



МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ  
(Росстандарт)

## П Р И К А З

28 сентября 2018 г.

№ 2088

Москва

### **Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений энергии, распределения плотности энергии, длительности импульса и длины волны лазерного излучения в диапазоне длин волн от 0,3 до 2,0 мкм**

В соответствии с Положением об эталонах единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 23 сентября 2010 г. № 734 «Об эталонах единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений», Временным порядком разработки (пересмотра) и утверждения государственных поверочных схем, утвержденным приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31 августа 2017 г. № 1832, а также на основании Плана разработки (пересмотра) и утверждения государственных поверочных схем на 2018 г., утвержденного приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 декабря 2017 г. № 3021, п р и к а з ы в а ю:

1. Утвердить прилагаемую Государственную поверочную схему для средств измерений энергии, распределения плотности энергии, длительности импульса и длины волны лазерного излучения в диапазоне длин волн от 0,3 до 2,0 мкм (далее - ГПС).

2. Установить, что ГПС применяется для Государственного первичного специального эталона единиц энергии, распределения плотности энергии, длительности импульса и длины волны лазерного излучения (ГЭТ 187-2016), средств измерений энергии импульсного лазерного излучения в диапазоне от  $1 \cdot 10^{-5}$  до 10 Дж в диапазоне длин волн от 0,2 до 2,0 мкм, средств измерений распределения плотности энергии импульсного лазерного излучения в диапазоне от  $5 \cdot 10^{-3}$  до 1 Дж/см<sup>2</sup> в диапазоне длин волн от 0,3 до 2,0 мкм, средств измерений угла расходимости в диапазоне от 1 до 10 мрад и диаметра пучка импульсного лазерного излучения в диапазоне от 1 до 50 мм в диапазоне длин волн от 0,3 до 2,0 мкм; средств измерений длительности импульса

лазерного излучения в диапазоне от  $1 \cdot 10^{-9}$  до  $1 \cdot 10^{-3}$  с в диапазоне длин волн от 0,2 до 2,0 мкм; средств измерений длительности импульса лазерного излучения в диапазоне от  $1 \cdot 10^{-11}$  до  $1 \cdot 10^{-9}$  с в диапазоне длин волн от 0,22 до 1,55 мкм; средств измерений длины волны лазерного излучения в диапазоне от 0,3 до 2,0 мкм и вводится в действие с 1 января 2019 г.

3. Управлению технического регулирования и стандартизации (Д.А.Тошев) обеспечить отмену национального стандарта Российской Федерации ГОСТ Р 8.780-2012 «Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений энергии, распределения плотности энергии, длительности импульса и длины волны лазерного излучения в диапазоне длин волн от 0,3 до 2,0 мкм».

4. ФГУП «ВНИИФТРИ» (С.И.Донченко) внести информацию об утверждении ГПС в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

5. Управлению метрологии (Д.В.Гоголев) обеспечить размещение информации об утверждении ГПС на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в информационно-телекоммуникационной сети Интернет.

6. Контроль за исполнением настоящего приказа оставляю за собой.

Заместитель Руководителя

С.С.Голубев

Подлинник электронного документа, подписанного ЭП,  
хранится в системе электронного документооборота  
Федеральное агентство по техническому регулированию и  
метрологии.

**СВЕДЕНИЯ О СЕРТИФИКАТЕ ЭП**

Сертификат: 00E1036ECCDC011E780DAE0071B1B53CD41  
Кому выдан: Голубев Сергей Сергеевич  
Действителен: с 20.11.2017 до 20.11.2018

УТВЕРЖДЕНА  
приказом Федерального агентства  
по техническому регулированию  
и метрологии  
от «28» сентября 2018 г. №2088

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОВЕРОЧНАЯ СХЕМА  
ДЛЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ЭНЕРГИИ, РАСПРЕДЕЛЕНИЯ  
ПЛОТНОСТИ ЭНЕРГИИ, ДЛИТЕЛЬНОСТИ ИМПУЛЬСА И ДЛИНЫ  
ВОЛНЫ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН  
от 0,3 до 2,0 мкм**

## 1. Область применения

Государственная поверочная схема (ГПС) распространяется на средства измерений энергии, распределения плотности энергии, длительности импульса, длины волны лазерного излучения и устанавливает порядок передачи единиц энергии — джоуля (Дж), распределения плотности энергии — джоуля на квадратный сантиметр (Дж/см<sup>2</sup>), длительности импульса — секунды (с), длины волны лазерного излучения — метра (м) от государственного первичного специального эталона этих единиц при помощи вторичных и рабочих эталонов 1-го разряда (РЭ 1-го разряда) средствам измерений единиц с указанием погрешностей и основных методов передач единиц величин.

