

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора
ФГБУ «ВНИИОФИ»



Е.А. Гаврилова

11 2024 г.

**«ГСИ. Рабочие эталоны средней мощности оптического излучения в волоконно-
оптических системах передачи РЭСМ-ВС-М.**

Методика поверки»

МП 046.ФЗ-24

Главный метролог
ФГБУ «ВНИИОФИ»

 С.Н. Негода
«15» 11 2024 г.

Москва
2024 г.

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на Рабочие эталоны средней мощности оптического излучения в волоконно-оптических системах передачи (ВОСП) РЭСМ-ВС-М (далее – рабочие эталоны) зав.№№ 69 и 70, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверки. Рабочие эталоны предназначены для воспроизведения, хранения и передачи единиц средней мощности и ослабления оптического излучения для ВОСП для поверки и калибровки измерителей оптической мощности, источников оптического излучения, аттенюаторов, оптических тестеров; измерений оптической мощности и ослабления в оптических волокнах (ОВ) и оптических компонентах, генерации постоянного оптического излучения на фиксированных длинах волн.

1.2 По итогам проведения поверки должна обеспечиваться прослеживаемость к государственному первичному специальному эталону единиц длины и времени распространения сигнала в оптическом волокне, средней мощности, ослабления и длины волны оптического излучения для волоконно-оптических систем передачи информации ГЭТ 170-2024 в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 06.08.2024 № 1804.

1.3 Поверка рабочих эталонов выполняется методами прямых измерений.

1.4 Метрологические характеристики рабочих эталонов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение	
	РЭСМ-ВС-М зав.№ 69	РЭСМ-ВС-М зав.№ 70
1	2	3
Диапазон измерений средней мощности оптического излучения, Вт	от $1 \cdot 10^{-10}$ до 1	
Рабочий спектральный диапазон, нм	от 500 до 1660	
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений средней мощности оптического излучения на длинах волн градуировки ¹⁾ , %	± 2	
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений средней мощности оптического излучения в рабочем спектральном диапазоне, %	± 5	
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений относительных уровней мощности оптического излучения ²⁾ , %	± 1	
Длины волн источников излучения, нм	850 $\pm$ 10 980 $\pm$ 10 1300 $\pm$ 10 1310 $\pm$ 5 1310 $\pm$ 10 ³⁾ 1490 $\pm$ 5 1550 $\pm$ 5 1625 $\pm$ 5	850 $\pm$ 10 1310 $\pm$ 5 1310 $\pm$ 10 ³⁾ 1490 $\pm$ 5 1550 $\pm$ 5 1625 $\pm$ 5 1650 $\pm$ 5
Мощность оптического излучения на выходе источников излучения, мВт, не менее: - источники стандартной мощности - источник повышенной мощности	2,5 80	
Нестабильность мощности излучения источников за 15 минут, %, не более: - источники стандартной мощности - источник повышенной мощности	0,3 1,0	
Время нарастания переходной характеристики		

1	2	3
преобразователя фотоэлектрического измерительного, нс, не более	1	
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений относительной спектральной характеристики опорного приёмника в рабочем диапазоне длин волн, %	±5	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности градуировки монохроматора по шкале длин волн, нм	±1	
1) Длины волн градуировки соответствуют длинам волн источников излучения РЭСМ-ВС-М; 2) В диапазоне измерений средней мощности оптического излучения от $1 \cdot 10^{-10}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ Вт или от $1 \cdot 10^{-7}$ до 1 Вт; 3) Источник повышенной мощности.		

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении первичной и периодической поверок должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
1	2	3	4
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	8
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик средства измерений			10
Определение диапазона измерений средней мощности оптического излучения, относительной погрешности измерений средней мощности оптического излучения на длинах волн градуировки, относительной погрешности измерений средней мощности оптического излучения в рабочем спектральном диапазоне, относительной погрешности измерений относительных уровней мощности	Да	Да	10.1
Определение длин волн источников излучения	Да	Да	10.2
Определение мощности и нестабильности мощности оптического излучения на выходе источников излучения	Да	Да	10.3
Определение времени нарастания переходной характеристики преобразователя фотоэлектрического	Да	Да	10.4

1	2	3	4
измерительного			
Определение относительной погрешности измерений относительной спектральной характеристики опорного приёмника в рабочем диапазоне длин волн	Да	Да	10.5
Определение абсолютной погрешности градуировки монохроматора по шкале длин волн	Да	Нет	10.6
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	11

2.2 При получении отрицательных результатов при проведении хотя бы одной операции поверка прекращается.

2.3 Допускается проведение первичной (периодической) поверки отдельных измерительных каналов и (или) отдельных автономных блоков из состава РЭСМ-ВС-М на основании письменного заявления владельца средства измерений или лица, представившего средство измерений на поверку, оформленного в произвольной форме.

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 Все операции поверки, за исключением особо оговоренных, проводят при следующих условиях:

- температура окружающей среды, °С от +15 до +25;
- относительная влажность воздуха, % не более 70;
- атмосферное давление, кПа от 96 до 104;
- напряжение питающей сети, В от 207 до 253;
- частота питающей сети, Гц от 49,5 до 50,5.

3.2 Помещение, где проводится поверка, должно быть чистым и сухим, свободным от пыли. Допускаемый перепад температуры при проведении поверки – не более 2 °С.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускают лиц, изучивших настоящую методику поверки и руководства по эксплуатации (далее – РЭ) поверяемых рабочих эталонов и средств поверки и ознакомившихся с правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, указанных в приложении к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 15.12.2020 № 903н; прошедших обучение на право проведения поверки по требуемому виду измерений.

