МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ЛАЗЕРЫ

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДИАМЕТРА ПУЧКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ РАСХОДИМОСТИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Издание официальное

БЗ 6—2000

ИПК ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ
Москва

gost.e-ecolog.ru

УДК 621.375.826.083 : 006.354 Группа Т35

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ЛАЗЕРЫ

Методы измерения диаметра пучка и энергетической расходимости лазерного излучения

Lasers. Methods for measurement of beam diameter and beam energy divergence angle

ГОСТ 26086—84

ОКСТУ 6341

Дата введения 01.07.85

Настоящий стандарт распространяется на лазеры непрерывного и импульсного режимов работы и устанавливает методы измерения:

- диаметра пучка излучения:
- метод калиброванных диафрагм,
- метод распределения плотности энергии (мощности) лазерного излучения;
- энергетической расходимости лазерного излучения:
- метод фокального пятна,
- метод двух сечений.

Общие требования при измерении и требования безопасности — по ГОСТ 24714.

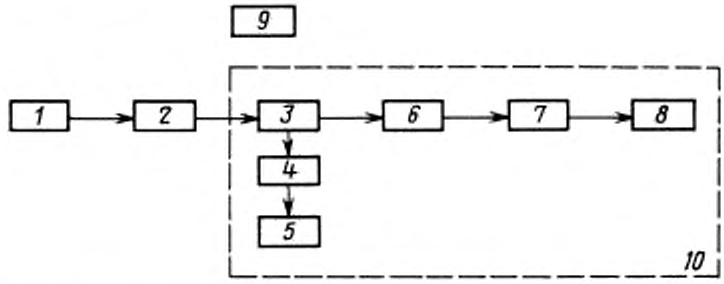
1. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДИАМЕТРА ПУЧКА ИЗЛУЧЕНИЯ

1.1. Метод калиброванных диафрагм

Измерение основано на определении диаметра диафрагмы, через которую проходит заданная доля энергии (мощности) лазерного излучения.

1.1.1. *Аппаратура*

1.1.1.1. Схема расположения средств измерений и вспомогательных устройств приведена на черт. 1.



1 — лазер; *2* — ослабитель; *3* — ответвитель; *4, 7* — оптическая система; *5, 8* — средства измерения энергии (мощности) лазерного излучения; *6* — калиброванная диафрагма; *9* — средство юстировки; *10* — устройство для измерения диаметра пучка излучения

Черт. 1

1.1.1.2. Перечень рекомендуемых средств измерений и вспомогательных устройств приведен в приложении 1.

Издание официальное ★ Перепечатка воспрещена

© Издательство стандартов, 1984
© ИПК Издательство стандартов, 2002

1.1.1.3. Ослабитель должен обеспечивать значение энергии (мощности) лазерного излучения в пределах энергетического диапазона применяемого средства измерения энергии (мощности). Погрешность, вносимая ослабителем, должна быть в пределах ± 5 %.

Если энергия (мощность) лазерного излучения не превышает верхнего предела измерителя, допускается не использовать ослабитель *2*.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

1.1.1.4. Ответвитель должен обеспечивать разделение пучка излучения с погрешностью в пределах ± 3 %.

1.1.1.5. Диафрагма, устанавливаемая перпендикулярно направлению распространения пучка лазерного излучения, должна обеспечивать:

- пропускание энергии (мощности) лазерного излучения от z_1 до $0{,}7\gamma_н z_1$, где z_1 — полная энергия (мощность) лазерного излучения, $\gamma_н$ — установленный в стандартах или технических условиях (ТУ) на лазеры конкретных типов уровень энергии (мощности) лазерного излучения, при котором определяется диаметр пучка;
- плавное или ступенчатое изменение диаметра поперечного сечения пучка лазерного излучения, попадающего на средство измерения энергии (мощности) *8*, с шагом не более $0{,}2d$, где d — диаметр пучка излучения, указанный в стандартах или ТУ на лазеры конкретных типов.

Погрешность определения диаметра отверстия диафрагмы D должна быть в пределах ± 3 %.

Допускается использовать набор сменных калиброванных диафрагм.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

1.1.1.6. Оптическая система, должна обеспечивать согласование диаметра пучка лазерного излучения с размером входной апертуры средства измерения энергии (мощности). Погрешность, вносимая оптической системой, должна быть в пределах ± 3 %. Если диаметр поперечного сечения лазерного пучка находится в пределах, установленных для применяемого средства измерения, оптическую систему допускается не применять.

