25678-83

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР

СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ЭНЕРГИИ ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

ВИДЫ. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ

ГОСТ 25678—83

Издание официальное

Цена 3 коп.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ
Москва

gost.e-ecolog.ru

Редактор *Л. А. Бурмистрова*
Технический редактор *А. Г. Каширин*
Корректор *Л. А. Пономарева*

Сдано в наб. 14.04.83 Подп. к печ. 29.06.83 0,75 п. л. 0,58 уч.-изд. л. Тир. 10000 Цена 3 коп.

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123557, Москва, Новопресненский пер., 3.
Калужская типография стандартов, ул. Московская, 256 Зак. 1213

УДК 535.231.15:621.375.826:006.354 Группа П48

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ЭНЕРГИИ ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.

Виды. Основные параметры. Методы измерений основных параметров

Instruments for measurement of pulse laser energy. Types. Basic parameters. Methods for measurement of basic parameters

ОКСТУ 6343

ГОСТ 25678—83

Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 23 марта 1983 г. № 1306 срок введения установлен

с 01.07.84

Несоблюдение стандарта преследуется по закону

Настоящий стандарт распространяется на средства измерений (СИ) энергии однократных импульсов лазерного излучения и устанавливает их виды, основные параметры и методы измерений основных параметров при изменении параметров исследуемого излучения в пределах:

0,4—2; 10,6 мкм — рабочие длины волн;

10^{-10}—500 Дж — диапазон значений энергии излучения;

10^{-9}—1 с — длительность импульса излучения.

Стандарт не распространяется на измерительные импульсные лазеры.

1. ВИДЫ

1.1. Устанавливают следующие виды средств измерений энергии импульсного лазерного излучения:

тепловые измерительные преобразователи;

измерительные приборы, основанные на тепловых и фотоэлектрических измерительных преобразователях.

1.2. Тепловые измерительные преобразователи подразделяют на виды в соответствии с ГОСТ 25312—82.

Издание официальное **Перепечатка воспрещена**

★

© Издательство стандартов, 1983

2. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

2.1. Основные параметры тепловых измерительных преобразователей, используемых при измерении энергии импульсного лазерного излучения, — по ГОСТ 25312—82.

2.2. Для измерительных приборов, используемых при измерении энергии импульсного лазерного излучения, в качестве основных параметров устанавливают чувствительность, линейный динамический диапазон и основную относительную погрешность. Указанные параметры нормируют в технической документации на конкретные измерительные приборы.

3. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ

3.1. Измерительная аппаратура и вспомогательное оборудование

3.1.1. Измерительная аппаратура и вспомогательное оборудование, используемые при измерении основных параметров тепловых измерительных преобразователей, — по ГОСТ 25312—82.

3.1.2. При измерении основных параметров измерительных приборов используют следующие измерительную аппаратуру и вспомогательное оборудование:

источник излучения на основе лазера или светодиода со значениями основных параметров, изменяющимися в пределах, находящихся внутри спектрального и динамического диапазонов исследуемого СИ;

средство измерений энергии импульсного лазерного излучения, аттестованное или прошедшее поверку (далее — СИ с известными параметрами), основная погрешность которого меньше предполагаемой основной погрешности исследуемого СИ, работающее в динамическом и спектральном диапазонах исследуемого СИ;

набор нейтральных ослабителей, аттестованных на рабочих длинах волн с пределами изменений значений коэффициента пропускания τ от 0,1 до 0,9. Основная погрешность ослабителя — не более 5%;

оптическую систему, состоящую из оптических элементов, предназначенных для фокусировки и деления пучка лазерного излучения.

3.2. Подготовка к измерениям

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

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

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

исследуемое и контрольное СИ и СИ 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 эксплуатационной документации. Все операции по подготовке к измерениям следует выполнять в соответствии с «Правилами устройства электроустановок» и «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», утвержденных Госэнергонадзором.

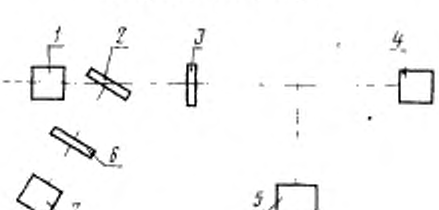
Оптическая система должна быть отъюстирована таким образом, чтобы излучение попадало в центр оптических элементов, осуществляющих фокусировку и деление пучков излучения, и в центр приемных поверхностей СИ. Не допускается даже частичное попадание пучка на оправы входных окон СИ.

