

УТВЕРЖДЕНА
приказом Федерального агентства
по техническому регулированию
и метрологии
от «2» августа 2022 г. № 1896

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОВЕРОЧНАЯ СХЕМА
ДЛЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ
ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ЭНЕРГИИ ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО
ИЗЛУЧЕНИЯ В ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН
от 0,3 до 12,0 мкм**

1. Область применения

1.1. Настоящая Государственная поверочная схема распространяется на средства измерений средней мощности лазерного излучения и энергии импульсного лазерного излучения в диапазоне длин волн от 0,3 до 12,0 мкм и устанавливает порядок передачи единиц средней мощности лазерного излучения и энергии импульсного лазерного излучения от государственного первичного эталона при помощи вторичных и рабочих эталонов средствами измерений с указанием погрешностей и основных методов поверки и передач единиц величин.

Графическая часть Государственной поверочной схемы для средств измерений средней мощности лазерного излучения и энергии импульсного лазерного излучения в диапазоне длин волн от 0,3 до 12,0 мкм представлена в приложении А.

2. Сокращения и обозначения

2.1. В настоящем документе применены следующие сокращения:

ГПЭ СМ – государственный первичный эталон единицы средней мощности лазерного излучения;

НСП – неисключенная систематическая погрешность;

РЭ – рабочий эталон;

СКО – среднее квадратическое отклонение результатов измерений.

2.2. В настоящем документе применены следующие обозначения:

P – средняя мощность лазерного излучения;

Q – энергия импульса лазерного излучения;

S_P – среднее квадратическое отклонение результата воспроизведения единицы средней мощности лазерного излучения;

$S_{\Sigma OP}$ – суммарная погрешность, выраженная в виде СКО измерений единицы средней мощности лазерного излучения;

$S_{\Sigma OQ}$ – суммарная погрешность, выраженная в виде СКО измерений единицы энергии импульсного лазерного излучения;

λ – длина волны лазерного излучения;

Θ – неисключенная систематическая погрешность результата воспроизведения единицы средней мощности лазерного излучения;

Δ_0 – предел допускаемых относительных погрешностей средства измерений;

u_c – суммарная стандартная неопределенность измерений.

3. Государственный первичный эталон

3.1. ГПЭ СМ предназначен для воспроизведения и передачи единицы средней мощности лазерного излучения вторичным эталонам методами прямых и косвенных измерений на длинах волн 0,532; 0,633; 0,912; 1,053; 1,064; 1,07 и 10,6 мкм в диапазоне от $1 \cdot 10^{-9}$ Вт до $1 \cdot 10^4$ Вт.

3.2. ГПЭ СМ состоит из комплексов следующих технических средств:

комплекс для воспроизведения и передачи единицы средней мощности лазерного излучения в диапазоне от $1 \cdot 10^{-9}$ до 2 Вт в составе:

источники лазерного излучения на длинах волн 0,532; 0,633; 0,912; 1,053; 1,064 и 10,6 мкм;

эталонный первичный измерительный преобразователь;
 оптическая система;
 блок электрической калибровки;
 трап-детектор;

комплекс для воспроизведения и передачи единицы средней мощности лазерного излучения в диапазоне от 2 Вт до $1 \cdot 10^4$ Вт в составе:

источник лазерного излучения на длине волны 1,07 мкм;
 эталонный измерительный преобразователь;
 измерительный светоделитель;
 силовая оптика;
 поглотитель лазерного излучения.

3.3. Диапазон измерений средней мощности лазерного излучения P , в котором воспроизводится единица, составляет:

от 2 до $1 \cdot 10^4$ Вт на длине волны λ 1,07 мкм;
 от $5 \cdot 10^{-3}$ до 2 Вт на длинах волн λ 0,532; 0,912; 1,053; 1,064 и 10,6 мкм;
 от $1 \cdot 10^{-9}$ до $5 \cdot 10^{-3}$ Вт на длинах волн λ 0,532; 0,633.