4.2 Поверку средства измерений осуществляют аккредитованные в области обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении первичной и периодической поверок применяются средства поверки, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
п. 8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне от +15 до +25 °С с абсолютной погрешностью не более 0,2 °С.	Приборы контроля параметров воздушной среды «Метеометр МЭС-200А»,

1	2	3
	Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне до 80 % с абсолютной погрешностью не более 3 %. Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 84 до 106 кПа с абсолютной погрешностью не более 0,2 кПа Средства измерений частоты переменного тока от 40 до 60 Гц с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более $\pm (0,012 \cdot f_{\text{изм}} + 3 \cdot k)$ Гц, где $f_{\text{изм}}$ – измеряемое значение частоты переменного тока, Гц, k – значение единицы младшего разряда, Гц, равное 0,01 Гц. Средства измерений напряжения переменного тока до 600 В с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более $\pm (0,008 \cdot U_{\text{изм}} + 4 \cdot k)$ В, где $U_{\text{изм}}$ – измеряемое значение напряжения переменного тока, В, k – значение единицы младшего разряда, В, равное 0,1 В.	рег. № 27468-04 Вольтметры универсальные В7-78/1, В7-78/2, В7-78/3, модификация В7-78/1 рег. № 52147-12
п. 10.1 Определение диапазона измерений средней мощности оптического излучения, относительной погрешности измерений средней мощности оптического излучения на длинах волн градуировки, относительной погрешности измерений средней мощности оптического излучения в рабочем спектральном диапазоне, относительной погрешности измерений относительных уровней мощности п. 10.2 Определение длин волн источников излучения п. 10.3 Определение мощности и нестабильности мощности оптического излучения на выходе источников излучения п. 10.5 Определение	Эталон единицы мощности оптического излучения в ВОСП уровня не ниже государственного первичного специального эталона по государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Росстандарта от 06.08.2024 № 1804, в диапазоне воспроизведения единицы средней мощности оптического излучения от 10^{-4} до $5 \cdot 10^{-3}$ Вт в спектральном диапазоне от 500 до 1700 нм, обеспечивающий воспроизведение единиц со средним квадратическим отклонением (далее – СКО) не более $2 \cdot 10^{-4}$. Доверительные границы (при доверительной вероятности $P = 0,95$) неисключенной систематической погрешности (далее – НСП) не более $2 \cdot 10^{-4}$.	Государственный первичный специальный эталон единиц длины и времени распространения сигнала в оптическом волокне, средней мощности, ослабления и длины волны оптического излучения для волоконно-оптических систем передачи информации ГЭТ 170 (далее – ГЭТ 170)

1	2	3
относительной погрешности измерений относительной спектральной характеристики опорного приёмника в рабочем диапазоне длин волн п. 10.6 Определение абсолютной погрешности градуировки монохроматора по шкале длин волн		
п. 10.4 Определение времени нарастания переходной характеристики преобразователя фотоэлектрического измерительного	Осциллограф цифровой запоминающий с временем нарастания/спада характеристики (от 10 до 90 %) не более 500 пс	Осциллографы DSOS054A, MSOS054A, DSOS104A, MSOS104A, DSOS204A, MSOS204A, DSOS254A, MSOS254A, DSOS404, MSOS404A, DSOS604A, MSOS604A, DSOS804A, MSOS804A модификации DSOS104A, рег. № 60449-15
	Эталон единицы мощности оптического излучения в ВОСП уровня не ниже государственного первичного специального эталона по государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Росстандарта от 06.08.2024 № 1804, в диапазоне воспроизведения единицы средней мощности оптического излучения от 10^{-4} до $5 \cdot 10^{-3}$ Вт в спектральном диапазоне от 500 до 1700 нм, обеспечивающим воспроизведение единиц с СКО не более $2 \cdot 10^{-4}$ Доверительные границы (при доверительной вероятности $P = 0,95$) НСП не более $2 \cdot 10^{-4}$.	Государственный первичный специальный эталон единиц длины и времени распространения сигнала в оптическом волокне, средней мощности, ослабления и длины волны оптического излучения для волоконно-оптических систем передачи информации ГЭТ 170
Вспомогательное оборудование:		
	Спирт изопропиловый по ГОСТ 9805-84	
	Кабель волоконно-оптический стандарта G.652 или совместимого с ним	

5.2 Допускается применение других средств поверки, обеспечивающих определение необходимых метрологических характеристик поверяемых средств измерений с требуемой точностью.

5.3 Эталоны и средства измерений, используемые при проведении поверки, должны быть аттестованы (поверены) в установленном порядке.

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки соблюдают требования, установленные ГОСТ 12.1.040-83, правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, указанными в приложении к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 15.12.2020 № 903н. Оборудование, применяемое при поверке, должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.003-91. Воздух рабочей зоны должен соответствовать ГОСТ 12.1.005-88 при температуре помещения, соответствующей условиям испытаний для легких физических работ.

6.2 Система электрического питания рабочих эталонов должна быть защищена от колебаний и пиков сетевого напряжения, искровые генераторы не должны устанавливаться вблизи систем.

6.3 Помещение, в котором проводится поверка, должно соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 Комплектность поверяемых рабочих эталонов должна соответствовать комплектности, приведенной в эксплуатационной документации (РЭ) и описании типа (далее – ОТ).

7.2 При внешнем осмотре должно быть установлено:

- наличие маркировки, подтверждающей тип и идентифицирующей поверяемые рабочие эталоны;
- отсутствие на наружных поверхностях поверяемых рабочих эталонов повреждений, влияющих на их работоспособность;
- отсутствие ослаблений элементов конструкции, сохранность пломб, чистота разъемов.