Графическая часть Государственной поверочной схемы для средств измерений энергии, распределения плотности энергии, длительности импульса и длины волны лазерного излучения в диапазоне длин волн от 0,3 до 2,0 мкм представлена в приложении А.

## 2. Сокращения и обозначения

2.1 В настоящем проекте применены следующие сокращения:

ВЭ — вторичный эталон;

ГПСЭ — государственный первичный специальный эталон;

ЛИ — лазерное излучение;

НСП — неисключенная систематическая погрешность;

РПЭ — распределение плотности энергии;

СИ — средство измерений;

СКО — среднее квадратическое отклонение результатов измерений;

ТС — техническое средство.

2.2 В настоящем проекте применены следующие обозначения:

$f_n$  — частота повторения;

$H(x, y)$  — распределение плотности энергии;

$P$  — средняя мощность;

$Q$  — энергия импульса;

$S_{eH(x,y)}$  — погрешность передачи единицы РПЭ, выраженная в виде среднего квадратического отклонения;

$S_{eQ}$  — погрешность передачи единицы энергии ЛИ, выраженная в виде среднего квадратического отклонения;

$S_{e\lambda}$  — погрешность передачи единицы длины волны ЛИ, выраженная в виде среднего квадратического отклонения;

$S_{e\tau_n}$  — погрешность передачи единицы длительности импульса ЛИ, выраженная в виде среднего квадратического отклонения;

$u_c$  — суммарная стандартная неопределенность измерений;

$\lambda$  — длина волны;

$\tau_n$  — длительность импульса лазерного излучения.

## 3. Государственный первичный специальный эталон

3.1 ГПСЭ применяют для воспроизведения и хранения единиц энергии, распределения плотности энергии, длительности импульса, длины волны ЛИ и передачи единиц при помощи ВЭ и РЭ 1-го разряда средствам измерений.

3.2 В состав ГПСЭ входят следующие ТС и оборудование:

комплекс ТС для воспроизведения, хранения и передачи единицы энергии импульсного ЛИ;

комплекс ТС для воспроизведения, хранения и передачи единицы распределения плотности энергии импульсного ЛИ;

комплекс ТС для воспроизведения, хранения и передачи единицы длительности импульса ЛИ;

комплекс ТС для воспроизведения, хранения и передачи единицы длины волны ЛИ;

3.3 Диапазон значений, воспроизводимых ГПСЭ, составляет:

энергии от  $1 \cdot 10^{-2}$  до  $5 \cdot 10^{-1}$  Дж для  $Q$  на фиксированных  $\lambda$  0,532; 1,064 и 1,570 мкм;

распределения плотности энергии от  $1 \cdot 10^{-4}$  до  $1 \cdot 10^{-2}$  Дж/см<sup>2</sup> — для  $H(x, y)$  в диапазоне  $\lambda$  от 0,4 до 1,1 мкм;

длительности импульса от  $1 \cdot 10^{-9}$  до  $1 \cdot 10^{-6}$  с для  $\tau_n$  в спектральном диапазоне  $\lambda$  от 0,4 до 1,1 мкм;

длительности импульса от  $5 \cdot 10^{-11}$  до  $1 \cdot 10^{-9}$  с для  $\tau_n$  в спектральном диапазоне  $\lambda$  от 0,4 до 0,8 мкм;

длины волны ЛИ от 0,3 до 1,1 мкм для  $\lambda$  в диапазоне мощности ЛИ  $P$  от  $1 \cdot 10^{-4}$  до  $1 \cdot 10^{-1}$  Вт и в диапазоне энергии ЛИ  $Q$  от  $1 \cdot 10^{-4}$  до  $1 \cdot 10^{-1}$  Дж.