1.1.1.7. Средство измерения энергии лазерного излучения должно соответствовать требованиям ГОСТ 25212, средство измерения мощности лазерного излучения — ГОСТ 25786.

1.1.1.8. Средство юстировки должно обеспечивать попадание лазерного излучения в центральную часть приемных площадок средств измерений и вспомогательных устройств. В качестве средств юстировки рекомендуется применять визуализаторы, газовые лазеры непрерывного режима работы в видимой области спектра с расходимостью не более 10′ или другие устройства.

1.1.1.9. Если относительная нестабильность энергии (мощности) лазерного излучения за время измерения не превышает 5 %, допускается не вводить в схему измерения ответвитель, оптическую систему *4* и средство измерения энергии (мощности) *5*.

1.1.2. *Подготовка и проведение измерений*

1.1.2.1. Устанавливают средства измерений и вспомогательные устройства и подготавливают их к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на них.

1.1.2.2. Включают лазер и прогревают в течение времени готовности, установленного в стандарте или ТУ на лазер конкретного типа.

1.1.2.3. Проводят юстировку, добиваясь попадания пучка лазерного излучения в центральную часть диафрагмы, приемных площадок ослабителя, ответвителя, оптической системы и средств измерения энергии (мощности) лазерного излучения.

1.1.2.4. Устанавливают диаметр диафрагмы D_1, при котором через диафрагму проходит полная энергия (мощность) излучения z_1.

1.1.2.5. Измеряют энергию (мощность) лазерного излучения z_1 и z'_1 средствами измерения *8* и *5* соответственно.

1.1.2.6. Уменьшая диаметр диафрагмы, определяют z_i и z'_i, где $i = 2, 3, \ldots n$. Измерения проводят не менее чем при пяти различных диаметрах диафрагмы, если иное не установлено в стандартах или ТУ на лазеры конкретных типов.

1.1.3. *Обработка результатов*

1.1.3.1. Для каждого i-го значения диаметра диафрагмы D_i вычисляют соотношение

$$\gamma_i = \alpha \frac{z_i}{z'_i}, \qquad (1)$$

где α — коэффициент, определяемый в соответствии с приложением 2;

$i = 1, 2, \ldots n$.

1.1.3.2. Полученные данные аппроксимируют зависимостью $\gamma = F(D)$ и определяют диаметр диафрагмы, соответствующий уровню энергии $\gamma_н$, указанному в стандартах или ТУ на лазеры конкретных типов.

Найденный диаметр диафрагмы принимают за диаметр пучка лазерного излучения.

1.1.3.3. При измерении по схеме с учетом требований п. 1.1.1.9 γ_i вычисляют по формуле

$$\gamma_i = \frac{z_i}{z_1}. \tag{2}$$

1.1.3.4. Обработку результатов измерений можно проводить с использованием ЭВМ. Алгоритм обработки приведен в приложении 4.

1.1.4. *Показатели точности измерения*

Погрешность измерения диаметра пучка находится в интервале ± 24% с установленной вероятностью 0,95. Расчет погрешности измерения приведен в приложении 3.

1.2. Метод распределения плотности энергии (мощности)

1.2.1. Измерение основано на определении диаметра круга, в котором заключена заданная доля энергии (мощности) лазерного излучения. Центр этого круга должен соответствовать точке сечения пучка лазерного излучения, совпадающей с энергетическим центром относительного распределения плотности энергии (мощности) ОРПЭ (М)*.

1.2.2. Измеряют ОРПЭ (М) по ГОСТ 25917.

1.2.3. *Обработка результатов. Показатели точности измерения*

1.2.3.1. Строят матрицу значений относительной плотности энергии (мощности) β_{kl} в различных точках сечения лазерного пучка, где k, l — координаты точки сечения.

1.2.3.2. Полную энергию (мощность) лазерного излучения z_1 вычисляют по формуле

$$z_1 = \Delta_x \Delta_y \sum_{k=1}^{M} \sum_{l=1}^{N} \beta_{kl}, \tag{3}$$

где Δ_x, Δ_y — равномерный шаг между соседними точками ОРПЭ (М), в которых определена β_{kl} по соответствующим осям координат;

M, N — количество точек в сечении пучка по строке и столбцу матрицы значений соответственно.