7.3 Рабочие эталоны считаются прошедшими операцию поверки с положительным результатом, если корпус, внешние элементы, органы управления и индикации не повреждены, отсутствуют механические повреждения и ослабления элементов конструкции, а комплектность рабочих эталонов соответствует таблице состава РЭ и ОТ.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Проверяют условия проведения поверки – измеряют температуру окружающей среды, атмосферное давление, относительную влажность воздуха, а также напряжение и частоту переменного тока сети питания.

8.2 Подключают к сети питания поверяемый рабочий эталон.

8.3 Протирают специальным тампоном, смоченным изопропиловым спиртом (ГОСТ 9805-84), оптические разъемы поверяемого рабочего эталона и ГЭТ 170. Протирают специальной салфеткой, смоченной изопропиловым спиртом, торцы волоконно-оптических кабелей, используемых при проведении поверки.

8.4 Подготавливают поверяемый рабочий эталон к работе согласно его РЭ. Проводят прогрев всех включенных приборов в течение получаса, если иное не указано в их РЭ.

8.5 Дожидаются загрузки программного обеспечения (далее – ПО) и появления на экране главного меню.

8.6 Рабочие эталоны считаются прошедшими операцию поверки с положительным результатом, если условия проведения поверки соответствуют требованиям, приведенным в п. 3, не происходит отказа световых индикаторов, ошибок при запуске ПО и в работе ПО при загрузке меню.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 Проверяют соответствие идентификационных данных ПО сведениям, приведенным в ОТ на рабочие эталоны. Для этого считывают информацию о версии ПО “RESM_O” и “MONO_2007” в правом нижнем углу окон соответствующих программ.

9.2 Рабочие эталоны считаются прошедшими операцию поверки с положительным результатом, если идентификационные данные ПО соответствуют значениям, приведенным в таблице 4.

Таблица 4 – Идентификационные данные ПО

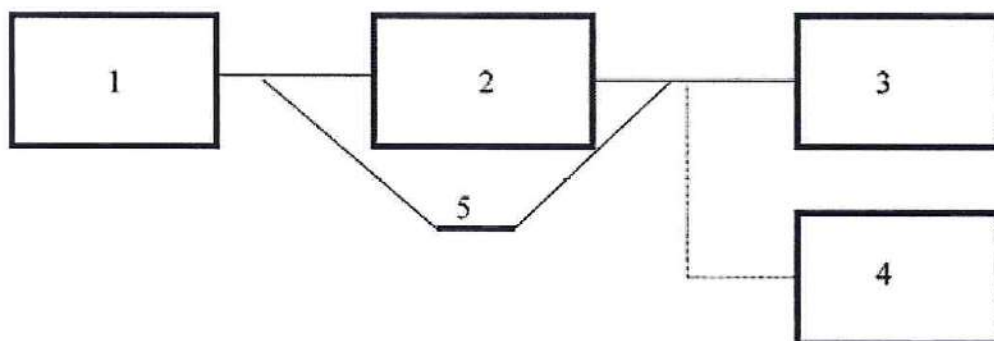
Идентификационные данные (признаки)	Значение
Программа рабочего эталона РЭСМ-В	
Идентификационное наименование ПО	RESM_O
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.2.5.2 и выше
Программа спектральной установки	
Идентификационное наименование ПО	MONO_2007
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.0.1.0 и выше

10 Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1 Определение диапазона измерений средней мощности оптического излучения, относительной погрешности измерений средней мощности оптического излучения на длинах волн градуировки, относительной погрешности измерений средней мощности оптического излучения в рабочем спектральном диапазоне, относительной погрешности измерений относительных уровней мощности

10.1.1 Передача единицы средней мощности оптического излучения от компаратора средней мощности оптического излучения в ВОСП ГЭТ 170 измерителю оптической мощности из состава поверяемого рабочего эталона.

10.1.1.1 Собирают установку согласно схеме, приведенной на рисунке 1.



1 – блок источника оптического излучения из состава поверяемого рабочего эталона;
 2 – оптический attenuator из состава поверяемого рабочего эталона; 3 – измеритель оптической мощности из состава поверяемого рабочего эталона; 4 – измеритель мощности из состава компаратора средней мощности оптического излучения ГЭТ 170; 5 – волоконно-оптический кабель

Рисунок 1 – Блок-схема установки для передачи единицы средней мощности оптического излучения от компаратора на основе калориметрического приемника ГЭТ 170 измерителю оптической мощности из состава поверяемого рабочего эталона

10.1.1.2 Подключают к ИОМ измерительный преобразователь ИОМ 10 1000-1600 и переводят ИОМ из состава поверяемого рабочего эталона в режим измерений на длине волны 1310 нм согласно его РЭ.

10.1.1.3 Выход оптического attenuatorа подключают волоконно-оптическим кабелем к входу измерителя оптической мощности рабочего эталона, включают источник излучения с длиной волны 1310 нм и регулированием ослабления attenuatorа устанавливают на его выходе значение мощности в диапазоне от 0,5 до 1,2 мВт.

10.1.1.4 Выключают излучатель источника. Отсоединяют оптический кабель от измерителя оптической мощности из состава поверяемого рабочего эталона и подсоединяют его ко входу компаратора.

10.1.1.5 После установления теплового режима (20 мин) включают излучатель на длине волны 1310 нм и проводят измерение мощности P_{01} , Вт, компаратором.

10.1.1.6 Сразу после измерения мощности с помощью компаратора отсоединяют волоконно-оптический кабель от компаратора, подсоединяют кабель ко входу измерителя оптической мощности рабочего эталона и регистрируют показания РЭСМ-ВС-М Р₁, Вт.