3.4 ГПСЭ обеспечивает воспроизведение единиц:

энергии импульсного ЛИ с СКО  $S_Q$  не более  $2 \cdot 10^{-1}$  % при десяти независимых наблюдениях, НСП  $\Theta_Q$  не более  $2 \cdot 10^{-1}$  %, суммарная стандартная неопределенность измерений  $u_c(Q)$  не более  $5 \cdot 10^{-1}$  %;

распределения плотности энергии импульсного ЛИ с СКО  $S_{H(x,y)}$  не более  $4 \cdot 10^{-1}$  % при десяти независимых наблюдениях, НСП  $\Theta_{H(x,y)}$  не более  $4 \cdot 10^{-1}$  %, суммарная стандартная неопределенность измерений  $u_c(H)$  не более 1,2 %;

длительности импульса ЛИ в диапазоне  $\tau_n$  от  $1 \cdot 10^{-9}$  до  $1 \cdot 10^{-6}$  с с СКО  $S_{\tau_n}$  не более  $0,7 \cdot 10^{-1}$  % при десяти независимых наблюдениях, НСП  $\Theta_{\tau_n}$  не более  $1 \cdot 10^{-1}$  %, суммарная стандартная неопределенность измерений  $u_c(\tau_n)$  не более  $2 \cdot 10^{-1}$  %;

длительности импульса ЛИ в диапазоне  $\tau_n$  от  $5 \cdot 10^{-11}$  до  $1 \cdot 10^{-9}$  с с СКО  $S_{\tau_n}$  не более 2 % при десяти независимых наблюдениях; НСП  $\Theta_{\tau_n}$  не более 3 %, суммарная стандартная неопределенность измерений  $u_c(\tau_n)$  не более 3 %;

длины волны ЛИ в диапазоне  $\lambda$  от 0,3 до 1,1 мкм с СКО  $S_\lambda$  не более  $5 \cdot 10^{-4}$  % при десяти независимых наблюдениях, НСП  $\Theta_\lambda$  не более  $2 \cdot 10^{-4}$  %, суммарная стандартная неопределенность измерений  $u_c(\lambda)$  не более  $5 \cdot 10^{-4}$  %.

3.5 Для обеспечения воспроизведения единиц энергии, распределения плотности энергии, длительности импульса и длины волны ЛИ с указанной точностью следует соблюдать правила хранения и применения ГПСЭ, утвержденные в установленном порядке.

3.6 ГПСЭ применяют для передачи единиц энергии, распределения плотности энергии, длительности импульса и длины волны ЛИ ВЭ и РЭ 1-го разряда методом прямых измерений.

#### 4. Вторичные эталоны

4.1 В качестве ВЭ единицы энергии импульсного лазерного излучения в диапазоне  $\tau_n$  от  $1 \cdot 10^{-12}$  до  $5 \cdot 10^{-1}$  с используют комплекс, в состав которого входят источник излучения пикосекундных и наносекундных импульсов лазерного излучения, первичный измерительный преобразователь, контрольный фотоэлектрический преобразователь энергии излучения, система регистрации и обработки информации.

СКО результата измерений энергии ВЭ единицы энергии импульсного лазерного излучения в диапазоне значений энергии от  $10^{-5}$  до  $10^{-1}$  Дж на длине волны 1,064 мкм и от  $10^{-5}$  до  $5 \cdot 10^{-2}$  Дж на длине волны 0,532 мкм составляет не более 0,5 %.

ВЭ единицы энергии импульсного лазерного излучения в диапазоне  $\tau_n$  от  $1 \cdot 10^{-12}$  до  $5 \cdot 10^{-1}$  с применяют для передачи единицы энергии РЭ 1-го разряда методом прямых измерений.

4.2 В качестве ВЭ единицы энергии импульсного лазерного излучения в мобильном исполнении в диапазоне  $\tau_n$  от  $5 \cdot 10^{-9}$  до  $7 \cdot 10^{-9}$  с используют комплекс, в состав которого входят источник излучения наносекундных импульсов лазерного излучения, первичный измерительный преобразователь, контрольный фотоэлектрический преобразователь энергии излучения, система регистрации и обработки информации.

СКО результата измерений энергии ВЭ единицы энергии импульсного лазерного излучения в диапазоне значений энергии от  $5 \cdot 10^{-3}$  до  $2 \cdot 10^{-1}$  Дж на длине волны 1,064 мкм и от  $5 \cdot 10^{-3}$  до  $5 \cdot 10^{-2}$  Дж на длине волны 0,532 мкм составляет не более 1,5 %.

ВЭ единицы энергии импульсного лазерного излучения в мобильном исполнении в диапазоне  $\tau_n$  от  $5 \cdot 10^{-9}$  до  $7 \cdot 10^{-9}$  с применяют для передачи единицы энергии РЭ 1-го разряда на местах их дислокации методом прямых измерений.

4.3 В качестве ВЭ пространственно-энергетических характеристик импульсного лазерного излучения в диапазоне  $\tau_n$  от  $1 \cdot 10^{-11}$  до  $1 \cdot 10^{-10}$  с используют комплекс, в состав которого входят аппаратура измерений пространственно-энергетических характеристик импульсного лазерного излучения и аппаратура передачи единиц ширины и угла расходимости лазерного пучка, система регистрации и обработки информации.