1.2.3.3. Координаты энергетического центра O (x_0, y_0) ОРПЭ (М) (см. черт. 2) вычисляют по формулам:

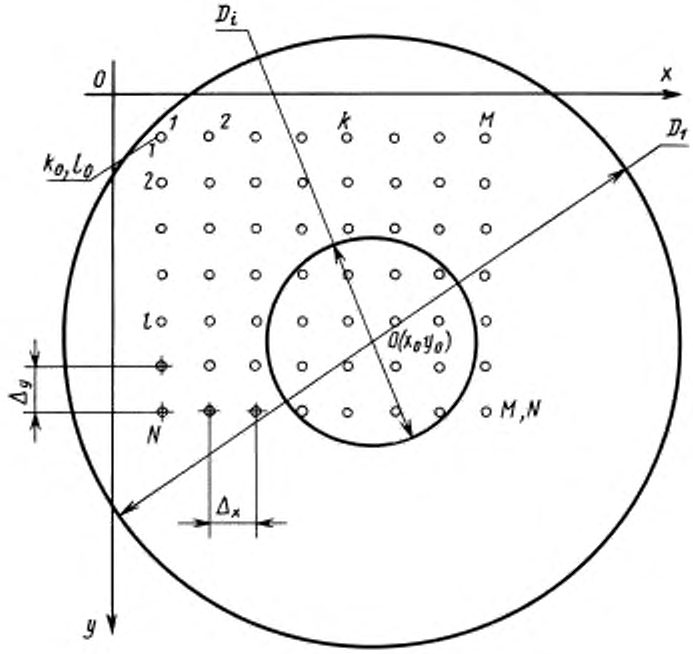
$$x_0 = \Delta_x \frac{\sum_{k=1}^{M} \sum_{l=1}^{N} (k \beta_{kl})}{\sum_{k=1}^{M} \sum_{l=1}^{N} \beta_{kl}}, \tag{4}$$

$$y_0 = \Delta_y \frac{\sum_{k=1}^{M} \sum_{l=1}^{N} (l \beta_{kl})}{\sum_{k=1}^{M} \sum_{l=1}^{N} \beta_{kl}}. \tag{5}$$

---

* Под энергетическим центром ОРПЭ (М) понимают точку в плоскости сечения пучка лазерного излучения, являющуюся центром тяжести распределения плотности энергии (мощности) в соответствующем сечении.

Изображение матрицы значений β_{kl}



Черт. 2

1.2.3.4. Диаметр D_1 окружности, в которую полностью вписывается матрица значений β_{kl}, вычисляют по формуле

$$D_1 = 2\sqrt{(k_0\Delta_x - x_0)^2 + (l_0\Delta_y - y_0)^2}\,, \tag{6}$$

где $k_0\Delta_x$ и $l_0\Delta_y$ — координаты наиболее удаленного от энергетического центра элемента матрицы.

1.2.3.5. Уменьшают диаметр D_i (где i — 1, 2, 3 . . .) таким образом, чтобы окружность с центром в точке O (x_0, y_0) охватывала хотя бы на одну измеренную точку меньше, чем окружность диаметром D_{i-1}.

1.2.3.6. Определяют энергию (мощность) z лазерного излучения, заключенную в круге диаметром D, аналогично п. 1.2.3.2.

1.2.3.7. Для каждого i-го значения диаметра D_i вычисляют отношение γ_i по формуле

$$\gamma_i = \frac{z_i}{z_1}. \tag{7}$$

1.2.3.8. Определяют диаметр пучка аналогично п. 1.1.3.2.

1.2.3.9. Обработку результатов целесообразно проводить с использованием ЭВМ. Алгоритм определения диаметра пучка приведен в приложении 4.

При радиальной структуре матрицы значений все приведенные в приложении 4 формулы следует преобразовать в полярные координаты (r_k, φ_l).

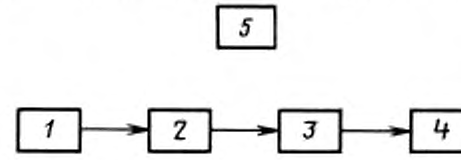
1.2.3.10. Погрешность измерения диаметра пучка лазерного излучения находится в интервале ± 25 % с установленной вероятностью 0,95. Расчет погрешности измерения приведен в приложении 3.

2. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ РАСХОДИМОСТИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

2.1. Метод фокального пятна

2.1.1. *Аппаратура*

2.1.1.1. Схема расположения средств измерений и вспомогательных устройств приведена на черт. 3.



