя из свойств использованных материалов, выбранной конструкции и условий применения конкретного исследуемого типа СИ ММ.

3.3.7. Чувствительность измерительного прибора определяют по методике, изложенной в п. 3.3.1, и на измерительной установке, схема которой приведена на черт. 1, при отсутствии прибора для измерения амплитуды фототока в цепи или напряжения на выходе исследуемого измерительного преобразователя с регистрацией делений N_i по шкале исследуемого измерительного прибора *7* вместо значений амплитуды тока (напряжения), как изложено в п. 3.3.1. Соответственно после замены СИ ММ с известными параметрами *4* на исследуемое СИ ММ *7* устанавливаются верхний или нижний пределы измерения прибора, а ослабители *3* подбирают с таким коэффициентом пропускания, чтобы отсчет, соответствующий максимальному значению мощности лазерного излучения, падающего на входное окно СИ ММ, находился в верхней трети шкалы прибора. При этом число ослабителей не должно превышать двух.

Определив чувствительность для одной рабочей длины волны для всех рабочих диапазонов, по известным линейному динамическому диапазону СИ ММ и относительной спектральной характеристике можно определить чувствительность для всех рабочих длин волн.

Коэффициент нелинейности прибора в различных частях шкалы (граница неисключенной систематической погрешности, обусловленная изменением чувствительности в линейном динамическом диапазоне) определяют по методике, изложенной в п. 3.3.2 (метод 2).

Значения коэффициентов нелинейности $\Theta_{к.н}$ измерительного прибора не должны превышать —(4—5) % на длинах волн 0,53 и 0,694 мкм и —(5,5—6,5) % на длине волны 1,06 мкм.

3.3.8. Основную относительную погрешность измерительного прибора определяют в соответствии с п. 3.3.6.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Справочное

ПОЯСНЕНИЯ ТЕРМИНОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В НАСТОЯЩЕМ СТАНДАРТЕ

1. Предел линейности коэффициента преобразования — наибольшее значение выходного электрического сигнала измерительного преобразователя, при котором отклонение от линейности характеристики преобразования не превышает некоторого заданного значения.

2. Линейный динамический диапазон — пределы изменения фотометрической величины, характеризующей падающее на чувствительный элемент измерительного преобразователя излучение, или реакции преобразователя, в которых характеристика преобразования линейна с заданным допустимым отклонением.

3. Характеристика преобразования — зависимость реакции измерительного преобразователя излучения от фотометрической величины, характеризующей падающее на вход преобразователя исследуемое излучение.

4. Регистрограмма — документально зафиксированная на материале-носителе регистрируемая информация, характеризующая исследуемые явления, процессы, например, информация об изменении различных параметров, характеризующих эти явления, процессы во времени или об изменении их (параметров) в функции других параметров

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Рекомендуемое

ПРОТОКОЛ
измерений коэффициента преобразования (чувствительности) измерительного преобразователя (измерительного прибора)

Таблица 1

Результаты наблюдений	Номер наблюдений					Среднее значение
	1	2	3	4	5	
1. Показание контрольного прибора 5, N_i						—
2. Максимальное значение мощности, измеренное прибором 4, $P^{\text{o}}_{\text{макс}i}$						—
3. Отношение значений (коэффициент деления) $K = \frac{N_i}{P^{\text{o}}_{\text{макс}i}}$						$\overline{K} = \frac{1}{5}\sum_{i=1}^{5} K_i$
4. Амплитуда фототока или напряжения I_i (показания исследуемого прибора 7, N_i)						—
5. Соответствующее показание контрольного прибора 5, N_i						—
6. Отношение значений (коэффициент преобразования) или чувствительность $k_i = \overline{K}\frac{I_i}{N_i}$ (или $k_i = \overline{K}\frac{N_i}{N_i}$)						$\overline{k} = \frac{1}{5}\sum_{i=1}^{5} k_i$

Примечания:

1. Табл. 1 — для случая попадания пучка излучения в центр приемной поверхности СИ ММ.

2. Для случаев смещения центра сечения пучка излучения и центра приемной поверхности СИ ММ друг относительно друга на фиксированные расстояния вверх, вниз, влево, вправо соответственно составляются протоколы измерений по форме, аналогичной табл. 1. При этом в наименованиях таблиц следует указывать положение центра приемной поверхности СИ ММ относительно центра сечения пучка излучения.

3. Для случаев смещения оси, проходящей через центр приемной поверхности СИ ММ и перпендикулярной к ней, относительно оси пучка излучения на фиксированные углы вверх и вниз в вертикальной и горизонтальной плоскостях соответственно составляются протоколы измерений по формуле, также аналогичной табл. 1. При этом в наименованиях таблиц следует указывать положение указанных осей друг относительно друга.

ПРОТОКОЛ
измерений линейного динамического диапазона СИ ММ

Таблица 2

Метод 1

Результаты наблюдений	Номер наблюдений				
	1	2	3	4	5
Значения амплитуды импульса фототока (напряжения на выходе СИ 7):					
I_1					
I'_1					
I_2					
I'_2					
Коэффициент нелинейности, %					
$\Theta_{\text{к.н}} = \left(\frac{I'_2}{I_2} - \frac{I'_1}{I_1}\right) \cdot 100$					

Таблица 3

Метод 2

Результаты наблюдений	Номер наблюдений					Среднее значение
	1	2	3	4	5	
Показания исследуемого прибора 7, n_i						—
Показания контрольного прибора 5, n_j						—
Отношений значений n_i/n_j						$K_{ср} = \frac{1}{5}\sum_{i=1}^{5}\frac{n_i}{n_j}$

Примечания:

1. Линейный динамический диапазон СИ ММ определяют интервалом значений амплитуды фототока или напряжения I_i (для измерительных приборов — интервалом значений n_i), соответствующих значениям $\Theta_{g.g}$, не превышающим указанного в технических условиях на СИ ММ конкретных типов значения верхнего предела линейного динамического диапазона, но превышающим значение, соответствующее нижнему пределу линейного динамического диапазона.

2. Указанные в табл. 3 операции повторяют для каждого из следующих значений коэффициентов пропускания ослабителей 3 τ_i=0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9 и для каждого τ_i находят $K_{ср_i}$, а коэффициент нелинейности СИ ММ $\Theta_{g.g}$ в процентах определяют по формуле

$$\Theta_{g.g} = \frac{\max\left(K_{ср\,max} - \frac{K_{ср\,i}}{\tau_i}\right)}{K_{ср\,max}} \cdot 100.$$

Редактор *Е. И. Глазкова*
Технический редактор *В. Н. Малькова*
Корректор *М. М. Герасименко*

gost.e-ecolog.ru

. в печ. 19.11.82 1,25 п. л. 1,07 уч.-изд. л. Тир. 12000 Цена 5 коп.

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, Москва, Д-557, Новопресненский пер., д. 3.
Вильнюсская типография Издательства стандартов, ул. Миндауго, 12/14. Зак. 4051