СКО измерений плотности энергии и углов расходимости ВЭ пространственно-энергетических характеристик импульсного лазерного излучения в диапазоне  $\tau_n$  от  $1 \cdot 10^{-11}$  до  $1 \cdot 10^{-10}$  с составляет не более 2 %.

ВЭ пространственно-энергетических характеристик импульсного лазерного излучения в диапазоне  $\tau_n$  от  $1 \cdot 10^{-11}$  до  $1 \cdot 10^{-10}$  с применяют для передачи единиц ширины и угла расходимости лазерного пучка РЭ 1-го разряда методом прямых измерений.

4.4 В качестве ВЭ единицы длительности импульса ЛИ в диапазоне  $\tau_n$  от  $3 \cdot 10^{-12}$  до  $1 \cdot 10^{-9}$  с используют комплекс, в состав которого входят электронно-оптическая камера, фемтосекундная лазерная система с  $\lambda = 0,525$  мкм,

интерферометр Фабри–Перо, оптоволоконный стретчер, система регистрации и обработки информации.

СКО ВЭ единицы длительности импульса ЛИ в диапазоне  $\tau_n$  от  $3 \cdot 10^{-12}$  до  $1 \cdot 10^{-9}$  с  $S_{\tau_n}$  составляет не более 3 %.

ВЭ единицы длительности импульса ЛИ в диапазоне  $\tau_n$  от  $3 \cdot 10^{-12}$  до  $1 \cdot 10^{-9}$  с применяют для передачи РЭ 1-го разряда единицы длительности импульса ЛИ методом непосредственного сличения.

## **5. Рабочие эталоны 1-го разряда**

5.1 В качестве РЭ 1-го разряда единицы энергии импульсного ЛИ используют комплексы, состоящие из стабилизированных импульсных лазеров в диапазоне  $\lambda$  от 0,3 до 2,0 мкм с  $\tau_n$  от  $1 \cdot 10^{-15}$  до  $1 \cdot 10^{-7}$  с, системы электрической градуировки, системы регистрации и обработки информации. РЭ 1-го разряда единицы энергии импульсного ЛИ в диапазоне значений энергии от  $10^{-5}$  до 2 Дж применяют для передачи единицы методом прямых измерений.

5.2 В качестве РЭ 1-го разряда единицы распределения плотности энергии импульсного ЛИ используют комплексы, состоящие из стабилизированных импульсных лазеров с диапазоном диаметра пучка  $d_0$  от 1 до 50 мм и в диапазоне  $\lambda$  от 0,3 до 2,0 мкм с  $\tau_n$  от  $1 \cdot 10^{-15}$  до  $1 \cdot 10^{-6}$  с, системы калибровки матричных СИ по равномерному распределению плотности энергии (мощности) ЛИ, эталонного первичного измерительного преобразователя калориметрического типа с калиброванной диафрагмой на входе, системы регистрации и обработки информации. РЭ 1-го разряда единицы распределения плотности энергии импульсного ЛИ в диапазоне значений от  $5 \cdot 10^{-3}$  до 1 Дж/см<sup>2</sup> применяют для передачи единицы методом прямых измерений.

5.3 В качестве РЭ 1-го разряда единицы длительности импульса ЛИ в диапазоне  $\tau_n$  от  $1 \cdot 10^{-9}$  до  $1 \cdot 10^{-3}$  с используют комплексы, состоящие из пикосекундного стабилизированного лазера на  $\lambda$  1,064 мкм с  $\tau_n$  от  $1 \cdot 10^{-9}$  до  $1 \cdot 10^{-3}$  с, калиброванной меры оптической задержки (эталона Фабри-Перо), быстродействующего фотоприемника, широкополосного цифрового осциллографа, системы регистрации и обработки информации. РЭ 1-го разряда единицы длительности импульса ЛИ в диапазоне значений от  $1 \cdot 10^{-9}$  до  $1 \cdot 10^{-3}$  с применяют для передачи единицы методом прямых измерений.

5.4 В качестве РЭ 1-го разряда единицы длительности импульса ЛИ в диапазоне  $\tau_n$  от  $5 \cdot 10^{-11}$  до  $1 \cdot 10^{-9}$  с используют комплексы, в состав которых входят электронно-оптическая камера и стабилизированный пикосекундный лазер с  $\lambda$  в диапазоне от 0,4 до 0,8 мкм. РЭ 1-го разряда единицы длительности импульса ЛИ в диапазоне значений от  $5 \cdot 10^{-11}$  до  $1 \cdot 10^{-9}$  с применяют для передачи единицы непосредственным сличением.