1 — лазер; *2* — ослабитель; *3* — оптическая система; *4* — устройство для измерения диаметра пучка излучения; *5* — средство юстировки

Черт. 3

2.1.1.2. Ослабитель должен обеспечивать значение энергии (мощности) лазерного излучения в пределах, установленных в эксплуатационной документации на применяемые средства измерений и вспомогательные устройства.

Погрешность, вносимая ослабителем, должна быть в пределах ± 5 %. Если энергия (мощность) лазерного излучения не превышает верхнего предела измерителя, допускается не использовать ослабитель *2*.

2.1.1.3. Оптическая система должна фокусировать лазерное излучение. В качестве оптической системы можно использовать линзу, вогнутое зеркало или совокупность их в сочетании с другими оптическими элементами, например отклоняющей пластиной, оптическим клином.

Входная апертура оптической системы должна превышать более чем на 50 % диаметр пучка лазерного излучения, установленный в стандартах или ТУ на лазеры конкретных типов.

Фокусное расстояние оптической системы должно быть таким, чтобы плотность энергии (мощности) лазерного излучения в сечении лазерного пучка, расположенного в фокальной плоскости оптической системы, не превышала предельно допустимого значения для средств измерения энергии (мощности).

Диаметр сечения пучка измеряют с погрешностью, установленной в пп. 1.1.4 и 1.2.3.10.

Погрешность определения фокусного расстояния оптической системы должна быть в пределах ± 10 %.

Погрешность, обусловленная аберрациями, вносимыми оптической системой, должна быть в пределах ± 5 %.

2.1.1.2, 2.1.1.3. **(Измененная редакция, Изм. № 1).**

2.1.2. *Подготовка и проведение измерений*

2.1.2.1. Устанавливают средства измерений и вспомогательные устройства и подготавливают их к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на них. При этом оптическая ось средств измерений и вспомогательных устройств должна совпадать с направлением распространения лазерного излучения.

В технически обоснованных случаях (например, при использовании в качестве оптической системы вогнутого зеркала) допускается устанавливать оптическую систему так, что ее оптическая ось расположена под углом к направлению распространения лазерного излучения, соответствующим установленному в ТУ на лазеры конкретных типов. Погрешность, вносимая оптической системой, не должна превышать указанной в п. 2.1.1.3.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

2.1.2.2. Измеряют диаметр d_F пучка излучения в фокальной плоскости оптической системы по пп. 1.1 или 1.2.

2.1.3. *Обработка результатов*

2.1.3.1. Энергетическую расходимость лазерного излучения $\Theta_{W(P)}$ в радианах вычисляют по формуле

$$\Theta_{W(P)} = d_F/F. \qquad (8)$$

2.1.4. *Показатели точности измерения*

Погрешность измерения энергетической расходимости находится в интервале ± 27 % с установленной вероятностью 0,95.

Расчет погрешности измерения приведен в приложении 3.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

2.2. Метод двух сечений

2.2.1. Метод применим для измерения расходимости пучка лазерного излучения на расстоянии от выходного окна лазера до 1-го сечения большем d^2/λ (где d — диаметр пучка лазерного излучения, указанный в стандартах или ТУ на лазеры конкретных типов, λ — длина волны лазерного излучения). Расстояние от выходного окна лазера до первого сечения должно соответствовать установленному в стандартах или ТУ на лазеры конкретных типов.

2.2.2. Измеряют по пп. 1.1 или 1.2 диаметры пучка лазерного излучения в двух сечениях, отстоящих друг от друга на расстоянии l, которое выбирают наибольшим для условий конкретного измерения.

2.2.3. Измеряют расстояние между сечениями. Погрешность измерения расстояния должна быть в пределах ± 3 %.

2.2.4. *Обработка результатов*

Энергетическую расходимость лазерного излучения вычисляют в радианах по формуле

$$\Theta_{W(P)} = \frac{d_2 - d_1}{l}, \tag{9}$$

где d_1 и d_2 — диаметры пучка лазерного излучения в первом и втором сечениях соответственно.

2.2.5. *Показатели точности измерения*

Показатели точности измерения энергетической расходимости лазерного излучения должны соответствовать установленным в стандартах или ТУ на лазеры конкретных типов.

Границы интервала, в котором с установленной вероятностью 0,95 находится погрешность измерения, вычисляют по формуле

$$\delta_{\Theta_{W(P)}} = \pm\delta_d \frac{\sqrt{d_2^2 + d_1^2}}{d_2 - d_1}, \tag{10}$$

где δ_d — погрешность измерения диаметра пучка лазерного излучения в процентах.