3.4. ГПЭ СМ обеспечивает воспроизведение единицы с СКО S_p :

в диапазоне от 2 до $1 \cdot 10^4$ Вт: 0,2 %;
 в диапазоне от $5 \cdot 10^{-3}$ до 2 Вт: 0,013 %;
 в диапазоне от $1 \cdot 10^{-9}$ до $5 \cdot 10^{-3}$ Вт: 0,18 %;

с НСП Θ :

в диапазоне от 2 до $1 \cdot 10^4$ Вт: 0,7 %;
 в диапазоне от $5 \cdot 10^{-3}$ до 2 Вт: 0,009 %;
 в диапазоне от $1 \cdot 10^{-9}$ до $5 \cdot 10^{-3}$ Вт: 0,54 %;

с суммарной стандартной неопределенностью u_c :

в диапазоне от 2 до $1 \cdot 10^4$ Вт: 0,73 %;
 в диапазоне от $5 \cdot 10^{-3}$ до 2 Вт: 0,016 %;
 в диапазоне от $1 \cdot 10^{-9}$ до $5 \cdot 10^{-3}$ Вт: 0,36 %.

3.5. Для обеспечения воспроизведения единиц средней мощности лазерного излучения с указанной точностью должны быть соблюдены правила содержания и применения государственного первичного эталона, утвержденные в установленном порядке.

3.6. ГПЭ СМ применяют для передачи единицы средней мощности лазерного излучения вторичным эталонам методами прямых и косвенных измерений.

4. Вторичные эталоны

4.1 Вторичный эталон единиц средней мощности и энергии импульсного лазерного излучения в диапазоне длин волн от 0,3 до 12,0 мкм

4.1.1. В качестве вторичного эталона применяют комплекс, состоящий из стабилизированных лазеров непрерывного режима работы на длинах волн 0,532, 1,064 и 10,6 мкм; средства измерений средней мощности лазерного излучения в диапазоне от 0,1 до 2,0 Вт; устройства, позволяющего формировать импульс с энергией импульсного лазерного излучения от 0,1 до 2,0 Дж; частотомера; системы электрической градуировки средства измерений средней мощности; системы контроля относительного уровня средней мощности; системы

регистрации и обработки информации.

Единица энергии импульсного лазерного излучения вычисляется из произведения единицы средней мощности (Ватт), переданной от ГПЭ СМ, и единицы времени (секунда), переданной от Государственного первичного эталона единиц времени, частоты и национальной шкалы времени ГЭТ 1.

Диапазон измерений единицы средней мощности лазерного излучения P составляет от 0,1 до 2,0 Вт, диапазон измерений единицы энергии импульсного лазерного излучения Q составляет от 0,1 до 2,0 Дж.

4.1.2. Суммарная погрешность $S_{\Sigma P}$, не превышает 0,15 %, суммарная погрешность $S_{\Sigma Q}$, не превышает 0,2 %.

4.1.3. Вторичный эталон применяют для передачи методом прямых измерений единицы средней мощности лазерного излучения РЭ единицы средней мощности лазерного излучения, РЭ средней мощности лазерного излучения и энергии импульсного лазерного излучения, для передачи методом прямых измерений единицы энергии импульсного лазерного излучения РЭ единицы энергии импульсного лазерного излучения, РЭ единиц средней мощности лазерного излучения и энергии импульсного лазерного излучения; для поверки средств измерений мощности лазерного излучения в диапазоне мощности от $1 \cdot 10^{-3}$ до 100 Вт; средств измерений энергии импульсного лазерного излучения в диапазоне энергий от $1 \cdot 10^{-5}$ до 10 Дж.

4.2. Вторичный эталон единицы средней мощности лазерного излучения от $1 \cdot 10^{-15}$ до $1 \cdot 10^{-3}$ Вт

4.2.1. В качестве вторичного эталона применяют комплекс, состоящий из стабилизированных лазеров непрерывного режима работы на длинах волн 0,532; 0,633 и 1,064 мкм; средств измерений средней мощности лазерного излучения в диапазоне от $1 \cdot 10^{-15}$ до $1 \cdot 10^{-3}$ Вт; системы ослабителей средней мощности лазерного излучения, системы контроля относительного уровня средней мощности лазерного излучения; системы регистрации и обработки информации.

