

УТВЕРЖДЕНА
приказом Федерального агентства
по техническому регулированию
и метрологии
от « 03 » _____ июня 2026 г. № 1085

ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОВЕРОЧНАЯ СХЕМА
ДЛЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

1 Область применения

1.1 Государственная поверочная схема для средств измерений динамических параметров импульсного лазерного излучения устанавливает порядок передачи единиц максимальной мощности импульсного лазерного излучения ($P_{и}$) – ватт (Вт), длительности импульса лазерного излучения ($t_{и}$) – секунда (с), скорости передачи единичных элементов цифрового сигнала данных¹ (R_b), фазового дрожания (T_j) и коэффициента битовых ошибок (BER) в волоконно-оптических системах передачи информации (далее – ВОСП) – бит в секунду (бит/с), тактовый интервал (ТИ) и относительная единица (отн. ед) соответственно от государственного первичного специального эталона единиц мощности и длительности импульсов лазерного излучения в волоконно-оптических системах (далее – ГПСЭ) при помощи рабочих эталонов средствами измерений с указанием показателей точности, и методов передачи единицы величины.

1.2 Допускается проводить передачу единиц величин рабочим эталонам и средствам измерений с применением эталонов более высокой точности, чем предусмотрено настоящей государственной поверочной схемой.

1.3 Графическая часть государственной поверочной схемы приведена в приложении А.

2 Государственный первичный специальный эталон

2.1 ГПСЭ состоит из комплекса следующих измерений:

- ~ источник эталонных оптических импульсов;
- ~ установка для определения динамических параметров эталонных оптических импульсов.

¹ Под скоростью передачи единичных элементов цифрового сигнала данных в ВОСП в настоящей ГПС подразумевается скорость передачи единичных элементов цифрового сигнала данных согласно ГОСТ 17657-79 на физическом уровне сетевой модели OSI по оптическому каналу, при использовании амплитудной модуляции и двухуровневого физического кодирования без возврата к нулю (non return to zero, NRZ) равная скорости передачи битов данных.

2.2 Диапазоны значений (номинальные значения), в которых воспроизводятся единицы величин:

Спектральный диапазон (рабочие длины волн), мкм:

– при воспроизведении единиц мощности импульсного лазерного излучения и длительности импульса лазерного излучения по уровню 0,5 от максимального значения мощности импульса: 0,53, 0,85, 1,06, 1,31, 1,55;

Диапазон воспроизведения единиц величин:

мощности импульсного лазерного излучения, Вт:

на длинах волн 0,53 и 1,06 мкм: от $1 \cdot 10^{-5}$ до 1;

на длинах волн 0,85, 1,31 и 1,55 мкм: от $1 \cdot 10^{-6}$ до $1 \cdot 10^{-2}$;

длительности импульса лазерного излучения по уровню 0,5 от максимального значения мощности импульса, с:

на длинах волн 0,53 и 1,06 мкм: от $1 \cdot 10^{-9}$ до $1 \cdot 10^{-6}$;

на длинах волн 0,85, 1,31 и 1,55 мкм: от $1 \cdot 10^{-10}$ до $1 \cdot 10^{-7}$;

2.3 ГПСЭ обеспечивает воспроизведение единиц со средним квадратическим отклонением среднего арифметического значения результатов десяти измерений, не превышающим:

мощности импульсного лазерного излучения, отн. ед.:

на длинах волн 0,53 и 1,06 мкм: $1,86 \times 10^{-2}$;

на длинах волн 0,85, 1,31 и 1,55 мкм: $0,12 \times 10^{-2}$;

длительности импульса лазерного излучения по уровню 0,5 от максимального значения мощности импульса, отн. ед.:

на длинах волн 0,53 и 1,06 мкм: $1,35 \times 10^{-2}$;

на длинах волн 0,85, 1,31 и 1,55 мкм: $0,90 \times 10^{-2}$;

Доверительные границы (при доверительной вероятности 0,95) неисключенной систематической погрешности не превышают:

мощности импульсного лазерного излучения, отн. ед.:

на длинах волн 0,53 и 1,06 мкм: $2,76 \times 10^{-2}$;

на длинах волн 0,85, 1,31 и 1,55 мкм: $2,76 \times 10^{-2}$;

длительности импульса лазерного излучения по уровню 0,5 от максимального значения мощности импульса, отн. ед.:

на длинах волн 0,53 и 1,06 мкм: $0,63 \cdot 10^{-2}$;

на длинах волн 0,85, 1,31 и 1,55 мкм: $6,31 \times 10^{-2}$;

Стандартная неопределённость, оцененная по типу А:

мощности импульсного лазерного излучения, отн. ед.:

на длинах волн 0,53 и 1,06 мкм: $1,86 \times 10^{-2}$;

