МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ
(Росстандарт)**

ПРИКАЗ

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^2 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.Тощев) 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: 00E1036ECDC011E780DAE0071B1B53CD41
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^2), 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:

$f_п$ — частота повторения;

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

P — средняя мощность;

Q — энергия импульса;

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

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

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

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

u_c — суммарная стандартная неопределенность измерений;

λ — длина волны;

$\tau_н$ — 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 $1\cdot10^{-2}$ до $5\cdot10^{-1}$ Дж для Q на фиксированных λ 0,532; 1,064 и 1,570 мкм;

распределения плотности энергии от $1\cdot10^{-4}$ до $1\cdot10^{-2}$ Дж/см^2 — для $H(x; y)$ в диапазоне λ от 0,4 до 1,1 мкм;

длительности импульса от $1\cdot10^{-9}$ до $1\cdot10^{-6}$ с для $\tau_н$ в спектральном диапазоне λ от 0,4 до 1,1 мкм;

длительности импульса от $5\cdot10^{-11}$ до $1\cdot10^{-9}$ с для $\tau_н$ в спектральном диапазоне λ от 0,4 до 0,8 мкм;

длины волны ЛИ от 0,3 до 1,1 мкм для λ в диапазоне мощности ЛИ Р от $1\cdot10^{-4}$ до $1\cdot10^{-1}$ Вт и в диапазоне энергии ЛИ Q от $1\cdot10^{-4}$ до $1\cdot10^{-1}$ Дж.

3.4 ГПСЭ обеспечивает воспроизведение единиц:

энергии импульсного ЛИ с СКО S_Q не более $2\cdot10^{-1}$ % при десяти независимых наблюдениях, НСП Θ_Q не более $2\cdot10^{-1}$ %, суммарная стандартная неопределенность измерений $u_c(Q)$ не более $5\cdot10^{-1}$ %;

распределения плотности энергии импульсного ЛИ с СКО $S_{H(x,y)}$ не более $4\cdot10^{-1}$ % при десяти независимых наблюдениях, НСП $\Theta_{H(x, y)}$ не более $4\cdot10^{-1}$ %, суммарная стандартная неопределенность измерений $u_c(H)$ не более 1,2 %;

длительности импульса ЛИ в диапазоне $\tau_н$ от $1\cdot10^{-9}$ до $1\cdot10^{-6}$ с с СКО $S\tau_н$ не более $0{,}7\cdot10^{-1}$ % при десяти независимых наблюдениях, НСП $\Theta\tau_н$ не более $1\cdot10^{-1}$ %, суммарная стандартная неопределенность измерений $u_c(\tau_н)$ не более $2\cdot10^{-1}$ %;

длительности импульса ЛИ в диапазоне $\tau_н$ от $5\cdot10^{-11}$ до $1\cdot10^{-9}$ с с СКО $S\tau_н$ не более 2 % при десяти независимых наблюдениях; НСП $\Theta\tau_н$ не более 3 %, суммарная стандартная неопределенность измерений $u_c(\tau_н)$ не более 3 %;

длины волны ЛИ в диапазоне λ от 0,3 до 1,1 мкм с СКО S_λ не более $5\cdot10^{-4}$ % при десяти независимых наблюдениях, НСП Θ_λ не более $2\cdot10^{-4}$ %, суммарная стандартная неопределенность измерений $u_c(\lambda)$ не более $5\cdot10^{-4}$ %.

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 $\tau_н$ от $1\cdot10^{-12}$ до $5\cdot10^{-1}$ 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 $5\cdot10^{-2}$ Дж на длине волны 0,532 мкм составляет не более 0,5 %.

ВЭ единицы энергии импульсного лазерного излучения в диапазоне $\tau_н$ от $1\cdot10^{-12}$ до $5\cdot10^{-1}$ 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 $\tau_н$ от $5\cdot10^{-9}$ до $7\cdot10^{-9}$ 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 $5\cdot10^{-3}$ до $2\cdot10^{-1}$ Дж на длине волны 1,064 мкм и от $5\cdot10^{-3}$ до $5\cdot10^{-2}$ Дж на длине волны 0,532 мкм составляет не более 1,5 %.