Диапазон измерений единицы средней мощности лазерного излучения P составляет от $1 \cdot 10^{-15}$ до $1 \cdot 10^{-3}$ Вт.

4.2.2. Суммарная погрешность $S_{\Sigma P}$ для диапазона от $1 \cdot 10^{-15}$ до $1 \cdot 10^{-10}$ Вт (включительно) не превышает 5,0 %; для диапазона свыше $1 \cdot 10^{-10}$ до $1 \cdot 10^{-6}$ Вт (включительно) не превышает 0,5 %; для диапазона свыше $1 \cdot 10^{-6}$ до $1 \cdot 10^{-3}$ Вт не превышает 0,1 %.

4.2.3. Вторичный эталон применяют для поверки средств измерений средней мощности лазерного излучения в диапазоне от $1 \cdot 10^{-6}$ до 1 Вт; средств измерений средней мощности лазерного излучения в диапазоне от $1 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^{-10}$ Вт; средств измерений средней мощности лазерного излучения в диапазоне от $1 \cdot 10^{-10}$ до $1 \cdot 10^{-15}$ Вт.

4.3. Вторичный эталон единицы средней мощности лазерного излучения на фиксированных длинах волн 1,07 и 10,6 мкм

4.3.1. В качестве вторичного эталона применяют комплекс, состоящий из двух установок: в состав первой установки входит волоконный лазер на длине волны 1,07 мкм с выходной мощностью до $3 \cdot 10^4$ Вт, система ослабления лазерного излучения, силовая оптика, поглотители лазерного излучения,

измерительный преобразователь, система контроля относительного уровня и коэффициента деления средней мощности лазерного излучения; система регистрации и обработки информации; в состав второй установки входит СО₂-лазер на длине волны 10,6 мкм с выходной средней мощностью до $2 \cdot 10^3$ Вт, система ослабления лазерного излучения, силовая оптика, поглотители лазерного излучения, измерительный преобразователь, система контроля относительного уровня и коэффициента деления средней мощности лазерного излучения; система регистрации и обработки информации.

Диапазон измерений единицы средней мощности лазерного излучения P составляет от 100 до $3 \cdot 10^4$ Вт на длине волны 1,07 мкм; от 100 до $2 \cdot 10^3$ Вт на длине волны 10,6 мкм.

4.3.2. Суммарная погрешность $S_{\Sigma P}$ для диапазона от 100 до $3 \cdot 10^4$ Вт на длине волны 1,07 мкм не превышает 1,5 %; для диапазона от 100 до $2 \cdot 10^3$ Вт на длине волны 10,6 мкм не превышает 1,5 %.

4.3.3. Вторичный эталон применяют для передачи методом прямых измерений единицы средней мощности лазерного излучения РЭ единицы средней мощности больших уровней лазерного излучения, для поверки средств измерений средней мощности лазерного излучения в диапазоне от 100 до $5 \cdot 10^5$ Вт.

5. Рабочие эталоны

5.1. РЭ единиц средней мощности и энергии импульсного лазерного излучения

5.1.1. В качестве РЭ применяют комплекс, состоящий из стабилизированных лазеров непрерывного режима работы на длинах волн 0,53, 0,633 и 10,6 мкм; средств измерений средней мощности лазерного излучения в диапазоне от 0,025 до 2,0 Вт и затвора для формирования импульса с энергией импульсного лазерного излучения в диапазоне от 0,025 до 2,0 Дж.

Диапазон измерений единицы средней мощности лазерного излучения P составляет от 0,025 до 2,0 Вт, диапазон измерений единицы энергии импульсного лазерного излучения Q составляет от 0,025 до 2,0 Дж.

5.1.2. Суммарная погрешность $S_{\Sigma P}$ составляет от 0,4 до 1,0 %; суммарная погрешность $S_{\Sigma Q}$ составляет от 0,5 до 2,0 %.

5.1.3. РЭ единиц средней мощности и энергии импульсного лазерного излучения применяют для поверки средств измерений средней мощности лазерного излучения в диапазоне от $1 \cdot 10^{-3}$ до 100 Вт; средств измерений энергии импульсного лазерного излучения в диапазоне от $1 \cdot 10^{-5}$ до 10 Дж.