При этом границы интервала погрешности должны находиться в пределах ± 30 % (см. приложение 3).

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Рекомендуемое

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ

Ослабители

Наименование, тип ослабителя	Коэффициент ослабления	Спектральный диапазон, мкм	Допустимая плотность энергии, Дж/см^2
1. Плоскопараллельная пластина толщиной 1—3 мм, изготовленная из нейтрального стекла марок:		0,35—3,0	1—10 при длительности импульса по уровню 0,5 10^{-5}—10^{-8} с
НС-1	1,43		
НС-2	3,34		
НС-3	10,0		
НС-6	1,25		
НС-7	1,67		
НС-8	3,34		
НС-9	10,0		
НС-10	100,0		
2. Плоскопараллельная пластина из германия или кремния толщиной 2—10 мм	1,67—1,25 1,25	3,0—11,0	
3. Ослабители, основанные на френелевском отражении от поверхности диэлектрика, прозрачного в заданной области спектра:			
- стекло оптическое бесцветное	33,4—10,0	0,35—3,0	10 при длительности импульса по нулевому уровню 10^{-6}—10^{-8} с
- германий	2,0—5,0	2,0—11,0	
- кремний	2,0—5,0	1,15—11,0	
4. Ослабители, основанные на отражении от диффузно рассеивающих поверхностей (молочные стекла, оксид магния, сернокислый барий, матированные поверхности металлов)	10000—10	0,35—11,0	

Ответвители

Спектральный диапазон, мкм	Материал	n
0,2—2,5	Плавленый кварц	1,461
0,40—1,2	Стекло К-8	1,514
0,15—16,0	Кристалл BaF_2	1,400
0,6—11,0	Кристалл KBr	1,550
1,0—11,0	Кристалл Si	3,450
1,8—20,0	Кристалл Ge	4,000
0,15—6,0	Сапфир Al_2O_3	1,700

Примечание. Допускается применять другие средства измерения, метрологические характеристики которых соответствуют требованиям настоящего стандарта.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Обязательное

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА α

1. Схема расположения средств измерения и вспомогательных устройств и требования к ним должна соответствовать п. 1.1 настоящего стандарта.

2. При измерении коэффициента α должны быть использованы те же средства измерения и вспомогательные устройства, что и при измерении диаметра пучка методом калиброванных диафрагм.

3. Проводят 10 измерений по п. 1.1.2.5 настоящего стандарта. Результаты измерений заносят в таблицу.

Определяемая величина	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
z_{1j}, Дж (Вт)										
z'_{1j}, Дж (Вт)										
Коэффициент $\alpha_j = z'_{1j}/z_{1j}$										
Среднее значение коэффициента $\bar{\alpha} = \frac{1}{10}\sum_{j=1}^{10}\alpha_i$										
Относительное среднеквадратическое отклонение $\sigma_\alpha = \frac{1}{3\alpha}\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{10}(\alpha_i - \bar{\alpha})^2}{10}}$										

4. Полученный коэффициент $\bar{\alpha}$ принимают за α и используют при расчете отношения γ_i по формуле (1) настоящего стандарта.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Справочное

1. РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ ДИАМЕТРА ПУЧКА ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

1.1. Погрешность измерения диаметра пучка лазерного излучения методом калиброванных диафрагм вычисляют по формулам:

- при использовании ответвителя

$$\delta_{d_1} = \pm K_d \sqrt{2\left[\left(\frac{a\delta_{си}}{K_{си}}\right)^2 + \left(\frac{\delta_{осл}}{K_{осл}}\right)^2 + \left(\frac{\delta_{отв}}{K_{отв}}\right)^2 + \frac{\delta^2_{D_1} + \delta^2_{D_2}}{K^2_D} + \left(\frac{\delta_{нд}}{K_{нд}}\right)^2\right] + \left(\frac{\delta_{апр}}{K_{апр}}\right)^2 + \sigma^2_\alpha}; \quad (1)$$

- при отсутствии ответвителя

$$\delta_{d_2} = \pm K_d \sqrt{2\left[\left(\frac{a\delta_{си}}{K_{си}}\right)^2 + \left(\frac{\delta_{осл}}{K_{осл}}\right)^2 + \frac{\delta^2_{D_1} + \delta^2_{D_2}}{K^2_D} + \left(\frac{\delta_{нм}}{K_{нм}}\right)^2 + \left(\frac{\delta_{нд}}{K_{нд}}\right)^2\right] + \left(\frac{\delta_{апр}}{K_{апр}}\right)^2}, \quad (2)$$

