

СОГЛАСОВАНО

Генеральный директор
ООО «КИА»



В.Н. Викулин

« 16 » декабря 2025 г.

ГСИ. Рефлектометры оптические TR3302XR.

Методика поверки

МП 009-2025

г. Москва
2025 г.

Оглавление

1. Общие положения	3
2. Перечень операций поверки	6
3. Требования к условиям проведения поверки	6
4. Требования к специалистам, осуществляющим поверку	7
5. Метрологические и технические требования к средствам поверки	7
6. Требования по обеспечению безопасности проведения поверки	8
7. Внешний осмотр средства измерений	8
8. Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8
9. Проверка программного обеспечения	9
10. Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	9
11. Оформление результатов поверки	14

1. Общие положения

Настоящая методика поверки (МП) устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки средств измерений (СИ): Рефлектометры оптические TR3302XR (далее – рефлектометры). В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Прослеживаемость при поверке СИ обеспечивается к государственному первичному эталону (ГПЭ) гэт170-2024 в соответствии с государственной поверочной схемой (ГПС) для средств измерений длины и времени распространения сигнала в оптическом волокне, средней мощности, ослабления и длины волны оптического излучения для волоконно-оптических систем передачи информации, утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 6.08.2024 г. № 1804.

При определении метрологических характеристик (МХ) поверяемого СИ, используются методы прямых измерений с непосредственной оценкой и сравнением измеряемых величин с рабочим эталоном (равномерное компарирование).

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение						
	TR3302XR-S1	TR3302XR-S2	TR3302XR-S3	TR3302XR-S4	TR3302XR-S4V2	TR3302XR-S5	TR3302XR-M1
Длины волн, нм	1310/1550	1310/1550	1310/1550	1310/1550/ 1625	1310/1550/ 1625	1310/1490/ 1550	850/1300/1310/ 1550
Динамический диапазон измерений ослабления ¹⁾ , дБ, не менее	37/35	42/40	45/42	37/35/35	42/40/40	45/42/42	28/26/37/36
Значение мертвой зоны, м, не более: - при измерении положения неоднородности - при измерении ослабления	1,5 8,0	0,8 4,5	0,8 4,5	1,5 8,0	0,8 4,5	1,5 8,0	1,5 8,0
Диапазон измерений длины, м - 1300/1310/1490/1550/1625 нм - 850 нм	от 60 до $5,12 \cdot 10^5$ от 60 до $0,32 \cdot 10^5$						
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений длины ⁵⁾ , м	$\pm(0,75 + \delta_{\text{счит}}^{2}) + 5 \cdot 10^{-5} \cdot L^{3)}$						
Длины волн источника ⁴⁾ , нм	850/1300/1310/1490/1550/1625						
Длины волн калибровки источника ⁴⁾ , нм	850/1310/1550/1625						
Уровень средней мощности непрерывного оптического излучения на выходе источника на длинах волн калибровки, дБм, не менее - 850 нм - 1310/1550/1625 нм	-20,0 -5,0						
Длины волн измерителя мощности, отображаемые на индикаторе ⁴⁾ , нм	850/1300/1310/1490/1550/1625/1650						
Длины волн калибровки измерителя мощности, нм	850/1310/1550/1625						

продолжение таблицы 1

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений уровня средней мощности оптического излучения на длинах волн калибровки, дБм: - при установленном фотодетекторе типа 1 - при установленном фотодетекторе типа 2	от -60 до +3 от -43 до +10
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений уровня средней мощности оптического излучения на длинах волн калибровки ⁵⁾ , дБ	±0,5
П р и м е ч а н и я: ¹⁾ - при длительности импульса 20 мкс, времени усреднения 3 мин, по уровню 98% от максимума шумов; ²⁾ δсчит - дискретность считывания на выбранном пределе шкалы расстояний, м; ³⁾ L – измеренная длина, м; ⁴⁾ - наборы длин волн для модификаций рефлектометров определяются типами измерительного источника и фотоприемника; ⁵⁾ при нормальных условиях применения	