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. Определение чувствительности измерительных приборов на фиксированных длинах волн в диапазоне 0,4—2 мкм

Определяют чувствительность измерительных приборов на установке, схема которой приведена на чертеже, методом сравнения с аттестованным (поверенным) СИ в последовательности, приведенной ниже.

Блок-схема установки для определения чувствительности измерительных приборов



1 — источник излучения; *2* — делительная пластина; *3*, *6*—нейтральные ослабители; *4*—СИ с известными параметрами; *5*—исследуемое СИ; *7*—контрольное СИ

3.3.1. По показаниям СИ с известными параметрами устанавливают режим накачки источника излучения или подбирают коэффициент пропускания нейтрального ослабителя *3* таким образом, чтобы обеспечить работу СИ в таких условиях, чтобы энергия излучения, падающего на его чувствительный элемент, изменялась

в пределах, указанных в НТД на СИ конкретных видов. Коэффициент пропускания ослабителя b подбирают таким образом, чтобы обеспечить работу контрольного СИ в линейной области.

3.3.2. Определяют коэффициент деления делительной пластины, для чего подают одиночный импульс лазерного излучения и снимают показания СИ с известными параметрами и контрольного СИ, соответствующие значениям энергии излучения, прошедшего через делительную пластину W_i и отраженного от нее N_i.

3.3.3. Вычисляют результат единичного измерения коэффициента деления K делительной пластины по формуле

$$K_i = \frac{N_i}{W_i}, \qquad (1)$$

где N_i – i-е показание контрольного СИ;

W_i – i-е значение энергии излучения, прошедшего через делительную пластину

3.3.4. Проводят серию из n измерений K_i ($n \geqslant 5$) на одном уровне энергии и определяют среднее значение коэффициента деления делительной пластины по формуле

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

где $\overline{K_i}$ — результат единичного измерения коэффициента деления.

3.3.5. Оценивают среднее квадратическое отклонение $S(\overline{K})$ результата измерения коэффициента деления делительной пластины в процентах по формуле

$$S(\overline{K}) = \frac{1}{\overline{K}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (\overline{K} - K_i)^2}{n(n-1)}} \cdot 100. \qquad (3)$$

$S(\overline{K})$ не должно превышать 1%.

3.3.6. Заменяют СИ с известными параметрами исследуемым СИ, регистрируют показания N_i контрольного СИ и показания N_i исследуемого СИ и вычисляют значение чувствительности прибора A_i для единичного наблюдения по формуле

$$A_i = \overline{K} \frac{N_i}{N_i}. \qquad (4)$$

3.3.7. Проводят серию из n измерений A_i ($n \geqslant 5$) на том же уровне энергии, при котором был определен коэффициент деления делительной пластины K. Определяют среднее значение чувствительности измерительного прибора

$$\overline{A} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} A_i. \qquad (5)$$

Примечание. В необходимых случаях значения чувствительности приборов, основанных на тепловых преобразователях, вычисляют с учетом поправки на температуру t в помещении, при которой выполняют измерения

$$A_{tt} = A_t[1+\alpha(t_н - t)]; \quad (6)$$

$$A_t = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} A_{ti}, \quad (7)$$

где A_t — результат единичного измерения чувствительности с поправкой на температуру t;

$t_н$ — нормальная температура, равная 20 °С;

t — температура в помещении;

α — температурный коэффициент, определяемый эмпирическим путем и указываемый в НТД на СИ конкретных видов.

3.3.8. Оценивают среднее квадратическое отклонение $S(\overline{A})$ результата измерений чувствительности измерительного прибора в процентах по формуле

$$S(\overline{A}) = \frac{1}{\overline{A}}\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(\overline{A}-A_i)^2}{n(n-1)}} \cdot 100. \quad (8)$$

3.4. Определение чувствительности измерительного прибора на длине волны 10,6 мкм

Чувствительность измерительных приборов на длине волны 10,6 мкм определяют на установке, схема которой приведена на чертеже, при использовании в качестве источника излучения лазера непрерывного режима работы и при введении в эту схему дополнительного затвора, располагаемого перед делительной пластиной, в последовательности приведенной ниже.