где $\delta_{си}$ — погрешность средства измерения энергии (мощности) лазерного излучения (находится в пределах ± 18 %);

a — коэффициент, обусловленный исключением в процессе измерения систематической составляющей погрешности средства измерения энергии (мощности), так как при измерении z_i и z'_i, используется один и тот же экземпляр средства измерения, относительная погрешность которого аддитивна ($a \le 0{,}5$);

$\delta_{осл}$ — погрешность, вносимая ослабителем (в пределах ± 5 %);

$\delta_{отв}$ — погрешность, вносимая ответвителем (в пределах ± 3 %);

δ_{D_1} — погрешность, обусловленная дифракцией лазерного излучения на краях диафрагмы (в пределах ± 5 %);

δ_{D_2} — погрешность измерения диаметра отверстия диафрагмы (в пределах ± 3 %);

$\delta_{нд}$ — погрешность, обусловленная смещением оси диаграммы направленности в плоскости диафрагмы в процессе измерения (в пределах ± 8 %);

σ_α — относительное среднее квадратическое отклонение определения α (в пределах ± 3 %), рассчитывается в соответствии с приложением 2;

$\delta_{апр}$ — погрешность аппроксимации при построении графической зависимости $\gamma = f(D)$ (в пределах ± 3 %);

$\delta_{нм}$ — погрешность, обусловленная нестабильностью энергии (мощности) лазерного излучения (в пределах ± 5 %);

$K_{си}$, $K_{осл}$, $K_{отв}$, K_D, $K_{апр}$, $K_{нм}$, $K_{нд}$ — коэффициенты, зависящие от закона распределения соответствующих погрешностей измерения и установленной вероятности.

Закон распределения частных погрешностей — равномерный. Предельные значения коэффициентов $K_{си} = K_{осл} = K_{отв} = K_и = K_{нд} = K_{апр} = K_{нм} = 1{,}73$.

Закон распределения суммарной погрешности — нормальный, $K = 1{,}96$ при вероятности 0,95.

$$\delta_{d_1} = \pm 1{,}96 \sqrt{2\left[\left(\frac{0{,}5 \cdot 18}{1{,}73}\right)^2 + \left(\frac{5}{1{,}73}\right)^2 + \left(\frac{3}{1{,}73}\right)^2 + \frac{5^2 + 1^2}{1{,}73^2} + \left(\frac{8}{1{,}73}\right)^2\right] + 3^2 + \left(\frac{3}{1{,}73}\right)^2}, \quad \delta_{d_1} = \pm 23\%.$$

$$\delta_{d_2} = \pm 1{,}96 \sqrt{2\left[\left(\frac{0{,}5 \cdot 18}{1{,}73}\right)^2 + \left(\frac{5}{1{,}73}\right)^2 + \frac{5^2 + 1^2}{1{,}73^2} + \left(\frac{5}{1{,}73}\right)^2 + \left(\frac{8}{1{,}73}\right)^2\right] + \left(\frac{3}{1{,}73}\right)^2}, \quad \delta_{d_2} = \pm 24\%.$$

1.2. Погрешность измерения диаметра пучка лазерного излучения методом распределения плотности энергии (мощности) вычисляют по формуле

$$\delta_d = \pm K_d \sqrt{\left(\frac{\delta_{ОРПЭ\,(М)}}{K_{ОРПЭ\,(М)}}\right)^2 + \left(\frac{\delta_{апр}}{K_{апр}}\right)^2}. \quad (3)$$

где $\delta_{ОРПЭ\,(М)}$ — погрешность измерения относительного распределения плотности энергии (мощности) лазерного излучения (в интервале ± 24 % с установленной вероятностью 0,95);

$\delta_{апр}$ — погрешность аппроксимации при построении зависимости $\gamma = f(D)$ (в пределах ± 3 %);

$K_{апр}$, K_d, $K_{ОРПЭ(М)}$ — коэффициенты, зависящие от закона распределения соответствующих погрешностей измерения и установленной вероятности.

В соответствии с ГОСТ 25917 закон распределения $\delta_{ОРПЭ\ (М)}$ — нормальный, $K_{ОРПЭ(М)} = 1{,}96$ для вероятности 0,95.