10.1.1.7 Проводят операции по 10.1.1.4 – 10.1.1.6 настоящей методики еще четыре раза, регистрируя показания компаратора Р_{0i}, Вт, и поверяемого РЭСМ-ВС-М Р_i, Вт, где *i* – порядковый номер измерения.

10.1.1.8 Проводят операции по 10.1.1.2 – 10.1.1.7 настоящей методики на остальных длинах волн градуировки измерителя оптической мощности из состава поверяемого рабочего эталона, больших 1000 нм.

10.1.1.9 Проводят операции по 10.1.1.2 – 10.1.1.8 для ИОМ с ИОМ 10 500-1000 на длинах волн градуировки измерителя оптической мощности из состава поверяемого рабочего эталона, меньших 1000 нм

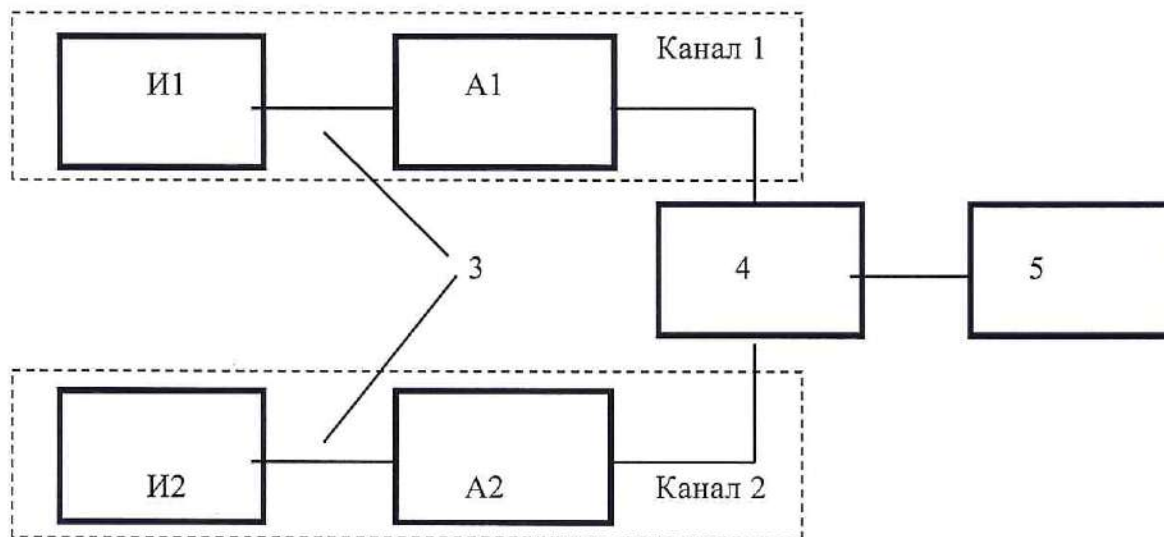
10.1.1.10 Проводят операции по 10.1.1.2 – 10.1.1.9 для ИОМ с ИОМ 1000 500-1000 и ИОМ 1000 1000-1600 используя значение мощности источника излучения от 5 до 100 мВт.

10.1.2 Определение составляющей погрешности, обусловленной нелинейностью измерителя оптической мощности рабочего эталона

10.1.2.1 Измерение нелинейности измерителя оптической мощности рабочего эталона проводят на установке для измерений нелинейности приемников оптического излучения в ВОСП ГЭТ 170. Нелинейность измеряют на длинах волн 850 и 1550 нм.

10.1.2.2 Схема установки для измерений нелинейности приемников оптического излучения в ВОСП ГЭТ 170 приведена на рисунке 2.

10.1.2.3 Измерения нелинейности проводят методом сложения света, с удвоением сигнала.



И1, И2 – источники оптического излучения стабилизированные из состава установки для измерений нелинейности приемников оптического излучения в ВОСП ГЭТ 170; А1, А2 – аттенюаторы оптические с затвором из состава установки для измерений нелинейности приемников оптического излучения в ВОСП ГЭТ 170; 3 – кабели волоконно-оптические из состава ГЭТ 170; 4 – разветвитель волоконно-оптический из состава ГЭТ 170; 5 – измеритель оптической мощности из состава поверяемого рабочего эталона

Рисунок 2 – Блок-схема установки для измерений нелинейности приемников оптического излучения в ВОСП ГЭТ 170

10.1.2.4 Подготавливают установку к работе на длине волны 850 нм, подключают к ИОМ измерительный преобразователь ИОМ 10 500-1000.

10.1.2.5 Устанавливают ослабление аттенюаторов А1 и А2 таким образом, чтобы мощность, измеренная измерителем, была одной и той же, когда излучение приходит только по каналу 1 или каналу 2 (затвор аттенюатора другого канала закрыт), и при этом

суммарная мощность от каналов 1 и 2 равняется значению мощности P_0 , Вт, при котором проводится передача единицы средней мощности измерителю поверяемого рабочего эталона на данной длине волны (пункт 10.1.1.3 настоящей методики).

10.1.2.6 Закрывают затворы обоих каналов и устанавливают нулевые показания измерителя мощности поверяемого рабочего эталона.

10.1.2.7 Открывают затвор канала 1 и регистрируют показания рабочего эталона P_{1i} , Вт.

10.1.2.8 Открывают затвор канала 2 и регистрируют показания рабочего эталона P_{2i} , Вт, при обоих открытых затворах.

10.1.2.9 Закрывают затвор канала 1 и регистрируют показания рабочего эталона P_{2i} , Вт.