2. Перечень операций поверки

2.1 При первичной и периодической поверках должны выполняться операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер пункта методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
1. Внешний осмотр средства измерений	да	да	7
2. Подготовка к поверке и опробование	да	да	8
3. Проверка программного обеспечения	да	да	9
4. Проверка рабочих длин волн*	да	нет	10.1
5. Определение значения мертвой зоны	да	нет	10.2
6. Определение абсолютной погрешности измерений длины	да	да	10.3
7. Определение уровня средней мощности непрерывного оптического излучения на выходе источника на длинах волн калибровки	да	да	10.4
8. Определение относительной погрешности измерений уровня средней мощности оптического излучения на длинах волн калибровки	да	да	10.5
9. Оформление результатов поверки	да	да	11

* Возможно использование паспортных данных излучателей без проведения измерений.

3. Требования к условиям проведения поверки

Условия проведения поверки должны соответствовать требованиям, установленным ГОСТ 8.395-80 «Государственная система обеспечения единства измерений. Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования»:

Температура окружающего воздуха, °С	от +10 до +35
Относительная влажность воздуха при 25 °С, %	до 80
Атмосферное давление, кПа (мм рт.ст.)	от 84 до 106 (от 630 до 800)

4. Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускаются лица, аттестованные в качестве поверителей оптических средств измерений, имеющие опыт работы и изучившие руководство по эксплуатации на рефлектометры и средства поверки.

5. Метрологические и технические требования к средствам поверки

При проведении поверки применяются средства поверки, указанные в таблице 3. Средства поверки должны быть исправны и иметь в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений действующие сведения о положительных результатах поверки.

Таблица 3

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 8 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от 5 °С до 40 °С с абсолютной погрешностью не более 1 °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 20 % до 90 % с погрешностью не более 3 % Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 80 кПа до 106,7 кПа, с абсолютной погрешностью не более 0,5 кПа	Прибор комбинированный Testo 622 (рег. № 53505-13)
п.п. 10.2; 10.3 Определение значения мертвой зоны, абсолютной погрешности измерений длины	Рабочий эталон единиц длины и ослабления в световоде (по ГПС утвержденной Приказом Росстандарта от 6.08.2024 г. № 1804): рабочие длины волн (1310±20) нм, (1550±20) нм, Диапазон воспроизведения длины от 0,06 до 600 км; ПГ ±(0,15+5·10 ⁻⁶ L) м; диапазон воспроизведения вносимого ослабления от 0 до 50 дБ, пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения вносимого ослабления ±0,015·А, где А - значение вносимого ослабления, дБ. Рабочий эталон единиц длины и ослабления в световоде (по ГПС утвержденной Приказом Росстандарта от 6.08.2024 г. № 1804): рабочие длины волн (850±20) нм, (1300 ±20) нм, (1490±20) нм, (1625±20) нм, диапазон воспроизведения длины от 0,06 до 600 км; ПГ ±(0,15+5·10 ⁻⁶ L) м; диапазон воспроизведения вносимого ослабления от 0 до 50 дБ, пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения вносимого ослабления	Генератор оптический ОГ-2-2/Б (рег. № 44918-10) Рабочий эталон единиц длины и ослабления в световоде (рег. № 58591-14)

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	$\pm 0,015 \cdot A$, где A - значение вносимого ослабления, дБ.	
п.п. 10.1; 10.4; 10.5 Определение рабочих длин волн, относительной погрешности измерений уровня средней мощности оптического излучения на длинах волн калибровки, уровня средней мощности непрерывного оптического излучения на выходе источника	Рабочий эталон единицы средней мощности оптического излучения в ВОСП (по ГПС, утвержденной Приказом Росстандарта от 6.08.2024 г. № 1804): рабочий диапазон длин волн от 600 нм до 1700 нм; погрешность градуировки по шкале длин волн 1 нм, диапазон измеряемой средней мощности оптического излучения от 10^{-10} до 10^{-2} Вт, предел допускаемой относительной погрешности измерений средней мощности оптического излучения на длинах волн калибровки не более $\pm 3,5\%$	«РЭСМ-ВС» (рег. № 53225-13)
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице		

6. Требования по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки все средства измерений должны быть заземлены.

При включенном питании запрещается монтаж и демонтаж оборудования, подключение и отключение соединительных кабелей.