Закон распределения δ_d — нормальный, $K_d = 1{,}96$ для вероятности 0,95.

$$\delta_d = \pm 1{,}96 \sqrt{\left(\frac{24}{1{,}96}\right)^2 + \left(\frac{3}{1{,}73}\right)^2};$$

$$\delta_d = \pm\ 25\ \%.$$

2. РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДИМОСТИ ПУЧКА ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

2.1. Погрешность измерения расходимости лазерного излучения методом фокального пятна вычисляют по формуле

$$\delta_{\Theta_{W(P)}} = \pm \sqrt{\left(\frac{\delta_d}{K_d}\right)^2 + \left(\frac{\delta_F}{K_F}\right)^2 + \left(\frac{\delta_{опт}}{K_{опт}}\right)^2}, \qquad (4)$$

где δ_d — погрешность измерения диаметра пучка лазерного излучения (в интервале ± 25 % с установленной вероятностью 0,95);

$\delta_{опт}$ — погрешность, вносимая аберрацией оптической системы (в пределах ± 5 %);

δ_F — погрешность определения фокусного расстояния оптической системы (в пределах ± 10 %);

$K_{\Theta_{W(P)}}$, K_d, K_F, $K_{опт}$ — коэффициенты, зависящие от закона распределения соответствующих погрешностей измерения и установленной вероятности.

Закон распределения $\delta_{\Theta_{W(P)}}$ и δ_d — нормальный, $K_{\Theta_{W(P)}} = K_d = 1{,}96$ для вероятности 0,95.

Закон распределения δ_F, $\delta_{опт}$ — равномерный, предельное значение $K_F = K_{опт} = 1{,}73$.

$$\delta_{\Theta_{W(P)}} = \pm 1{,}96 \sqrt{\left(\frac{25}{1{,}96}\right)^2 + \left(\frac{10}{1{,}73}\right)^2 + \left(\frac{5}{1{,}73}\right)^2};$$

$$\delta_{\Theta_{W(P)}} = \pm\ 27\ \%.$$

(Измененная редакция, Изм. № 1).

2.2. Погрешность измерения расходимости лазерного излучения методом двух сечений определяют по формуле

$$\delta_{\Theta_{W(P)}} = \pm K_{\Theta_{W(P)}} \sqrt{\frac{d_1^2 + d_2^2}{(d_2^2 - d_1^2)^2} \left(\frac{\delta_d}{K_d}\right)^2 + \left(\frac{\delta_l}{1{,}73}\right)^2}, \qquad (5)$$

где δ_l — погрешность измерения расстояния между сечениями (в пределах ± 1 %).

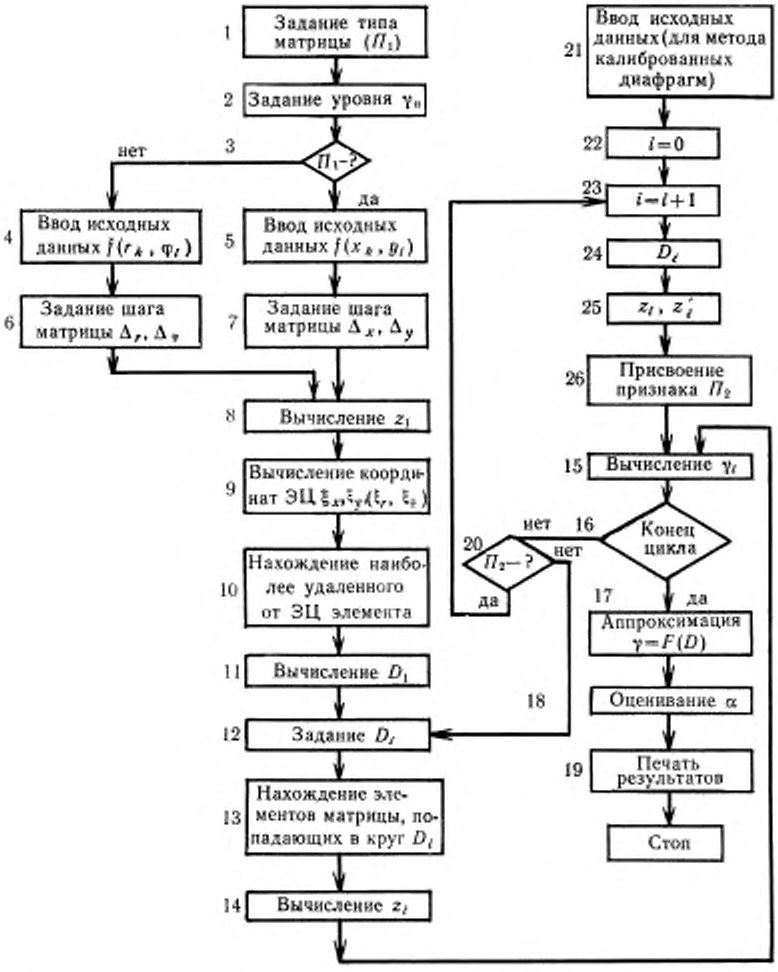
Вторым слагаемым в подкоренном выражении формулы (5) можно пренебречь, так как оно много меньше первого слагаемого. Учитывая, что $K_\Theta = K_d$, получим