на длинах волн 0,85, 1,31 и 1,55 мкм: $0,12 \times 10^{-2}$;

длительности импульса лазерного излучения по уровню
0,5 от максимального значения мощности импульса, отн. ед.:

на длинах волн 0,53 и 1,06 мкм: $1,35 \times 10^{-2}$;

на длинах волн 0,85, 1,31 и 1,55 мкм: $0,90 \times 10^{-2}$;

Стандартная неопределённость, оцененная по типу В:

мощности импульсного лазерного излучения, отн. ед.:

на длинах волн 0,53 и 1,06 мкм: $1,59 \times 10^{-2}$;

на длинах волн 0,85, 1,31 и 1,55 мкм: $1,59 \times 10^{-2}$;

длительности импульса лазерного излучения по уровню
0,5 от максимального значения мощности импульса, отн. ед.:

на длинах волн 0,53 и 1,06 мкм: $0,35 \cdot 10^{-2}$;

на длинах волн 0,85, 1,31 и 1,55 мкм: $3,54 \times 10^{-2}$;

Суммарная стандартная неопределённость:

мощности импульсного лазерного излучения, отн. ед.:

на длинах волн 0,53 и 1,06 мкм: $2,45 \times 10^{-2}$;

на длинах волн 0,85, 1,31 и 1,55 мкм: $1,59 \times 10^{-2}$;

длительности импульса лазерного излучения по уровню
0,5 от максимального значения мощности импульса, отн. ед.:

на длинах волн 0,53 и 1,06 мкм: $1,39 \cdot 10^{-2}$;

на длинах волн 0,85, 1,31 и 1,55 мкм: $3,65 \times 10^{-2}$;

Расширенная неопределённость:

мощности импульсного лазерного излучения, отн. ед.:

на длинах волн 0,53 и 1,06 мкм: $4,90 \times 10^{-2}$;

на длинах волн 0,85, 1,31 и 1,55 мкм: $3,18 \times 10^{-2}$;

длительности импульса лазерного излучения по уровню
0,5 от максимального значения мощности импульса, отн. ед.:

на длинах волн 0,53 и 1,06 мкм: $2,78 \times 10^{-2}$;

на длинах волн 0,85, 1,31 и 1,55 мкм: $7,30 \times 10^{-2}$;

при коэффициенте охвата $k=2$.

Расширенная неопределённость:

мощности импульсного лазерного излучения, отн. ед.:

на длинах волн 0,53 и 1,06 мкм: $7,35 \times 10^{-2}$;

на длинах волн 0,85, 1,31 и 1,55 мкм: $4,77 \times 10^{-2}$;

длительности импульса лазерного излучения по уровню 0,5 от максимального значения мощности импульса, отн. ед.:

на длинах волн 0,53 и 1,06 мкм: $4,17 \cdot 10^{-2}$;

на длинах волн 0,85, 1,31 и 1,55 мкм: $10,95 \times 10^{-2}$;

при коэффициенте охвата $k=3$;

2.4 ГПСЭ применяют для передачи единиц мощности импульсного лазерного излучения, длительности импульса лазерного излучения по уровню 0,5 от максимального значения мощности импульса рабочим эталонам, а также высокоточным средствам измерений методом непосредственного сличения, или методом прямых измерений.

3 Эталоны, заимствованные из других государственных поверочных схем

3.1 В качестве эталонов, заимствованных из других государственных поверочных схем, применяют рабочие эталоны единиц времени и частоты второго разряда (стандарты частоты) из Государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты, утверждённой приказом Росстандарта №2360 от 13.10.2022.

3.2 Эталоны, заимствованные из других государственных поверочных схем, обеспечивают воспроизведение единицы частоты в диапазоне от $1,0 \cdot 10^3$ до $3,3 \cdot 10^{11}$ Гц.

Допускаемая относительная погрешность по частоте выходных сигналов (опорного генератора) находится в пределах от $\pm 1,0 \cdot 10^{-13}$ до $\pm 1,0 \cdot 10^{-11}$.

3.3 Эталоны, заимствованные из других ГПС, применяют для передачи единицы частоты рабочему эталону 1-го разряда методом сличений с помощью компаратора.

4 Рабочий эталон 1-го разряда

4.1 В качестве рабочего эталона 1-го разряда применяют аппаратуру для воспроизведения, хранения и передачи единиц длительности импульсов лазерного излучения и скорости передачи единичных элементов цифрового сигнала данных в ВОСП в диапазонах измерений от $4,0 \cdot 10^{-11}$ до $2,0 \cdot 10^{-8}$ с и от $5,0 \cdot 10^7$ до $2,6 \cdot 10^{10}$ бит/с (фиксированные значения, соответствующие используемым в системах SDH и Ethernet $\pm 0,01$ % от номинального значения) соответственно.