7. Внешний осмотр средства измерений

При внешнем осмотре проверить соответствие рефлектометра следующим требованиям:

- соответствие внешнего вида данным из описания типа;
- соответствие комплектности данным из паспорта рефлектометра;
- наличие маркировки, идентифицирующей поверяемый рефлектометр;
- отсутствие внешних повреждений корпуса и ослабления элементов конструкции;
- сохранность органов управления и разъемов.

8. Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Во время подготовки к поверке поверитель знакомится с эксплуатационной документацией, подготавливает все материалы и средства измерений, необходимые для проведения поверки.

8.2 Перед проведением поверки необходимо провести следующие подготовительные работы:

- провести контроль условий проведения поверки в соответствии с требованиями п. 3,
- проверить срок действия свидетельств о поверке на средства измерений.

8.3 В соответствии с руководством по эксплуатации провести опробование (проверку работоспособности) рефлектометра. Включить питание, убедиться, что загрузилось специальное ПО, на экране отображается меню.

Результаты проверки считать положительными, если при проведении проверки работоспособности не выявлено появление ошибок.

9. Проверка программного обеспечения

Произвести идентификацию программного обеспечения поверяемого рефлектометра:

- проверить наименование и номер версии программного обеспечения (далее - ПО). Для проверки включить рефлектометр, зайти в раздел «Система (System)» в главном меню, затем во вкладку «Общие настройки (General Settings)» и считать требуемые данные в разделе «Информация о системе (Sys.Inf)».

Например: версия V1.0.2 (наименование недоступно).

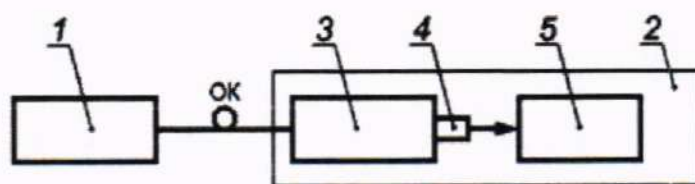
Проверить наименование, номер версии ПО.

Результаты проверки считать положительными, если идентификационные данные ПО соответствуют указанным в описании типа.

10. Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Проверка рабочих длин волн

10.1.1 Собрать установку, приведенную на рисунке 1.



1 – поверяемый рефлектометр; 2 - спектральная установка РЭСМ-ВС (СУ);
3 - монохроматор; 4 - фотоприемное устройство; 5 - регистратор, ОК - оптический кабель

Рисунок 1

10.1.2 Оптическим кабелем соединить выход поверяемого рефлектометра с входным разъемом спектральной установки. На рефлектометре провести установку одной из рабочих длин волн и максимального значения длительности зондирующего импульса.

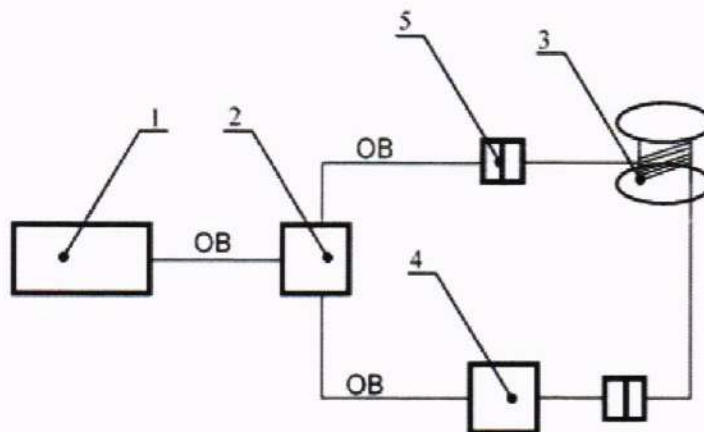
10.1.3 Изменяя длину волны на шкале монохроматора спектральной установки (СУ), зарегистрировать длину волны, соответствующую максимальному значению сигнала.

10.1.4 На поверяемом рефлектометре провести установку другой рабочей длины волны и выполнить операцию по 10.1.3.

10.1.5 Результат поверки считать положительным, если зарегистрированные значения длин волн: 1310/1550 нм для TR3302XR-S1, TR3302XR-S2, TR3302XR-S3, 1310/1550/1625 нм для TR3302XR-S4, TR3302XR-S4V2, 1310/1490/1550 нм для TR3302XR-S5, 850/1300/1310/1550 нм для TR3302XR-M1.

