

25819-83



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ  
СОЮЗА ССР

## ЛАЗЕРЫ

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ  
ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

ГОСТ 25819-83

Издание официальное

Цена 3 коп.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ

Москва



## ЛАЗЕРЫ

Методы измерения максимальной мощности  
импульсного лазерного излучения

Lasers. Methods of pulse laser radiation  
peak power measurement

ГОСТ  
25819-83

ОКСТУ 634100

Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 6 июня  
1983 г. № 2471 срок введения установлен

с 01.01.84

Настоящий стандарт распространяется на лазеры импульсного режима работы и излучатели к ним (далее - лазеры импульсного излучения) и устанавливает два метода измерения максимальной мощности импульсного лазерного излучения (далее - лазерного излучения):

А — метод прямых измерений максимальной мощности,

Б — метод косвенных измерений максимальной мощности.

Методы А и Б по погрешности эквивалентны. Выбор того или другого метода производят в зависимости от наличия соответствующей измерительной аппаратуры.

Стандарт следует применять совместно с ГОСТ 24714-81.

## 1. МЕТОД А

## 1.1. Принцип измерений

1.1.1. Максимальную мощность измеряют по максимальному значению импульса напряжения, полученного путем преобразования временной зависимости мощности лазерного излучения в электрический сигнал, воспроизводящий эту зависимость.

## 1.2. Аппаратура

1.2.1. Преобразование импульсов лазерного излучения производят первичным измерительным преобразователем лазерного излучения в электрический сигнал.

1.2.2. Измерение максимального значения импульса напряжения на нагрузке первичного измерительного преобразователя производят приборами для измерения параметров импульсов (импульсные вольтметры, осциллографы).

Издание официальное

Перепечатка воспрещена



© Издательство стандартов, 1983

Примечание. Время нарастания переходной характеристики системы первичный измерительный преобразователь — прибор для измерения параметров импульсов должно быть, по крайней мере, в 3 раза меньше, чем фронт измеряемого импульса.

1.2.3. Блок-схема для измерения максимальной мощности импульсного лазерного излучения должна соответствовать указанной на черт. 1.



1—источник измеряемого лазерного излучения; 2—первичный измерительный преобразователь; 3—нагрузка; 4—прибор для измерения максимального значения импульса напряжения на нагрузке

Черт. 1

1.2.4. Для измерения максимальной мощности могут применяться измерительные приборы, состоящие из измерительного преобразователя и измерителя максимального значения импульса напряжения, аттестованные как единый комплекс.

1.2.5. Основная погрешность измерительного прибора не должна превышать значений, установленных в ГОСТ 8.198—76.

Примечание. Для средств измерений, динамический, спектральный и временной диапазон которых отличаются от приведенных в ГОСТ 8.198—76, допускается отклонение основной погрешности от указанной в п. 1.2.5.

1.2.6. Перечень средств измерений по методу А приведен в справочном приложении 1.

### 1.3. Подготовка к измерению

1.3.1. Первичный измерительный преобразователь, измерительные приборы и лазер подготавливают к работе в соответствии с нормативно-технической документацией.

1.4. Проведение измерений и обработка их результатов

1.4.1. Включают лазер, подают лазерное излучение на вход первичного измерительного преобразователя и измеряют максимальное значение импульса напряжения на нагрузке.

1.4.2. Максимальную мощность излучения ( $P_m$ ) в Вт вычисляют по формуле

$$P_m = \frac{U_m}{S \cdot R_n}, \quad (1)$$

где  $U_m$  — максимальное значение напряжения на нагрузке, В;  
 $S$  — коэффициент преобразования первичного измерительного преобразователя, А/Вт;  
 $R_n$  — сопротивление нагрузки, Ом.

При измерении максимальной мощности измерительным прибором  $P_m$  вычисляют по формуле

$$P_m = \frac{N}{\gamma}, \quad (2)$$

где  $N$  — отсчитываемое значение по шкале измерительного прибора, ед;

$\gamma$  — чувствительность измерительного прибора, ед/Вт.