ВЭ единицы энергии импульсного лазерного излучения в мобильном исполнении в диапазоне $\tau_н$ от $5\cdot10^{-9}$ до $7\cdot10^{-9}$ 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 $\tau_н$ от $1\cdot10^{-11}$ до $1\cdot10^{-10}$ 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 $\tau_н$ от $1\cdot10^{-11}$ до $1\cdot10^{-10}$ с составляет не более 2 %.

ВЭ пространственно-энергетических характеристик импульсного лазерного излучения в диапазоне $\tau_н$ от $1\cdot10^{-11}$ до $1\cdot10^{-10}$ 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 $\tau_н$ от $3\cdot10^{-12}$ до $1\cdot10^{-9}$ 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 $\tau_н$ от $3\cdot10^{-12}$ до $1\cdot10^{-9}$ с $S\tau_н$ составляет не более 3 %.

ВЭ единицы длительности импульса ЛИ в диапазоне $\tau_н$ от $3\cdot10^{-12}$ до $1\cdot10^{-9}$ 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 λ от 0,3 до 2,0 мкм с $\tau_н$ от $1\cdot10^{-15}$ до $1\cdot10^{-7}$ 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_σ от 1 до 50 мм и в диапазоне λ от 0,3 до 2,0 мкм с $\tau_н$ от $1\cdot10^{-15}$ до $1\cdot10^{-6}$ 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 $5\cdot10^{-3}$ до 1 Дж/см^2 применяют для передачи единицы методом прямых измерений.

5.3 В качестве РЭ 1-го разряда единицы длительности импульса ЛИ в диапазоне $\tau_н$ от $1\cdot10^{-9}$ до $1\cdot10^{-3}$ с используют комплексы, состоящие из пикосекундного стабилизированного лазера на λ 1,064 мкм с $\tau_н$ от $1\cdot10^{-9}$ до $1\cdot10^{-3}$ 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 $1\cdot10^{-9}$ до $1\cdot10^{-3}$ с применяют для передачи единицы методом прямых измерений.

5.4 В качестве РЭ 1-го разряда единицы длительности импульса ЛИ в диапазоне $\tau_н$ от $5\cdot10^{-11}$ до $1\cdot10^{-9}$ с используют комплексы, в состав которых входят электронно-оптическая камера и стабилизированный пикосекундный лазер с λ в диапазоне от 0,4 до 0,8 мкм. РЭ 1-го разряда единицы длительности импульса ЛИ в диапазоне значений от $5\cdot10^{-11}$ до $1\cdot10^{-9}$ 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 λ от 0,3 до 2,0 мкм и в диапазоне P (Q) от $1\cdot10^{-6}$ 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 λ от 0,2 до 2,0 мкм с $\tau_н$ от $1 \cdot 10^{-9}$ до $1 \cdot 10^{-6}$ с при $f_п$ до 10^3 Гц;