10.2 Определение значения мертвой зоны

10.2.1 Собрать схему испытаний, представленную на рисунке 2.



1 - поверяемый рефлектометр; 2 - оптический ответвитель; 3 - оптический кабель 1 км;
4 - оптический аттенуатор (из состава оптического генератора); 5 - оптический соединитель;
ОВ - оптическое волокно.

Рисунок 2

10.2.2 Установить минимальную длительность зондирующего импульса, указанную в технической документации на рефлектометр, и предел измерений по шкале длин 10 км. С помощью аттенуатора установить значение затухания, достаточное для отсутствия насыщения отраженного импульса (порядка 35 дБ). Отраженный импульс находится в средней части рефлектограммы.

10.2.3 Дождаться завершения заданного времени измерения и определить мертвую зону при измерениях ослабления как расстояние между началом отраженного импульса и точкой заднего фронта отраженного импульса, отстоящей от кривой обратного рассеяния на 0,5 дБ, в соответствии с рисунком 3.

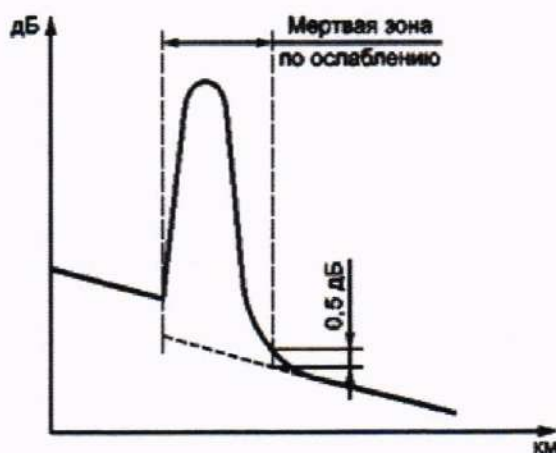


Рисунок 3

10.2.4 Дождаться завершения заданного времени измерения и определить мертвую зону при измерениях положения неоднородности как длину между точками переднего и заднего фронтов отраженного импульса, соответствующими уровню ослабления 1,5 дБ от вершины ненасыщенного импульса, в соответствии с полученной рефлектограммой, вид которой представлен на рисунке 4.

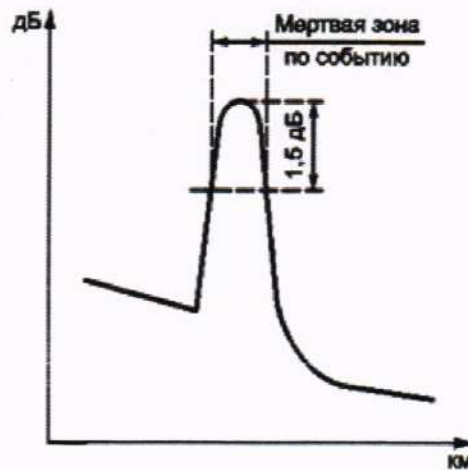


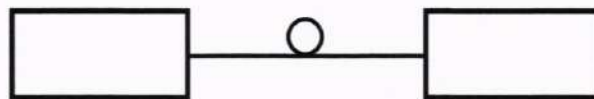
Рисунок 4

10.2.5 Результаты поверки считать положительными, если полученные значения мертвой зоны не превышают:

- для модификаций TR3302XR-S1, TR3302XR-S4, TR3302XR-S5, TR3302XR-M1:
 - 8,0 м при измерении ослабления;
 - 1,5 м при измерении положения неоднородности.
- для модификаций TR3302XR-S2, TR3302XR-S3, TR3302XR-S4V2:
 - 4,5 м при измерении ослабления;
 - 0,8 м при измерении положения неоднородности.

10.3 Определение абсолютной погрешности измерений длины

10.3.1 Собрать установку, приведенную на рисунке 5.