10.1.2.10 Увеличивают ослабление каждого из аттенюаторов $A1$ и $A2$ приблизительно в два раза таким образом, чтобы показания рабочего эталона при обоих открытых затворах $P_{\Sigma i}$, Вт, равнялись показаниям рабочего эталона при одном открытом затворе на предыдущем шаге $P_{1(i-1)}$, Вт, при этом как можно точнее соблюдают равенство показаний при каждом отдельно открытом канале: $P_{1i} = P_{2i}$.

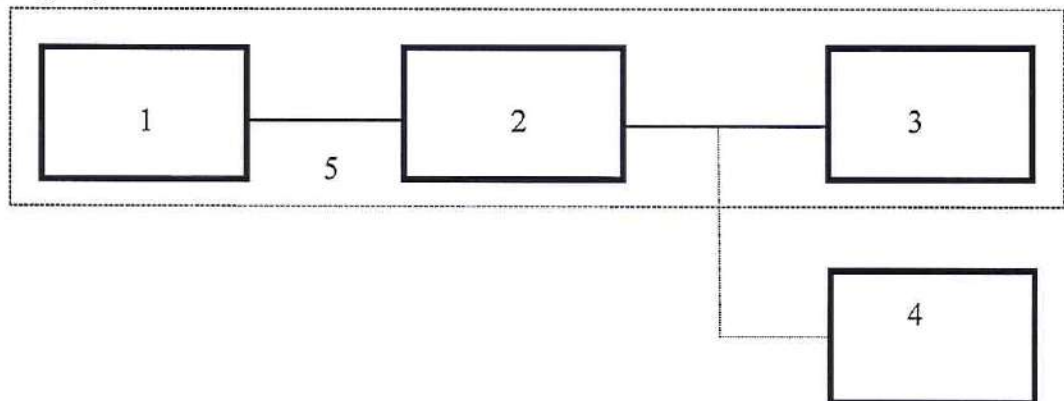
10.1.2.11 Повторяют операции по 10.1.2.5 – 10.1.2.10 настоящей методики для всего диапазона измерений мощности поверяемого рабочего эталона.

10.1.2.12 Проводят операции по 10.1.2.4 – 10.1.2.11 настоящей методики на длине волны 1550 нм, с использованием измерительного преобразователя ИОМ 10 1000-1600.

10.1.2.13 Проводят операции по 10.1.2.4 – 10.1.2.12 настоящей методики для ИОМ с ИОМ 1000 500-1000 и ИОМ 1000 1000-1600.

10.1.3 Определение неравномерности спектральной характеристики измерителей оптической мощности из состава поверяемого рабочего эталона.

10.1.3.1 Проводят измерение относительной спектральной характеристики измерителя оптической мощности с подключенным измерительным преобразователем ИОМ 10 500-1000 из состава поверяемого рабочего эталона на установке для измерений спектральных характеристик приемников и источников ГЭТ 170 в спектральных диапазонах, указанных в эксплуатационной документации поверяемого рабочего эталона, в соответствии с Руководством по эксплуатации установки. Для этого подключают измеритель оптической мощности из состава поверяемого рабочего эталона к установке, как показано на рисунке 3.



1 – осветитель; 2 – монохроматор; 3 – опорный приемник; 4 – измеритель оптической мощности из состава поверяемого рабочего эталона; 5 – установка для измерений спектральных характеристик приемников и источников ГЭТ 170.

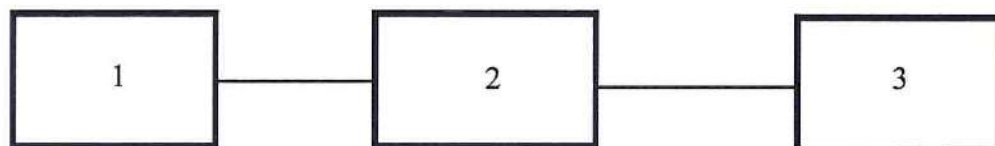
Рисунок 3 – Схема установки для измерения относительной спектральной характеристики измерителя мощности из состава поверяемого рабочего эталона

10.1.3.2 При измерении спектральной характеристики для измерителя оптической мощности из состава поверяемого рабочего эталона устанавливают те же значения длин волн, что и на счетчике монохроматора.

10.1.3.3 Проводят операции по п. 10.1.3.1 – 10.1.3.2 настоящей методики для остальных измерительных преобразователей ИОМ поверяемого рабочего эталона.

10.2 Определение длин волн источников излучения

10.2.1 Измерение длин волн источников излучения из состава поверяемого рабочего эталона проводят на установке для измерений спектральных характеристик приемников и источников ГЭТ 170 в соответствии с его РЭ. Для этого подключают источник излучения из состава поверяемого рабочего эталона к установке, как показано на рисунке 4. В соответствии с РЭ на рабочий эталон устанавливают максимальное значение уровня мощности источника оптического излучения и проводят измерение длины волны $\lambda_{p,i}$, нм, в соответствии с РЭ на ГЭТ 170. Операцию проводят не менее 3 раз.



1 – источник излучения из состава поверяемого рабочего эталона;

2 – монохроматор из состава ГЭТ 170; 3 – опорный приемник из состава ГЭТ 170

Рисунок 4 – Схема установки для измерения длин волн источников излучения из состава поверяемого рабочего эталона

10.2.2 Проводят операции по п. 10.2.1 настоящей методики для всех источников излучения поверяемого рабочего эталона.

10.3 Определение мощности и нестабильности мощности оптического излучения на выходе источников излучения

10.3.1 Проводят предварительный прогрев источника излучения из состава поверяемого рабочего эталона на длине волны 1310 нм в течение 30 мин.