### 1.5. Показатели точности

1.5.1. Основную погрешность измерения максимальной мощности ( $S_\Sigma$ ) в % с вероятностью не менее 0,95 в соответствии с ГОСТ 8.207—76 вычисляют по формуле

$$S_\Sigma = 2 \sqrt{\frac{\theta_{\text{инп}}^2 + \theta_n^2 + \theta_n^2 + \theta_{\text{вр}}^2}{3} + S^2(\tilde{A})}, \quad (3)$$

где  $\theta_{\text{инп}}$  — граница неисключенной систематической погрешности результата измерения коэффициента преобразования первичного измерительного преобразователя, %;

$\theta_n$  — граница неисключенной систематической погрешности результата измерения сопротивления нагрузки, %;

$\theta_n$  — граница неисключенной систематической погрешности результата измерения максимального значения импульса напряжения на нагрузке, %;

$\theta_{\text{вр}}$  — граница неисключенной систематической погрешности результата измерения прочих составляющих (например, неточности воспроизведения формы импульса неравномерности зонной характеристики первичного измерительного преобразователя и т. д.), %;

$S(\tilde{A})$  — оценка среднего квадратического отклонения результата измерения по ГОСТ 8.207—76, %.

1.5.2. Точность измерения максимальной мощности измерительным прибором определяется его основной и дополнительной погрешностями, нормируемых ГОСТ 24469—80.

## 2. МЕТОД Б

### 2.1. Принцип измерений

2.1.1. Максимальную мощность лазерного излучения определяют путем расчета по известной энергии импульса (или средней мощности и частоте повторения импульсов) и его форме.

2.1.2. При измерении энергии лазерного излучения из импульсной последовательности выделяется один импульс (или известное число импульсов при работе лазера в частотном режиме).

## 2.2. Аппаратура

2.2.1. Измерение энергии лазерного излучения производится средством измерения энергии (фотоэлектрическим, калориметрическим и т. д.).

При необходимости один импульс из последовательности выделяется затвором (например, механическим).

2.2.2. Погрешность измерения энергии не должна превышать 15%.

2.2.3. Измерение средней мощности лазерного излучения производится средством измерения средней мощности (калориметрическим, фотоэлектрическим и т. д.).

2.2.4. Погрешность измерения средней мощности не должна превышать 10%.

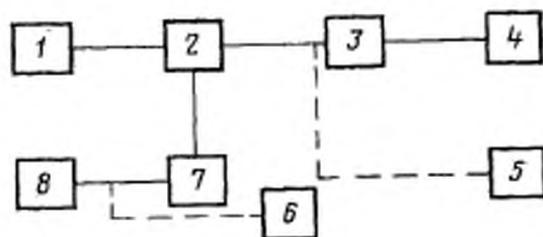
2.2.5. Измерение частоты повторения импульсов лазерного излучения производят частотомером, подключенным к нагрузке фотоэлектрического преобразователя.

2.2.6. Форму импульса лазерного излучения определяют средством измерения параметров лазерного излучения в комплекте с осциллографическим регистратором или осциллографическим регистратором, подключенным к нагрузке фотоэлектрического преобразователя.

2.2.7. Перечень средств измерений по методу Б приведен в справочном приложении 2.

## 2.3. Подготовка и проведение измерений

2.3.1. Блок-схема для измерения максимальной мощности импульсного излучения должна соответствовать указанной на черт. 2.



1—источник измеряемого лазерного излучения; 2—делительная пластина; 3—затвор; 4—средство измерения энергии; 5—средство измерения средней мощности; 6—частотомер; 7—фотоэлектрический преобразователь; 8—регистратор формы импульсов

Черт. 2

2.3.2. При измерении энергии устанавливают средство измерения энергии 4 и, при необходимости, затвор 3 для выделения известного числа импульсов.

2.3.3. При измерении средней мощности устанавливают средство измерения средней мощности 5 вместо затвора 3 и средство

измерения энергии 4. К выходу фотоэлектрического преобразователя 7 подключают частотомер 6 вместо регистратора формы 8.