5.5 В качестве РЭ 1-го разряда единицы длины волны ЛИ используют комплексы, состоящие из стабилизированных лазеров, набора стабилизированных спектральных ламп и спектрометров в диапазоне  $\lambda$  от 0,3 до 2,0 мкм и в диапазоне  $P$  ( $Q$ ) от  $1 \cdot 10^{-6}$  до 1 Вт (Дж). РЭ 1-го разряда единицы длины волны ЛИ в диапазоне значений от 0,3 до 2,0 мкм применяют для передачи единицы методом прямых измерений.

5.6 СКО РЭ 1-го разряда составляют от  $2 \cdot 10^{-3}$  до 6 %.

## 6. Средства измерений

6.1 В качестве СИ используют:

СИ энергии импульсного ЛИ с диапазоном измерений  $Q$  от  $1 \cdot 10^{-5}$  до 10 Дж в диапазоне  $\lambda$  от 0,2 до 2,0 мкм с  $\tau_n$  от  $1 \cdot 10^{-9}$  до  $1 \cdot 10^{-6}$  с при  $f_n$  до  $10^3$  Гц;

СИ энергии импульсного ЛИ с диапазоном измерений  $Q$  от  $1 \cdot 10^{-6}$  до 0,2 Дж в диапазоне  $\lambda$  от 0,2 до 2,0 мкм с  $\tau_n$  от  $1 \cdot 10^{-12}$  до  $1 \cdot 10^{-9}$  с при  $f_n$  до  $10^3$  Гц;

СИ энергии импульсного ЛИ с диапазоном измерений  $Q$  от  $1 \cdot 10^{-6}$  до 0,1 Дж в диапазоне  $\lambda$  от 0,2 до 2,0 мкм с  $\tau_n$  от  $1 \cdot 10^{-15}$  до  $1 \cdot 10^{-12}$  с при  $f_n$  до  $10^3$  Гц;

оптические аттенюаторы в диапазоне  $\lambda$  от 0,3 до 2,0 мкм с коэффициентом ослабления  $K_{осл}$  от 10 до  $10^4$ ;

СИ распределения плотности энергии импульсного ЛИ с диапазоном измерений  $H(x; y)$  от  $5 \cdot 10^{-3}$  до 1 Дж/см<sup>2</sup> в диапазоне  $\lambda$  от 0,3 до 2,0 мкм при  $\tau_n$  от  $1 \cdot 10^{-9}$  до  $1 \cdot 10^{-3}$  с при  $f_n$  от 1 до  $1 \cdot 10^2$  Гц;

СИ угла расходимости  $\theta_\sigma$  в диапазоне измерений от 1 до 10 мрад и диаметра пучка импульсного ЛИ  $d_\sigma$  в диапазоне измерений от 1,0 до 50 мм в диапазоне  $\lambda$  от 0,3 до 2,0 мкм, в диапазоне  $Q$  от  $1 \cdot 10^{-6}$  до 1 Дж при  $\tau_n$  от  $1 \cdot 10^{-9}$  до  $1 \cdot 10^{-3}$  с при  $f_n$  от 1 до  $1 \cdot 10^2$  Гц;

СИ  $\tau_n$  ЛИ в диапазоне измерений от  $1 \cdot 10^{-9}$  до  $1 \cdot 10^{-3}$  с в диапазоне  $\lambda$  от 0,2 до 2,0 мкм, при частоте  $f_n$  от однократных до  $10^3$  Гц;

СИ  $\tau_n$  ЛИ в диапазоне измерений от  $1 \cdot 10^{-11}$  до  $1 \cdot 10^{-9}$  с в диапазоне  $\lambda$  от 0,23 до 1,55 мкм;

СИ длины волны ЛИ  $\lambda$  в диапазоне измерений от 0,3 до 2,0 мкм в диапазоне  $P(Q)$  от  $1 \cdot 10^{-6}$  до 1 Вт (Дж).

6.2 Пределы допускаемых относительных погрешностей  $\Delta_0$  СИ составляют от  $1,0 \cdot 10^{-2}$  до 20,0 %.



Государственная поверочная схема для средств измерений энергии, распределения плотности энергии, длительности импульса и длины волны лазерного излучения в диапазоне длин волн от 0,3 до 2,0 мкм