5.2. РЭ единицы средней мощности лазерного излучения

5.2.1. В качестве РЭ применяют комплекс, работающий в спектральном диапазоне от 0,3 до 12,0 мкм и состоящий из стабилизированных лазеров и средств измерений средней мощности лазерного излучения в диапазоне от $1 \cdot 10^{-5}$ до 1,0 Вт.

Диапазон измерений единицы средней мощности лазерного излучения P составляет от $1 \cdot 10^{-5}$ до 1,0 Вт.

5.2.2. Суммарная погрешность $S_{\Sigma P}$ составляет от 0,3 до 1,0 %.

5.2.3. РЭ единицы средней мощности лазерного излучения применяют для поверки средств измерений средней мощности лазерного излучения в диапазоне от $1 \cdot 10^{-6}$ до 1,0 Вт; средств измерений средней мощности лазерного излучения в диапазоне от $1 \cdot 10^{-3}$ до 100 Вт.

5.3. РЭ единицы энергии импульсного лазерного излучения

5.3.1. В качестве РЭ применяют комплекс, работающий в спектральном диапазоне от 0,3 до 12,0 мкм и состоящий из комплекта импульсных лазеров и средств измерений энергии импульсного лазерного излучения в диапазоне от $1 \cdot 10^{-3}$ до 5,0 Дж.

Диапазон измерений единицы энергии импульсного лазерного излучения Q составляет от $1 \cdot 10^{-3}$ до 5,0 Дж.

5.3.2. Суммарная погрешность $S_{\Sigma Q}$ составляет 0,5 %.

5.3.3. РЭ единицы энергии импульсного лазерного излучения применяют для поверки средств измерений энергии импульсного лазерного излучения в диапазоне от $1 \cdot 10^{-5}$ до 10 Дж.

5.4. РЭ единицы средней мощности больших уровней лазерного излучения

5.4.1. В качестве РЭ применяют комплекс, работающий на фиксированных длинах волн 1,07 и 10,6 мкм и состоящий из стабилизированных лазеров и средств измерений средней мощности лазерного излучения в диапазоне от 100 до $1 \cdot 10^4$ Вт.

Диапазон измерений единицы средней мощности лазерного излучения P составляет от 100 до $1 \cdot 10^4$ Вт.

5.4.2. Суммарная погрешность $S_{\Sigma P}$ составляет 2,0 %.

5.4.3. РЭ единицы средней мощности больших уровней лазерного излучения применяют для поверки средств измерений средней мощности лазерного излучения в диапазоне от 100 до $5 \cdot 10^5$ Вт.

6. Средства измерений

6.1. В качестве средств измерений применяют:

а) средства измерений средней мощности лазерного излучения в диапазоне от $1 \cdot 10^{-15}$ до $1 \cdot 10^{-10}$ Вт в диапазоне длин волн от 0,3 до 12,0 мкм;

б) средства измерений средней мощности лазерного излучения в диапазоне от $1 \cdot 10^{-10}$ до $1 \cdot 10^{-3}$ Вт в диапазоне длин волн от 0,3 до 12,0 мкм;

в) средства измерений средней мощности лазерного излучения в диапазоне от $1 \cdot 10^{-6}$ до 1 Вт в диапазоне длин волн от 0,3 до 12,0 мкм;

г) средства измерений средней мощности лазерного излучения в диапазоне от $1 \cdot 10^{-3}$ до 100 Вт в диапазоне длин волн от 0,3 до 12,0 мкм;

д) средства измерений средней мощности лазерного излучения в диапазоне от 100 до $5 \cdot 10^5$ Вт в диапазоне длин волн от 0,3 до 12,0 мкм;

е) средства измерений энергии импульсного лазерного излучения в диапазоне энергии от $1 \cdot 10^{-5}$ до 10 Дж в диапазоне длин волн от 0,3 до 12,0 мкм.

6.2. Пределы допускаемых относительных погрешностей Δ_0 средств измерений средней мощности и энергии импульсного лазерного излучения составляют от 0,3 до 20,0 %.