10.3.2 Подают оптическое излучение на той же длине волны от источника излучения на оптический вход фотоэлектрического ваттметра блока регистрации компаратора средней мощности оптического излучения в ВОСП ГЭТ 170 с помощью волоконно-оптического кабеля.

10.3.3 Регистрируют показания фотоэлектрического ваттметра компаратора в течение 15 мин с интервалом в 1 мин.

10.3.4 Проводят операции по п. 10.3.1 – 10.3.3 настоящей методики для всех источников излучения поверяемого рабочего эталона.

10.3.5 Нестабильность уровня выходной мощности определяется алгоритмом обработки результатов измерений в ПО компаратора средней мощности оптического излучения в ВОСП ГЭТ 170. Алгоритм обработки результатов измерений приведен в пункте 11.6 настоящей методики.

10.4 Определение времени нарастания переходной характеристики преобразователя фотоэлектрического измерительного

10.4.1 Определение времени нарастания переходной характеристики преобразователя фотоэлектрического измерительного проводят с помощью блока лазерных источников излучения из состава ГЭТ 170, модулированных с помощью генератора временных интервалов PG-1072 из состава ГЭТ 170, а также осциллографа цифрового запоминающего, время нарастания/спада которого меньше определяемой характеристики. Собирают установку, приведенную на рисунке 5. Для этого подключают выход преобразователя фотоэлектрического измерительного ПР-3И из состава поверяемого рабочего эталона коаксиальным кабелем к осциллографу цифровому запоминающему с нагрузкой 50 Ом. Подключают оптический выход преобразователя волоконно-оптическим кабелем к блоку лазерных источников излучения из состава эталонной аппаратуры для

воспроизведения и передачи единиц длины и времени распространения сигнала в оптическом волокне ГЭТ 170 с источником излучения с номинальной длиной волны 1550 нм. Производят модуляцию оптического излучения с помощью генератора временных интервалов PG-1072 из состава ГЭТ 170 в соответствии с правилами содержания и применения эталона ГЭТ 170.



- 1 – генератор временных интервалов PG-1072 из состава ГЭТ 170;
 2 – блок лазерных источников излучения из состава ГЭТ 170; 3 – преобразователь фотоэлектрический измерительный из состава поверяемого рабочего эталона;
 4 – осциллограф цифровой запоминающий

Рисунок 5 – Схема установки для измерения времени нарастания переходной характеристики преобразователя фотоэлектрического измерительного

10.4.2 Получают устойчивую осциллограмму сигнала электронно-оптического преобразователя на осциллографе и определяют время нарастания переходной характеристики преобразователя $\tau_{ф.и}$, нс, равное длительности переднего фронта импульса по уровню от 10 до 90 % (измеряют с помощью осциллографа в соответствии с его РЭ). Операцию проводят не менее 3 раз.

10.4.3 Проводят операции по п. 10.4.2 настоящей методики для длины волны оптического излучения 850 нм для преобразователя фотоэлектрического измерительного ПР-3К из состава поверяемого рабочего эталона.

10.5 Определение относительной погрешности измерений относительной спектральной характеристики опорного приёмника в рабочем диапазоне длин волн

Проводят операции по п. 10.1.3 настоящей методики для измерителя оптической мощности поверяемого рабочего эталона, используемого в качестве опорного приемника.

10.6 Определение абсолютной погрешности градуировки монохроматора по шкале длин волн

10.6.1 На входную щель монохроматора из состава поверяемого рабочего эталона устанавливают насадку с оптическим разъемом из состава монохроматора и посредством волоконно-оптического кабеля подсоединяют к ней оптический разъем лазера с номинальной длиной волны 520 нм из состава комплекта источников оптического излучения эталонной аппаратуры для воспроизведения и передачи единиц средней мощности и ослабления в ВОСП ГЭТ 170. Подсоединяют к выходной щели монохроматора волоконно-оптический кабель, соединенный другим разъемом с оптическим входом измерителя оптической мощности поверяемого рабочего эталона, используемого в качестве опорного приемника. Включают излучение лазера.

10.6.2 В соответствии с эксплуатационной документацией на поверяемый рабочий эталон на монохроматоре поверяемого рабочего эталона запускают процедуру измерения длины волны источника излучения и определяют значение длины волны включенного лазера $\lambda_{i,j}$, нм. Операцию проводят не менее 3 раз.

10.6.3 Проводят операции по п. 10.6.1 – 10.6.2 настоящей методики для лазеров из состава комплекта источников оптического излучения эталонной аппаратуры для воспроизведения и передачи единиц средней мощности и ослабления в ВОСП ГЭТ 170 с номинальными длинами волн 1064 и 1650 нм.

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 Обработка результатов передачи единицы средней мощности оптического излучения от компаратора средней мощности оптического излучения в ВОСП ГЭТ 170 измерителю оптической мощности из состава поверяемого рабочего эталона

11.1.1 Вычисляют среднее арифметическое P_0 и P , Вт, для полученных в п. 10.1 настоящей методики значений P_{0i} и P_i , Вт, по формулам:

$$P_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_{0i}, \quad (1)$$

$$P = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \quad (2)$$

где n – количество измерений.

11.1.2 Определяют значение относительной систематической погрешности измерений средней мощности оптического излучения θ_1 , %, на длинах волн градуировки по формуле:

$$\theta_1 = 100 \cdot \frac{P - P_0}{P_0}. \quad (3)$$

11.1.3 Определяют значение среднеквадратического отклонения среднего арифметического результатов измерений средней мощности оптического излучения поверяемым рабочим эталоном S_1 , %, на длинах волн градуировки по формуле:

$$S_1 = 100 \cdot \frac{\sqrt{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \sum_{i=1}^n (P_i - P)^2}}{P}. \quad (4)$$

11.1.4 Полученные значения θ_1 и S_1 применяют при расчете погрешностей измерений мощности в пункте 11.4 настоящей методики.