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

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

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

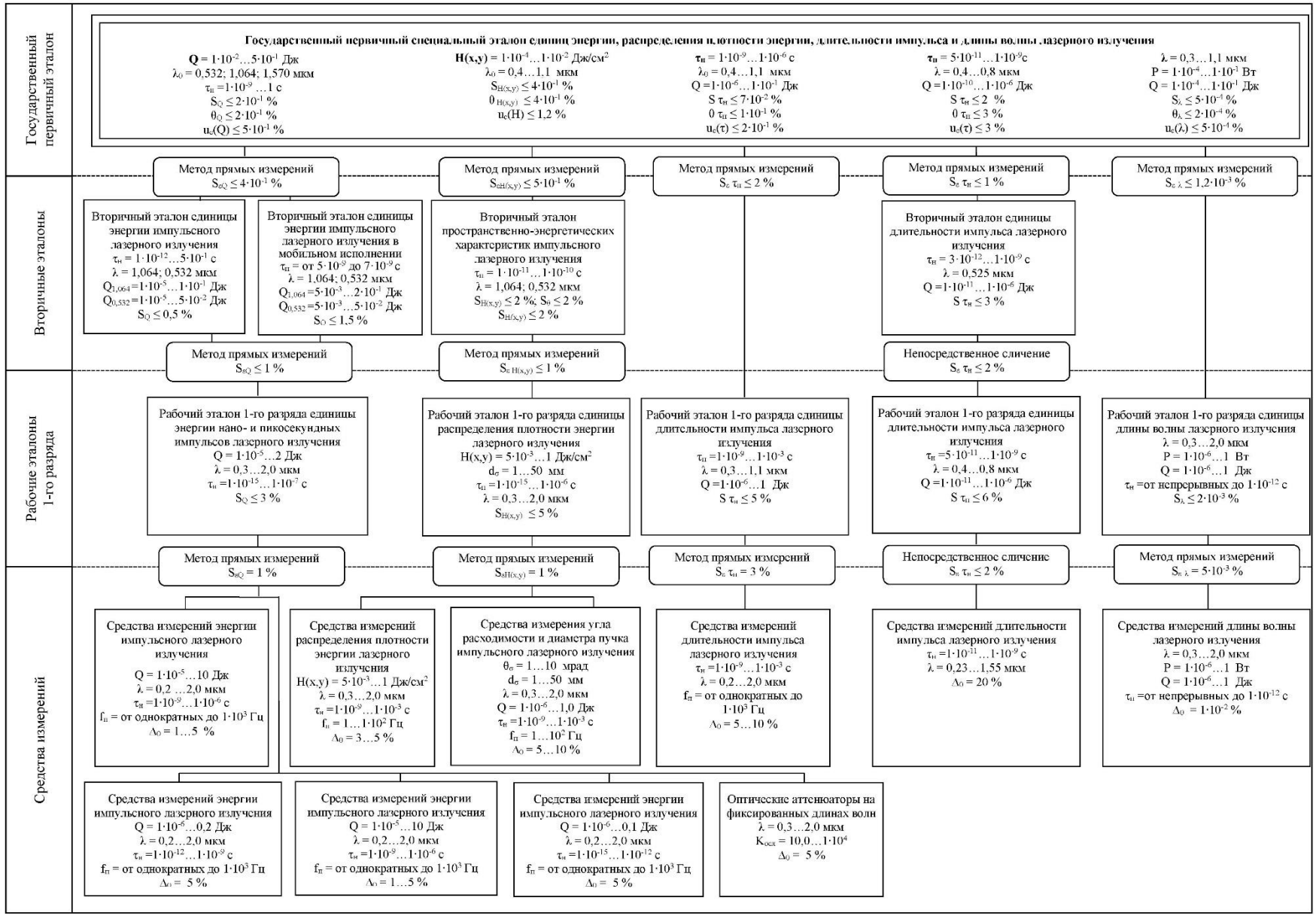
СИ распределения плотности энергии импульсного ЛИ с диапазоном измерений H(x; y) от $5 \cdot 10^{-3}$ до 1 Дж/см^2 в диапазоне λ от 0,3 до 2,0 мкм при $\tau_н$ от $1 \cdot 10^{-9}$ до $1 \cdot 10^{-3}$ с при $f_п$ от 1 до $1 \cdot 10^2$ Гц;

СИ угла расходимости θ_σ в диапазоне измерений от 1 до 10 мрад и диаметра пучка импульсного ЛИ d_σ в диапазоне измерений от 1,0 до 50 мм в диапазоне λ от 0,3 до 2,0 мкм, в диапазоне Q от $1 \cdot 10^{-6}$ до 1 Дж при $\tau_н$ от $1 \cdot 10^{-9}$ до $1 \cdot 10^{-3}$ с при $f_п$ от 1 до $1 \cdot 10^2$ Гц;

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

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

СИ длины волны ЛИ λ 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 Δ_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