3.4.1. Изменяя длительность импульса лазерного излучения затвором и мощность излучения лазера по показаниям СИ с известными параметрами, добиваются, чтобы энергия импульса излучения, падающего на чувствительный элемент СИ, изменялась в пределах, указанных в НТД на СИ конкретных видов.

3.4.2. Подавая с помощью затвора одиночные импульсы излучения, определяют K_i, $\overline{K}$, A_i, $\overline{A}$ и $S(\overline{A})$ в соответствии с пп. 3.3.3—3.3.8.

3.5. Для каждой длины волны смещают центр входного окна СИ относительно центра сечения пучка на фиксированные расстояния вверх, вниз, влево, вправо, а также изменяя фиксированным образом угол между нормалью к плоскости входного окна СИ и осью пучка в пределах допускаемой расходимости лазерного излучения, для каждого нового положения СИ повторяют серию из n измерений ($n \geqslant 5$) и находят среднее значение чувствительности в соответствии с пп. 3.3.6 и 3.3.7. За искомое значение чувствительности A принимают среднее арифметическое полученных средних значений $\overline{A}_i$.

3.6. Определение линейного динамического диапазона

Линейность СИ исследуют на установке, схема которой приведена на чертеже, в последовательности, приведенной ниже.

3.6.1. Проводят n одновременных измерений энергии импульсов излучения ($n \geqslant 5$) исследуемым и контрольным СИ и вычисляют среднее значение отношения показаний СИ по формуле

$$K_{j\text{ср}} = \sum_{n=1}^{n} \frac{N_i / N_k}{n}, \qquad (9)$$

где N_i — отсчет по исследуемому СИ;

N_k — отсчет по контрольному СИ;

n — число измерений.

3.6.2. Устанавливают поочередно аттестованные ослабители с коэффициентом пропускания $\tau = 0{,}7;\ 0{,}5;\ 0{,}3;\ 0{,}1$, чтобы отсчеты по исследуемому СИ лежали поочередно в последней, третьей, второй и первой четвертях шкалы, и проводят при каждом ослабителе по n одновременных измерений ($n \geqslant 5$) исследуемым и контрольным СИ. Для каждой серии измерений находят среднее значение отношения показаний этих СИ по формуле (9).

3.6.3. Коэффициент нелинейности исследуемого СИ или границу неисключенной систематической погрешности, обусловленную изменением чувствительности СИ в линейном динамическом диапазоне, $\Theta_{л.д}$ определяют в процентах по формуле

$$\Theta_{л.д} = \frac{\max(K_{\text{ср max}} - K_{j\text{ср}} / \tau_j)}{K_{\text{ср max}}} \cdot 100, \qquad (10)$$

где $K_{\text{ср max}}$ — значение коэффициента $K_{j\text{ср}}$ при отсчетах, соответствующих крайнему верхнему значению диапазона измерений СИ;

$K_{j\text{ср}}$ — отношение показаний исследуемого и контрольного СИ при коэффициенте пропускания ослабителя τ_j в данной серии измерений.

Показание исследуемого СИ принимают равным верхнему пределу линейного динамического диапазона, если коэффициент нелинейности $\Theta_{л.д}$ равен, но не превышает значения, указанного в НТД на СИ конкретных видов, и принимают равным нижнему пределу линейного динамического диапазона, если $\Theta_{л.д}$ равен, но не меньше соответствующего значения, указанного в НТД.

3.7. Определение основной погрешности

Основную относительную погрешность определяют по формуле

$$\Delta = K \sqrt{\sum_{i=1}^{n} S_i^2 + \frac{1}{3} \sum_{j=1}^{m} \Theta_j^2}, \qquad (11)$$

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

S_i — оценка суммарного квадратического отклонения, характеризующая i-ю случайную погрешность;

$\sum_{i=1}^{n} S_i^2$ — определяют по формуле

$$\sum_{i=1}^{n} S_i^2 = S_1^2 + S_2^2, \qquad (12)$$

где S_1 — оценка среднего квадратического отклонения случайной погрешности СИ с известными параметрами, указанная в паспорте или свидетельстве о метрологической аттестации, %;