11.2 Обработка результатов измерений нелинейности измерителя оптической мощности из состава поверяемого рабочего эталона

11.2.1 Определяют значение нелинейности θ_{Li} , %, по формуле:

$$\theta_{Li} = 100 \cdot \left(\frac{P_{\Sigma i}}{P_{1i} + P_{2i}} - 1 \right) \quad (5)$$

11.2.2 Вычисляют значение общей нелинейности, последовательно суммируя локальные i -е значения нелинейности, начиная от точки P_0 ($i=0$), где нелинейность равна нулю, по формулам:

$$\theta_L(P_n) = - \sum_{i=0}^{n+1} \theta_{Li}, \quad n = -1, -2, -3 \dots; \quad (6)$$

$$\theta_L(P_0) = 0, \quad (7)$$

$$\theta_L(P_n) = + \sum_{i=0}^n \theta_{Li}, \quad n = 1, 2, 3 \dots; \quad (8)$$

где $n < 0$ соответствует значениям мощности меньше P_0 ;

$n > 0$ соответствует значениям мощности больше P_0 ;

θ_{Li} – локальное значение нелинейности на i -м шаге ($i=0$ для шага, где $P_{\text{АБ}} = P_0$).

11.2.3 Вычисляют значение нелинейности θ_{0L} , %, по отношению к исходному значению мощности P_0 , Вт, при котором проводилась передача единицы средней мощности измерителю оптической мощности из состава поверяемого рабочего эталона на данной длине волны, по формуле:

$$\theta_{0L} = \max(|\theta_L(P_n)|) \quad (9)$$

11.2.4 Вычисляют значение нелинейности θ_L , %, в диапазоне измерений измерителя оптической мощности из состава поверяемого рабочего эталона по формуле:

$$\theta_L = \max(\theta_L(P_n)) - \min(\theta_L(P_n)) \quad (10)$$

где $\theta_L(P_n)$, %, определяются по формулам (6) – (8).

11.2.5 Проводят обработку результатов измерений с помощью программы расчета нелинейности из состава ГЭТ 170 для каждой длины волны и для каждой декады отдельно. В результате получают значения нелинейности Δ_{ij} в i -й точке ($i=1,2,3,4$; $N=4$ – максимальное число суммирований на каждой декаде) j -й декады.

11.2.6 Пересчет значений нелинейности θ_{Lij} , %, проводят в соответствии с

формулой:

$$\theta_{lij} = \theta_{ij} + \theta_{лij} \quad (11)$$

где θ_{ij} – значение нелинейности в i -й точке ($i=1,2,3,4$; $N=4$) j -го диапазона, полученное после расчета нелинейности по программе обработки, %;

$\theta_{лij}$ – результирующее (приведенное к общей прямой) значение нелинейности в i -й точке ($i=1,2,3,4$; $N=4$) j -го диапазона, $\theta_{лN0}=0$, %.

11.2.7 Определяют значение составляющей погрешности $\theta_{л}$, %, обусловленной нелинейностью измерителя оптической мощности из состава поверяемого рабочего эталона, по формуле:

$$\theta_{л} = \max(\theta_{lij}) - \min(\theta_{lij}) \quad (12)$$

11.2.8 Операции по 11.2.1 - 11.2.7 проводят для всех рабочих длин волн, на которых производилось определение нелинейности.

11.3 Обработка результатов измерений спектральной характеристики измерителей оптической мощности из состава поверяемого рабочего эталона.

Определяют неравномерность спектральной характеристики θ_c , %, в каждом спектральном диапазоне по формуле

$$\theta_c = \frac{S_{max} - S_{min}}{2}, \quad (13)$$

где S_{max} ; S_{min} – соответственно максимальное и минимальное значения относительной спектральной характеристики в каждом спектральном диапазоне, %, полученные в п. 10.1.3 настоящей методики.

11.4 Обработка результатов определения диапазона измерений средней мощности оптического излучения, относительной погрешности измерений средней мощности оптического излучения на длинах волн градуировки, относительной погрешности измерений средней мощности оптического излучения в рабочем спектральном диапазоне, относительной погрешности измерений относительных уровней мощности

11.4.1 Определяют значение суммарной относительной погрешности Δ_K , %, измерений средней мощности оптического излучения на длинах волн градуировки по формуле:

$$\Delta_K = 2 \cdot \sqrt{\frac{1,21 \cdot (\theta^2 + \theta_1^2 + \theta_{0л}^2)}{3} + S^2 + S_{п}^2 + S_1^2} \quad (14)$$

где S – случайная составляющая погрешности компаратора, выраженная в виде СКО, %;

θ – НСП компаратора, %;

$S_{п}$ – СКО передачи единицы средней мощности от компаратора, %;

θ_1 – относительная систематическая погрешность измерений средней мощности оптического излучения, % (п. 11.1.2 настоящей методики);

S_1 – СКО среднего арифметического результатов измерений средней мощности оптического излучения, % (пункт 11.1.3 настоящей методики);

$\theta_{0л}$ – погрешность, обусловленная нелинейностью измерителя оптической мощности из состава поверяемого рабочего эталона, % (для длины волны 650 нм применяют значение, полученное для 850 нм, для длины волны 1300 нм применяют значение, полученное для 1310 нм, для длин волн 1490, 1577, 1625 и 1650 нм применяют значение, полученное для 1550 нм) (пункт 11.2.3 настоящей методики).