1 – поверяемый рефлектометр; 2 - оптический генератор;

ОВ - оптическое волокно

Рисунок 5

10.3.2 При включении ОГ в рабочий режим на экране дисплея поверяемого рефлектометра появляется импульс. В меню рефлектометра установить значение показателя преломления оптического волокна одинаковым с заданным на ОГ. С помощью ОГ установить время задержки оптического импульса, соответствующее расстоянию не более 1 км. Дождаться завершения заданного времени измерения и измерить расстояние от начала шкалы до точки, соответствующей положению маркера, установленного на переднем фронте импульса (рекомендуется устанавливать маркер в точке, соответствующей уровню 15 дБ от вершины импульса).

10.3.3 Повторить измерения не менее пяти раз.

10.3.4 Поочередно установить с помощью ОГ временные задержки, соответствующие минимальному и максимальному значениям длины для каждого предела шкалы поверяемого рефлектометра и провести измерения каждой из длин в соответствии с 10.3.2 и 10.3.3. При этом в меню ОГ и поверяемого рефлектометра выставить минимальную длительность импульса, соответствующую расстоянию L.

10.3.5 Рассчитать средние значения измеряемых длин по формуле:

$$\bar{L} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n} \quad (1)$$

где: L_i - i значение длины; n - число измеряемых длин.

10.3.6 Определить для каждого значения длин основную абсолютную погрешность (при доверительной вероятности $P = 0.95$) по формуле:

$$\Delta = 1,1\sqrt{\Theta^2 + \Delta_0^2} \quad (2)$$

где: Δ_0 — погрешность ОГ; Θ — неисключенная систематическая погрешность, рассчитанная по формуле

$$\Theta = \bar{L} - L_0 \quad (3)$$

где L_0 - значение длины по шкале ОГ.

Примечание – Случайную составляющую погрешности не учитывать, так как она пренебрежимо мала.

10.3.7 Результаты поверки считать положительными, если абсолютная погрешность измерений длины в пределах: $\pm(0,75 + \delta_{\text{счит}} + 5 \cdot 10^{-5} \cdot L)$ для всех модификаций, где L - измеренная длина, $\delta_{\text{счит}}$ - дискретность считывания на выбранном пределе шкалы в м.

10.4 Определение уровня средней мощности непрерывного оптического излучения на выходе источника на длинах волн калибровки

10.4.1 Подать оптическое излучение от поверяемого рефлектометра с помощью волоконного кабеля на оптический вход ваттметра РЭСМ и измерить оптическую мощность на выходе волоконного кабеля, регистрируя значение P_1 .

10.4.2 Провести операцию по 10.4.1 еще девять раз, каждый раз предварительно вынув и вставив оптический разъем.

10.4.3 Определить значение мощности $P_{\text{из}}$ на выходе оптического кабеля по формуле:

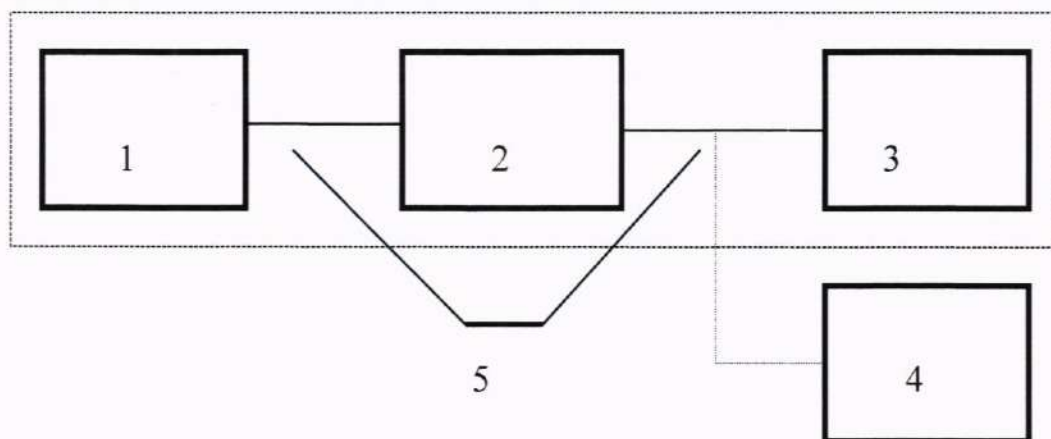
$$P_{\text{из}} = (1/10) \sum_{i=1}^{10} P_i \quad (4)$$

где i - номер измерения.