$$\delta_{\Theta_{W(P)}} = \pm\ \frac{\sqrt{d_1^2 + d_2^2}}{d_2 - d_1} \cdot \delta_d.$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 4
Справочное

ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИАМЕТРА ПУЧКА МЕТОДОМ КАЛИБРОВАННЫХ ДИАФРАГМ И МЕТОДОМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ЭНЕРГИИ (МОЩНОСТИ)

1. Блок-схема алгоритма приведена на чертеже.



В блоках *1—7* осуществляется ввод исходной информации.

При вводе исходных данных и при вычислениях необходимо учитывать, что структура матрицы может быть прямоугольной или радиальной.

В блоке *1* задают признак типа структуры матрицы ($П$). Ниже приведены формулы для прямоугольной структуры. В случае радиальной структуры все приведенные формулы следует преобразовать в полярные координаты (r_k, φ_l).

В блоках *8—9* вычисляют значения величин по формулам, приведенным в пп. 1.2.3.1—1.2.3.3 настоящего стандарта. Координаты энергетического центра (ЭЦ) вычисляют в относительных единицах:

$$\xi_x = x_0 / \Delta_x, \quad (1)$$

$$\xi_y = y_0 / \Delta_y. \quad (2)$$

При выполнении блоков *10—11* находят минимальный диаметр круга с центром в точке *O* и покрывающего площадь матрицы

$$D_1 = \sqrt{(k_0 - \alpha_x)^2 + (l_0 - \alpha_y)^2}, \quad (3)$$

где k_0 и l_0 — координаты наиболее удаленного от ЭЦ элемента матрицы.

Далее с помощью блоков *12—16* в цикле выполняют массив значений γ_i для различных D_i.

На основании полученных значений γ_i с помощью аппроксимации оценивают диаметр D_γ по заданному уровню γ (блоки *17, 18*).

2. При обработке результатов измерений диаметра пучка методом калиброванных диафрагм используют тот же алгоритм, но пуск осуществляют с блока *21*. Вычисление γ_i проводят в цикле с помощью блоков *23—26, 15, 16, 20*. Далее оценивают D_γ (блоки *17* и *18*).

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. **РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН Государственным комитетом СССР по стандартам**

2. **УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 27.01.84 № 361**

3. **ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ**

4. **ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ**

Обозначение НТД, на который дана ссылка	Номер пункта, приложения
ГОСТ 24714—81	Вводная часть
ГОСТ 25212—82	1.1.1.7
ГОСТ 25786—83	1.1.1.7
ГОСТ 25917—83	1.2.2, приложение 3

5. **ИЗДАНИЕ (декабрь 2001 г.) с Изменением № 1, утвержденным в ноябре 1987 г. (ИУС 2—88)**

Редактор *В.П. Огурцов*
Технический редактор *О.Н. Власова*
Корректор *В.С. Черная*
Компьютерная верстка *Л.А. Круговой*

Изд. лиц. № 02354 от 14.07.2000. Сдано в набор 28.12.2001. Подписано в печать 31.01.2002. Усл. печ. л. 1,86.
Уч.-изд. л. 1,15. Тираж 136 экз. С 3788. Зак. 102.

ИПК Издательство стандартов. 107076 Москва, Колодезный пер., 14.
e-mail: info@standards.ru
Набрано в Издательстве на ПЭВМ
Филиал ИПК Издательство стандартов — тип. "Московский печатник", 103062 Москва, Лялин пер., 6.
Плр № 080102

gost.e-ecolog.ru