2.3.4. Измерительные приборы и лазер подготавливают к работе в соответствии с нормативно-технической документацией.

2.4. Проведение измерений и обработка результатов измерений

2.4.1. Энергию импульса лазерного излучения ( $W$ ) в Дж измеряют или вычисляют по измеренной средней мощности и частоте по формуле

$$W = \frac{P_{\text{ср}}}{f}, \quad (4)$$

где  $P_{\text{ср}}$  — средняя мощность, Вт;  
 $f$  — частота повторения импульсов, Гц;

2.4.2. Площадь измеренного импульса ( $S$ ) в мм<sup>2</sup> вычисляют по осциллограмме по формуле

$$S = \tau \sum_{i=1}^n A_i, \quad (5)$$

где  $\tau$  — интервал разбиения по оси времени, мм;

$A_i$  — мгновенные значения амплитуды на каждом интервале разбиения, мм.

2.4.3. Максимальную мощность лазерного излучения ( $P_m$ ) в Вт вычисляют по формуле

$$P_m = \frac{A_{\text{max}} \cdot W}{K \cdot S \cdot K_x} \quad (6)$$

где  $A_{\text{max}} = \max \{ A_i \}$ ;

$K$  — коэффициент пропускания делительной пластины и затвора;

$W$  — показания средства измерения энергии или значение энергии, рассчитанное по средней мощности и частоте повторения;

$K_x$  — коэффициент развертки, с/мм.

Примечание. Если средство измерения энергии или средней мощности аттестовано вместе с делительной пластиной 2, то  $K=1$ .

2.5. Показатели точности

2.5.1. Основную погрешность измерения максимальной мощности ( $S_2$ ) в %, с вероятностью не менее 0,95 в соответствии с ГОСТ 8.207—76 вычисляют по формуле

$$S_2 = 2 \cdot \sqrt{\frac{\theta_{\text{ср}}^2 + \theta_{\text{д}}^2 + \theta_{\text{н}}^2 + \theta_{\text{пр}}^2}{3} + S^2(A)}, \quad (7)$$

где  $\theta_w$  — граница неисключенной систематической погрешности результата измерения энергии, % или при измерении средней мощности

$$\theta_w^2 = \theta_p^2 + \theta_f^2;$$

$\theta_p$  — граница неисключенной систематической погрешности результата измерения средней мощности, %;

$\theta_f$  — граница неисключенной систематической погрешности результата измерения частоты, %;

$\theta_d$  — граница неисключенной систематической погрешности результата измерения коэффициента пропускающей пластины и затвора, %;

$\theta_s$  — граница неисключенной систематической погрешности результата измерения площади импульса, %;

$\theta_{пр}$  — граница неисключенной систематической погрешности результата измерения прочих составляющих (например, неточности воспроизведения формы импульса, нестабильности значения энергии в импульсе и т. д.), %;

$S(\bar{A})$  — оценка среднего квадратического отклонения результата измерения по ГОСТ 8.207—76, %.

## СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ПО МЕТОДУ А

Наименование	Тип	Диапазон измерений (чувствительность на длине волны)	Погрешность, % не более	Спектральный диапазон (диапазон длин волн в микронах)	Номер на Госреестру
1. Измерительный фотоэлектрический преобразователь	ФК-2	$10^4$ Вт	25	$0,38-1,3$ мкм ( $8 \cdot 10^{-10}$ с)	5940—77
2. Измерительный фотоэлектрический преобразователь	ФК-15	$1,85 \cdot 10^{-3}-0,74 \cdot 10^7$ Вт	25	$0,38-1,1$ мкм ( $5 \cdot 10^{-10}$ с)	4704—75
3. Измерительный фотоэлектрический преобразователь	ФК-19	$1,85 \cdot 10^{-3}-1,5 \cdot 10^4$ Вт	25	$0,38-1,1$ мкм ( $7 \cdot 10^{-10}$ с)	4705—75
4. Измерительный фотоэлектрический преобразователь	ФК-20	$1,85 \cdot 10^{-3}-1,9 \cdot 10^4$ Вт	25	$0,38-1,1$ мкм ( $8 \cdot 10^{-10}$ с)	4706—75
5. Измерительный фотоэлектрический преобразователь	ФК-26	$4 \cdot 10^{-5}$ А/Вт ( $1,06$ мкм)	25	$0,38-1,1$ мкм ( $5 \cdot 10^{-10}$ с)	5941—77
6. Измерительный фотоэлектрический преобразователь	ФС-20	$5 \cdot 10^{-5}-4 \cdot 10^5$ Вт	25	$0,38-0,65$ мкм ( $5 \cdot 10^{-10}$ с)	4707—75
7. Измерительный фотоэлемент	ФЭК-22 СПУ ФК-31	$5 \cdot 10^{-3}$ А/Вт ( $0,265$ мкм) $1,5 \cdot 10^{-2}$ А/Вт ( $0,53$ мкм) $1 \cdot 10^3$ Вт/см <sup>2</sup>	15	$0,22-0,45$ мкм $0,45-0,65$ мкм $0,4-1,2$ мкм ( $10^{-8}-10^{-7}$ с)	6989—79 8351—81
8. Измерительный фотоэлектрический преобразователь	ФЭК 29КПУ	$1,5 \cdot 10^{-3}$ А/Вт ( $0,265$ мкм) $5 \cdot 10^{-4}$ А/Вт ( $0,594$ мкм) $5 \cdot 10^{-5}$ А/Вт ( $1,06$ мкм)	15	$0,22-1,1$ мкм ( $5 \cdot 10^{-10}$ с)	6990—79
9. Измерительный фотоэлемент	28ЭПУ-Ф15	$10^5$ А/Вт ( $0,53$ мкм) $5 \cdot 10^4$ Вт 0,1—9 В	15	$0,22-1,1$ мкм ( $3 \cdot 10^{-9}$ с)	7310—79
10. Фотоэлектронный измерительный умножитель	ИЧ-5		3-8	$10^{-8}-5 \cdot 10^{-2}$ с 20 · 3 · 10 <sup>9</sup> Гц	
11. Измеритель параметров импульсов	ВЧ-17	0,1—100 В	5	$0,2-1000$ нс	
12. Милливольтметры импульсного тока	ВЧ-14	30—1000 мВ	5	$0-100$ Гц	

Наименование	Тип	Диапазон измерений (чувствительность за длине волны)	Погрешность, %, не более	Средний диапазон (диапазон длительностей импульсов)	Номер по Госреестру
13. Осциллографы	С1—75 С1—70	250 МГц, чувст. 10 мВ/дел 50 МГц, чувст. 10 мВ/дел	5 5		
14. Стереоскопический осциллограф с аналого-цифровым преобразователем	С7—9	— 5 В/дел	5		
15. Наносекундный фотометр	ФН	6 ГГц, чувст. 10 мВ/дел — 200 мВ/дел	(16—30) (22—35) (22—35) (17—35)	0,53; 0,69; 1,06 мкм [(25—250) · 10 <sup>-9</sup> с]	6608—78
16. Частотный фотометр	ФЧ	10 <sup>-2</sup> —10 Дж 10 <sup>4</sup> —10 <sup>8</sup> Вт 3 · 10 <sup>6</sup> —10 <sup>8</sup> Вт		0,53; 0,69; 1,06 мкм [(25—250) · 10 <sup>-9</sup> с]	6609—78
17. Измеритель энергии и максимальной мощности однократного импульса излучения лазера	ИФО	10 <sup>-8</sup> —10 Дж	15	0,38—1,3 мкм [(1—20) · 10 <sup>-8</sup> с]	6865—78
18. Фотометр удаленного расположения	ФУР	10 <sup>-10</sup> —10 <sup>-7</sup> Дж 7 · 10 <sup>-7</sup> —7 · 10 <sup>-3</sup> Дж	20 20	0,9 мкм 0,53; 0,69; 1,06 мкм	8132—81
19. Лабораторный фотометр общего назначения	ЛФО	10 <sup>-4</sup> —10 Дж 10 <sup>-3</sup> —10 Дж	(13—22) (13—24)	0,69 мкм 0,53; 1,06 мкм	6909—78

Примечание. Допускается пользоваться средствами измерения других типов, у которых в пределах заданной в п. 1.2.5 погрешности известны значения чувствительности.

СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ПО МЕТОДУ Б

Наименование	Тип	Диапазон измерений	Погрешность, %, не более	Спектральный диапазон (диапазон длин волн в мкм)	Номер по Госреестру
1. Калориметрический твердотельный измеритель	ИКТ-1М	0,05—150 (1000) Дж	10 (25)	0,4—4 мкм ( $10^{-8}$ — $10^{-3}$ с)	3556—73
2. Измеритель энергии излучения	ИЭИ-1К-1М	0,5—30 Дж	15	0,5—2; 10,6 мкм ( $10^{-8}$ —1 с)	6140—77
3. Переносной малогабаритный фотометр широкого применения для импульсных и непрерывных лазеров	ФПМ-01	$10^{-2}$ — $0,5 \cdot 10^{-3}$ Дж	20	0,69; 1,06 мкм ( $0,2 \cdot 10^{-3}$ — $10^{-3}$ с)	7527—80
4. Переносной малогабаритный фотометр широкого применения для импульсных лазеров	ФПМ-02	$5 \cdot 10^{-3}$ — $0,5 \cdot 10^{-3}$ Дж $5 \cdot 10^{-3}$ — $10^{-3}$ Дж	20	0,53; 0,69; 1,06 мкм 0,89—0,93 мкм	7944—80
5. Измеритель мощности и энергии	МЗ-49	$10^{-8}$ — $10^{-1}$ Вт $10^{-2}$ —1 Дж	10 17	0,4—11 мкм	6862—78
6. Измеритель средней мощности и энергии	ИСМ-1	$10^{-2}$ — $10^3$ Вт 0,01—2 Дж	10	0,4—1,1 мкм ( $5 \cdot 10^{-9}$ — $2 \cdot 10^{-7}$ с)	6865—78
7. Измеритель энергии и максимальной мощности однократного импульса излучения лазеров	ИФО	$2 \cdot 10^{-3}$ — $5 \cdot 10^3$ Дж	15	0,38—1,3 мкм [(1—20) · $10^{-8}$ с]	6865—78
8. Измеритель мощности непрерывного лазерного излучения	ИМН-1	$10^{-6}$ — $10^{-3}$ Вт	10	0,63—1,15 мкм	6370—77
9. Электронный счетный часотомер	ЧЗ-32	10 Гц—3,5 МГц 10—170 В	1 5		

<i>Продолжение</i>					
Наименование	Тип	Диапазон измерений	Погрешность, % не более	Средственный диапазон (диапазон длительностей импульсов)	Номер по Госреестру
10. Измеритель наносекундных импульсов	ИНИ 3	$2 \cdot 10^{-8} - 10^{-6}$ с	5		
11. Осциллографический измеритель однократных процессов	6ЛОР-04	10—300 В (30—500) · 10 <sup>9</sup> с	5		5961—77
12. Многоканальный осциллографический измеритель	Лотос	(0,5—100) · 10 <sup>-8</sup> с	5		

Примечание. Допускается пользоваться средствами измерений других типов, у которых в пределах заданной в пп. 2.2.2 и 2.2.4 погрешности известны значения чувствительности.



Редактор *Т. В. Смыка*  
Технический редактор *Н. М. Ильичева*  
Корректор *Н. Л. Шнайдер*

Сдано в наб. 14.06.83 Подп. к печ. 08.12.83 0,75 л. л 0,64 уч изд. л. Тир. 6000 Цена 3 коп.

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123840, Москва, ГСП, Новопресненский пер., 3  
Тип. «Московский печатник» Москва, Лялин пер., 6. Зак. 770