10.4.4 Результаты поверки считать положительными, если полученное значение мощности на выходе оптического кабеля для всех модификаций на длинах волн калибровки не менее: -20,0 дБм (для 850 нм), -5,0 дБм (для 1310/1550/1625нм).

10.5 Определение относительной погрешности измерений уровня средней мощности оптического излучения на длинах волн калибровки

10.5.1 Собрать схему испытаний, представленную на рисунке 6.



- 1- источник оптического излучения из состава РЭСМ-ВС
- 2- волоконно-оптический аттенюатор из состава РЭСМ-ВС
- 3- волоконно-оптический ваттметр из состава РЭСМ-ВС
- 4- поверяемый рефлектометр (в режиме измерений мощности)
- 5- волоконно-оптический кабель

Рисунок 6

10.5.2 Установить на волоконно-оптическом ваттметре из состава РЭСМ-ВС длину волны излучения, возможно близкую к длине волны источника оптического излучения из состава РЭСМ-ВС.

10.5.3 Выход оптического аттенюатора 2 подключить к входу волоконно-оптического ваттметра из состава РЭСМ-ВС 3 и регулировкой оптического аттенюатора установить на его выходе мощность, равную максимально измеряемой рефлектометром +3 дБм (при установленном фотодетекторе типа 1), +10 дБм (при установленном фотодетекторе типа 2).

10.5.4 Провести N (N=3) измерений мощности последовательно волоконно-оптическим ваттметром из состава РЭСМ-ВС 3 и поверяемым рефлектометром.

10.5.5 Повторить измерение мощности последовательно уменьшая мощность (с шагом 3-5 дБ), дойдя до минимально измеряемой поверяемым рефлектометром на длинах волн калибровки -60 дБм (при установленном фотодетекторе типа 1), -43 дБм (при установленном фотодетекторе типа 2).

10.5.6 Определяют разницу в показаниях образцового ваттметра из состава РЭСМ-ВС и поверяемого рефлектометра по формуле:

$$\theta_j = (1/N) \sum_{i=1}^N \theta_{ij} \quad (5)$$

где $\theta_{ij} = P_{ij} - P_{oij}$ (6)

P_{oij} ; P_{ij} - показания волоконно-оптического ваттметра из состава РЭСМ-ВС и поверяемого рефлектометра при i-ом измерении в точке j в дБм.

10.5.7 Повторить операции по 10.5.1—10.5.6 на всех длинах волн калибровки поверяемого рефлектометра.

10.5.8 Фактическое значение основной погрешности измерителя на длине волны калибровки вычислить по формуле:

$$\Delta_k = 2 \sqrt{(\theta_1^2 + \theta_0^2)/3 + S_1^2} \quad (7)$$

где $\theta_1 = \max\{|\theta_j|\}$ (θ_j выражено в %); (8)

θ_0 – основная относительная погрешность РЭСМ-ВС на длине волны калибровки, %;

$$S_1 = \max \left\{ \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{(\theta_{ij} - \theta_j)^2}{N(N-1)}} \right\} \quad (9)$$

(θ_{ij} ; θ_j - выражено в %).

Полученные значения пересчитать в дБ по формуле: $10 \lg(1 + \Delta_k/100)$ (10)

10.5.9 Повторить измерения мощности на всех длинах волн калибровки поверяемого рефлектометра.

10.5.10 Результаты поверки считать положительными, если:

- значение относительной погрешности измерений уровня средней мощности оптического излучения на длинах волн калибровки для всех модификаций в пределах $\pm 0,5$ дБ.

11. Оформление результатов поверки

11.1 При поверке вести протокол произвольной формы.

11.2 Результаты поверки оформляются в соответствии с приказом Минпромторга России от 31.07.2020 г. № 2510.

11.3 Данные о поверке вносятся в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. По заявлению владельца СИ или лица, представившего СИ в поверку, при положительных результатах поверки оформляется свидетельство о поверке, при отрицательных результатах поверки оформляется извещение о непригодности с указанием причин забракования. При отрицательных результатах поверки средство измерений к применению не допускается.

Главный метролог ООО «КИА»



Ю.В.Плаксин