4.2 Рабочий эталон 1-го разряда обеспечивает воспроизведение единиц величин при доверительной вероятности $P = 0,95$:

Среднее квадратическое отклонение (S_0) результата измерений длительности импульсов лазерного излучения не превышает $3,0 \cdot 10^{-11}$ с, а скорости передачи единичных элементов цифрового сигнала данных в ВОСП – $1,1 \cdot 10^{-7}$ отн. ед. при 20 независимых наблюдениях;

Границы относительной неисключенной систематической погрешности (Θ_0) для длительности импульсов лазерного излучения не превышает $2,0 \cdot 10^{-11}$ с, а скорости передачи единичных элементов цифрового сигнала данных в ВОСП – $3,4 \cdot 10^{-8}$ отн. ед.

4.3 Рабочий эталон 1-го разряда применяют для передачи единиц рабочим эталонам методом прямых измерений или методом сличений при помощи компаратора.

5 Рабочие эталоны 2-го разряда

5.1 В качестве рабочего эталона 2-го разряда единицы мощности импульсного лазерного излучения применяют комплекс средств измерений в составе: приемные устройства в диапазоне длин волн от 0,4 до 10,6 мкм, лазеры импульсного режима работы, система регистрации и обработки информации в диапазонах измерений от $1 \cdot 10^{-6}$ до $1 \cdot 10^4$ Вт при длительности

импульса от $1 \cdot 10^{10}$ до $1 \cdot 10^{-4}$ с по уровню 0,5 и времени нарастания/спада импульса: от $3 \cdot 10^{-11}$ до $1 \cdot 10^{-5}$ с.

Средние квадратические отклонения результатов сличений S рабочих эталонов 2-го разряда с государственным лежат в пределах от $2,5 \cdot 10^{-2}$ до $4 \cdot 10^{-2}$ отн. ед.

5.2 В качестве рабочего эталона 2-го разряда единиц динамических параметров импульсного лазерного излучения – длительности импульсов лазерного излучения применяют комплекс средств измерений в составе: быстродействующий оптоэлектронный преобразователь, широкополосный осциллограф, устройство управления и обработки измерительной информации.

Рабочий диапазон длительности импульса по уровню 0,5 от $1 \cdot 10^{10}$ до $1 \cdot 10^{-4}$ с при мощности импульса от $1 \cdot 10^{-6}$ до $1 \cdot 10^2$ Вт и времени нарастания/спада импульса: от $3 \cdot 10^{-11}$ до $1 \cdot 10^{-5}$ с в диапазоне длин волн от 0,4 до 10,6 мкм.

Средние квадратические отклонения результатов сличений S рабочих эталонов с государственным не превышают $4 \cdot 10^{-2}$ отн. ед.

5.3 В качестве рабочего эталона 2-го разряда единицы скорости передачи единичных элементов цифрового сигнала данных применяют средства измерений, работающие в режиме генерации тестовых импульсных последовательностей на длинах волн 0,85, 1,31 или 1,55 мкм, либо измерения скорости передачи единичных элементов цифрового сигнала данных в диапазоне от 50 Мбит/с до 25,8 Гбит/с (фиксированные значения, соответствующие используемым в системах SDH и Ethernet $\pm 0,01$ % от номинального значения) и суммарной стандартной неопределенностью воспроизведения единицы скорости передачи единичных элементов цифрового сигнала данных не более $7 \cdot 10^{-7}$ отн. ед.

5.4 В качестве рабочего эталона 2-го разряда единиц фазового дрожания и коэффициента битовых ошибок для оптических интерфейсов применяют комплекс средств измерений в составе: анализатор цифровых линий связи с оптическими интерфейсами, широкополосный осциллограф,

быстродействующий оптоэлектронный преобразователь, стандарт частоты, устройство управления и обработки измерительной информации, работающий в режиме генерации тестовых импульсных последовательностей на длинах волн 0,85, 1,31 или 1,55 мкм, либо измерения скорости передачи единичных элементов цифрового сигнала данных в диапазоне от 50 Мбит/с до 25,8 Гбит/с (фиксированные значения, соответствующие используемым в системах SDH и Ethernet $\pm 0,01$ % от номинального значения). Диапазон воспроизведения коэффициента битовых ошибок от 10^{-3} до 10^9 отн. ед., диапазон измерения и воспроизведения фазового дрожания по амплитуде от 0,05 до 3200 ТИ в зависимости от скорости передачи единичных элементов цифрового сигнала данных и значения модулирующих частот. Суммарная стандартная неопределенность воспроизведения единицы фазового дрожания при доверительной вероятности 0,95 не более (1–10) %, в зависимости от скорости передачи единичных элементов цифрового сигнала данных и значения модулирующих частот.