S_2 — оценка среднего квадратического отклонения результата измерений среднего значения чувствительности, вычисленная по формуле (8), %;

Θ_j — граница j-й составляющей неисключенной систематической погрешности;

$\sum_{j=1}^{m} \Theta_j^2$ — определяют по формуле

$$\sum_{j=1}^{m} \Theta_j^2 = \Theta_1^2 + \Theta_2^2 + \Theta_3^2 + \Theta_\Sigma^2, \qquad (13)$$

где Θ_1 — неисключенная систематическая погрешность СИ с известными параметрами, указанная в паспорте или свидетельстве о метрологической аттестации, %;

Θ_2 — неисключенная систематическая погрешность, обусловленная зависимостью чувствительности измерительного прибора от угла в пределах допускаемой расходимости лазерного излучения и места падения пучка излучения на входное окно СИ, %;

$\Theta_3 = \Theta_{л.д}$ — неисключенная систематическая погрешность, обусловленная изменением чувствительности СИ в линейном динамическом диапазоне, определяемая в процентах в соответствии с п. 3.6.3;

Θ_Σ — граница составляющих неисключенной систематической погрешности, влияющих на изменение чувствительности (например, обусловленных изменением длительности и формы импульсов излучения, спектрального состава излучения, температуры, напряжения питания в пределах нормальных условий и т. п.), %.

Значения Θ_2 и Θ_Σ вычисляют по формулам

$$\Theta_{2(\Sigma)}^2 = \sum_{i=1}^{n} \Theta_{i(\Sigma)}^2; \qquad \Theta_{2(\Sigma)} = \frac{\bar{A} - A_{2(\Sigma)}}{\bar{A}}, \qquad (14)$$

где n — число результатов измерений;

$\bar{A}$ — среднее значение чувствительности (см. п. 3.3.7);

A_{Σ_1} — значение чувствительности, определяемое в соответствии с п. 3.3.6 при максимально допускаемом изменении одного из влияющих на Θ_2 и Θ_Σ параметров.

Вид и число составляющих Θ_Σ устанавливают в зависимости от свойств использованных материалов, конструкций и условий применения исследуемого СИ.

ПРИЛОЖЕНИЕ
Рекомендуемое

ПРОТОКОЛ

измерений чувствительности измерительного прибора

Таблица 1

Результаты измерений	Номер наблюдений					Среднее значение
	1	2	3	4	5	
1. Показание контрольного СИ N_i						
2. Значение энергии излучения W_i						
3. Коэффициент деления делительной пластины $K_i = N_i / W_i$						$\overline{K} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^{5} K_i$
4. Оценка с. к. о. результата измерений K для $n=5$ $S(\overline{K}) = \frac{1}{\overline{K}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{5} (\overline{K} - K_i)^2}{20}} \times 100\%$						
5. Показание исследуемого СИ N_j						
6. Соответствующее показание контрольного СИ						
7. Чувствительность исследуемого СИ $A_i = \overline{K} \cdot N_j / N_i$						$\overline{A} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^{5} A_i$
8. Оценка с. к. о. результата измерения A для $n=5$ $S(\overline{A}) = \frac{1}{\overline{A}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{5} (\overline{A} - A_i)^2}{20}} \times 100\%$						

Примечания:

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

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

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

ПРОТОКОЛ

измерений линейного динамического диапазона СИ

Таблица 2

Результаты измерений	Номер наблюдений					Среднее значение
	1	2	3	4	5	
Показание исследуемого СИ N_i						
Показание контрольного СИ N_k						
Отношение значений N_i/N_k						$K_{ср}=\frac{1}{5}\sum_{i,k=1}^{5}$

Примечание. Повторить для каждого из следующих значений коэффициентов пропускания ослабителей: $\tau_j=0{,}1$; 0,3; 0,5; 0,7 и для каждого τ_j находится $K_{jср}$, а коэффициент нелинейности СИ или границу неисключенной систематической погрешности, обусловленную изменением чувствительности СИ в линейном динамическом диапазоне, $\Theta_{д.д}$ определяют в процентах по формуле

$$\Theta_{д.д}=\frac{\max\left(K_{ср\,max}-K_{jср}/\tau_j\right)}{K_{ср\,max}}\cdot 100.$$

gost.e-ecolog.ru