

25678-83



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ  
СОЮЗА ССР

# СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ЭНЕРГИИ ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

ВИДЫ, ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ,  
МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ

ГОСТ 25678-83

Издание официальное

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ

Москва



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

Сдано в наб. 14.04.83 Подп. к печ. 29.06.83 0,75 л. 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

**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.

## 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  $\tau$  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, пропеты 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.

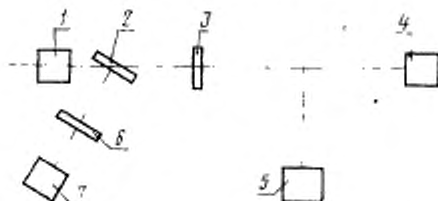
Оптическая система должна быть отъюстирована таким образом, чтобы излучение попадало в центр оптических элементов, осуществляющих фокусировку и деление пучков излучения, и в центр приемных поверхностей СИ. Не допускается даже частичное попадание пучка на оправы входных окон СИ.

В помещении не должно быть конвекционных потоков (в том числе активной вентиляции), посторонних тепловых возмущений, внешних магнитных полей. Уровень запыленности не должен превышать  $20 \text{ пыл/ч-см}^2$ .

3.3. Определение чувствительности измерительных приборов на фиксированных длинах волн в диапазоне  $0,4\text{--}2 \text{ мкм}$

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 НГД 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

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

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  $K_i$  ( $n \geq 5$ ) на одном уровне энергии и определяют среднее значение коэффициента деления делительной пластины по формуле

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

где  $\bar{K}$  — результат единичного измерения коэффициента деления.

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

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

$S(\bar{K})$  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

$$A_i = \bar{K} \frac{N_i}{N_i}. \quad (4)$$

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

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

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

$$A_{ti} = A_i [1 + \alpha(t_n - t)] ; \quad (6)$$

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

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

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

$t$  — температура в помещении;

$\alpha$  — температурный коэффициент, определяемый эмпирическим путем указываемый в НТД на СИ конкретных видов.

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

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

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  $K_i$ ,  $\bar{K}$ ,  $A_i$ ,  $\bar{A}$  и  $S(\bar{A})$  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 ( $n \geq 5$ ) 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  $\bar{A}_i$ .

### 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 ( $n \geq 5$ ) исследуемым и контрольным СИ и вычисляют среднее значение отношения показаний СИ по формуле

$$K_{jcp} = \sum_{i=1}^n \frac{N_i/N_k}{n}, \quad (9)$$

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 ( $n \geq 5$ ) 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,  $\Theta_{н.л.}$  определяют в процентах по формуле

$$\Theta_{н.л.} = \frac{\max(K_{cp \max} - K_{jcp} \tau_j)}{K_{cp \max}} \cdot 100, \quad (10)$$

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

$K_{jcp}$  — отношение показаний исследуемого и контрольного СИ при коэффициенте пропускания ослабителя  $\tau_j$  в данной серии измерений.

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

### 3.7. Определение основной погрешности

Основную относительную погрешность определяют по формуле

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

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

$$\sum_{i=1}^n S_i^2 = S_1^2 + S_2^2 + S_3^2, \quad (12)$$

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), %;

$\Theta_j$  — граница  $j$ -й составляющей неисключенной систематической погрешности;

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

$$\sum_{j=1}^m \Theta_j^2 = \Theta_1^2 + \Theta_2^2 + \Theta_3^2 + \Theta_4^2 + \Theta_5^2, \quad (13)$$

где  $\Theta_1$  — неисключенная систематическая погрешность СИ с известными параметрами, указанная в паспорте или свидетельстве о метрологической аттестации, %;

$\Theta_2$  — 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, %;

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

$\Theta_5$  — 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  $\Theta_2$  и  $\Theta_5$  вычисляют по формулам

$$\Theta_{2(\Sigma)}^2 = \sum_{i=1}^n \Theta_{2(\Sigma i)}^2; \quad \Theta_{5(\Sigma i)} = \frac{\bar{A} - A_{2(\Sigma i)}}{\bar{A}}, \quad (14)$$

где  $n$  — число результатов измерений;

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

$A_{\Sigma 1}$  — значение чувствительности, определяемое в соответствии с п. 3.3.6 при максимально допускаемом изменении одного из влияющих на  $\Theta_1$  и  $\Theta_2$  параметров.

Вид и число составляющих  $\Theta_2$  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<br>$N_i$                                                                                                                              |                  |   |   |   |   |                                          |
| 2. Значение энергии излучения<br>$W_i$                                                                                                                             |                  |   |   |   |   |                                          |
| 3. Коэффициент деления делительной пластины<br>$K_i = N_i / W_i$                                                                                                   |                  |   |   |   |   | $\bar{K} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 K_i$ |
| 4. Оценка с. к. о. результата измерений $\bar{K}$ для $n=5$<br>$S(\bar{K}) = \frac{1}{\bar{K}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (\bar{K} - K_i)^2}{20}}$<br>$\times 100\%$ |                  |   |   |   |   |                                          |
| 5. Показание исследуемого СИ<br>$N_j$                                                                                                                              |                  |   |   |   |   |                                          |
| 6. Соответствующее показание контрольного СИ                                                                                                                       |                  |   |   |   |   |                                          |
| 7. Чувствительность исследуемого СИ<br>$A_i = \bar{K} \cdot N_j / N_i$                                                                                             |                  |   |   |   |   | $\bar{A} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 A_i$ |
| 8. Оценка с. к. о. результата измерения $\bar{A}$ для $n=5$<br>$S(\bar{A}) = \frac{1}{\bar{A}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (\bar{A} - A_i)^2}{20}}$<br>$\times 100\%$ |                  |   |   |   |   |                                          |

## 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 (а 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<br>$N_i$ |                  |   |   |   |   |                                       |
| Показание контрольного СИ<br>$N_k$ |                  |   |   |   |   |                                       |
| 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  $\tau_j$  находится  $K_{ср}$ , 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

$$\theta_{д.д.} = \frac{\max (K_{ср \max} - K_{ср} / \tau_j)}{K_{ср \max}} \cdot 100 \cdot$$