Рабочие эталоны 2-го разряда применяют для поверки средств измерений методом прямых измерений.

6 Средства измерений

6.1 В качестве СИ мощности импульсного лазерного излучения и длительности импульса лазерного излучения по уровню 0,5 применяют:

~ прецизионные средства измерений динамических параметров импульсного лазерного излучения в диапазоне от $1 \cdot 10^{-6}$ до 1 Вт в спектральном диапазоне от 0,5 до 1,6 мкм, при длительности импульса от $1 \cdot 10^{-10}$ до $1 \cdot 10^{-6}$ с, пределы допускаемой относительной погрешности составляют от $4 \cdot 10^{-2}$ до $10 \cdot 10^{-2}$ отн. ед.;

6.2 В качестве СИ мощности импульсного лазерного излучения применяют:

~ средства измерений максимальной мощности импульсного лазерного излучения в диапазоне от $1 \cdot 10^{-9}$ до $1 \cdot 10^4$ Вт

в спектральном диапазоне от 0,4 до 10,6 мкм, при длительности импульса от $1 \cdot 10^{-10}$ до $1 \cdot 10^{-4}$ с, пределы допускаемой относительной погрешности составляют от $10 \cdot 10^{-2}$ до $30 \cdot 10^{-2}$ отн. ед.;

~

генераторы оптических сигналов мощностью в импульсе от $1 \cdot 10^{-5}$ до $1 \cdot 10^4$ Вт на фиксированных длинах волн в диапазоне от 0,4 до 10,6 мкм, при длительности импульса от $1 \cdot 10^{-10}$ до $1 \cdot 10^{-4}$ с, пределы допускаемой относительной погрешности составляют от $10 \cdot 10^{-2}$ до $30 \cdot 10^{-2}$ отн. ед.;

6.3 В качестве СИ длительности импульса лазерного излучения по уровню 0,5 от максимального значения мощности импульса применяют:

~

средства измерений динамических параметров источников лазерного излучения малых уровней (фотоприемники) в диапазоне длительностей импульса от $1 \cdot 10^{-10}$ до $1 \cdot 10^{-7}$ с в спектральном диапазоне от 0,5 до 1,6 мкм, при мощности импульса от $1 \cdot 10^{-8}$ до 1 Вт, пределы допускаемой относительной погрешности составляют от $10 \cdot 10^{-2}$ до $15 \cdot 10^{-2}$ отн. ед.;

~

средства измерений динамических параметров приемников лазерного излучения малых уровней (источники) в диапазоне длительностей импульса от $1 \cdot 10^{-9}$ до $1 \cdot 10^{-1}$ с в спектральном диапазоне от 0,5 до 1,6 мкм, при мощности импульса от $1 \cdot 10^{-8}$ до $1 \cdot 10^{-4}$ Вт, пределы допускаемой относительной погрешности составляют от $5 \cdot 10^{-2}$ до $15 \cdot 10^{-2}$ отн. ед.;

~

средства измерений формы импульса лазерного излучения в диапазоне длительностей импульса от $1 \cdot 10^{-9}$ до $1 \cdot 10^{-7}$ с на фиксированных длинах волн в диапазоне от 0,4 до 10,6 мкм, при мощности импульса от $1 \cdot 10^{-4}$ до 1 Вт, пределы допускаемой относительной погрешности составляют от $5 \cdot 10^{-2}$ до $15 \cdot 10^{-2}$ отн. ед.

6.4 В качестве СИ скорости передачи единичных элементов цифрового сигнала данных, равно как и фазового дрожания и коэффициента битовых ошибок для оптических интерфейсов, применяют средства измерений

(анализаторы сетевых протоколов, анализаторы параметров на цифровых интерфейсах, генераторы псевдослучайных последовательностей и подобные), работающие в режиме генерации тестовых импульсных последовательностей на длинах волн в диапазоне от 0,83 до 1,65 мкм, либо измерения скорости передачи единичных элементов цифрового сигнала данных в диапазоне от 50 Мбит/с до 25,8 Гбит/с (фиксированные значения, соответствующие используемым в системах SDH, Ethernet, OTN и Fibre Channel $\pm 0,01$ % от номинального значения). Диапазон воспроизведения коэффициента ошибок по битам от 10^{-3} до 10^{-9} , диапазон измерения и воспроизведения фазового дрожания по амплитуде в тактовых интервалах от 0,05 до 3200 в зависимости от скорости передачи единичных элементов цифрового сигнала данных и значения модулирующих частот.

Пределы допускаемой относительной погрешности измерений скорости передачи единичных элементов цифрового сигнала данных составляют не более $1,5 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-5}$ отн. ед.

Пределы допускаемой относительной погрешности измерений фазового дрожания составляют не более (5–20) %.