Значения S , θ и $S_{п}$ приведены в протоколе аттестации ГЭТ 170.

11.4.2 Определяют значение относительной погрешности измерений средней мощности оптического излучения в рабочем спектральном диапазоне Δ_c , %, по формуле:

$$\Delta_c = 2 \cdot \sqrt{\frac{1,21 \cdot (\theta^2 + \theta_1^2 + \theta_{0л}^2 + \theta_c^2 + \theta_{c0}^2)}{3} + S^2 + S_{п}^2 + S_1^2}, \quad (15)$$

где $\theta_{с0}$ – основная погрешность установки для измерений спектральных характеристик ГЭТ 170, % (3%);

$\theta_{с}$ – неравномерность спектральной характеристики, % (пункт 11.3 настоящей методики).

11.4.3 Определяют значение относительной погрешности измерений относительных уровней мощности $\Delta_{отн}$ по формуле:

$$\Delta_{отн} = 2 \cdot \sqrt{\frac{\theta_{\lambda}^2}{3} + S_1^2}, \quad (16)$$

где θ_{λ} – погрешность, обусловленная нелинейностью измерителя оптической мощности из состава поверяемого рабочего эталона, % (для длины волны 650 нм применяют значение, полученное для 850 нм, для длины волны 1300 нм применяют значение, полученное для 1310 нм, для длин волн 1490, 1577, 1625 и 1650 нм применяют значение, полученное для 1550 нм) (пункт 11.2.7 настоящей методики).

11.4.4 Поверяемый рабочий эталон считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если диапазон измерений средней мощности оптического излучения не меньше, а относительная погрешность измерений средней мощности оптического излучения на длинах волн градуировки, относительная погрешность измерений средней мощности оптического излучения в рабочем спектральном диапазоне и относительная погрешность измерений относительных уровней мощности не превышает значений, приведенных в таблице 1.

11.5 Обработка результатов измерений длин волн источников излучения

11.5.1 Для полученных в пункте 10.2 настоящей методики результатов измерений λ_{p_i} , нм, определяют среднее арифметическое значение измерений длин волн λ_p , нм

$$\lambda_p = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_{p_i}}{n}, \quad (17)$$

где n – количество измерений длины волны.

11.5.2 Поверяемый рабочий эталон считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если значения рабочих длин волн оптического излучения находятся в пределах, приведенных в таблице 1.

11.6 Обработка результатов измерений мощности и нестабильности мощности оптического излучения на выходе источников излучения

11.6.1 Определяют значение нестабильности мощности источника $\theta_{и}$, %, по формуле

$$\theta_{и} = 2 \cdot \frac{(P_{max} - P_{min})}{(P_{max} + P_{min})} \cdot 100 \quad (18)$$

где P_{max} и P_{min} – максимальное и минимальное значения мощности соответственно, полученные в п. 10.3 настоящей методики, мВт.

11.6.2 За среднюю мощность источника излучения принимается значение P_{min} , мВт.

11.6.3 Поверяемый рабочий эталон считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если мощность превышает, а нестабильность мощности оптического излучения на выходе источников излучения не превышает значений, приведенных в таблице 1.

11.7 Обработка результатов измерений времени нарастания переходной характеристики преобразователя фотоэлектрического измерительного

11.7.1 Для полученных в пункте 10.4 настоящей методики результатов измерений $\tau_{ф_i}$, нс, определяют среднее арифметическое значение времени нарастания переходной характеристики $\tau_{ф}$, нс, с помощью соотношения:

$$\tau_{\phi} = \frac{\sum_{i=1}^n \tau_{\phi-i}}{n}, \quad (19)$$

где n – количество измерений времени нарастания переходной характеристики.

11.7.2 Поверяемый рабочий эталон считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если значение времени нарастания переходной характеристики находится в пределах, приведенных в таблице 1.

11.8 Обработка результатов измерений относительной спектральной характеристики опорного приёмника в рабочем диапазоне длин волн

11.8.1 В качестве значений относительной погрешности измерений относительной спектральной характеристики принимается значение неравномерности спектральной характеристики измерителя оптической мощности поверяемого рабочего эталона, используемого в качестве опорного приемника, определённое в п. 11.3.

11.8.3 Поверяемый рабочий эталон считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если значения относительной погрешности измерений относительной спектральной характеристики для всех спектральных диапазонов находятся в пределах, приведенных в таблице 1.

11.9 Обработка результатов определения абсолютной погрешности градуировки монохроматора по шкале длин волн

11.9.1 Для полученных в пункте 10.6 настоящей методики результатов измерений $\lambda_{i,j}$, нм, определяют средние арифметические значения длин волн лазеров из состава комплекта источников оптического излучения эталонной аппаратуры для воспроизведения и передачи единиц средней мощности и ослабления в ВОСП ГЭТ 170 λ_j , нм, измеренных с помощью монохроматора из состава поверяемого рабочего эталона:

$$\lambda_j = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_{i,j}}{n}, \quad (20)$$

где n – количество измерений длин волн;

j – номер лазера, для которого проводились измерения.

11.9.2 Определяют абсолютную погрешность градуировки монохроматора по шкале длин волн Δ_{S-j} , нм, по формуле:

$$\Delta_{S-j} = |\lambda_j - \lambda_{0-j}|, \quad (21)$$

где λ_{0-j} – значения длины волны лазеров из состава комплекта источников оптического излучения эталонной аппаратуры для воспроизведения и передачи единиц средней мощности и ослабления в ВОСП ГЭТ 170, приведенные в эксплуатационной документации на ГЭТ 170.

11.9.3 Поверяемый рабочий эталон считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если значения абсолютной погрешности градуировки монохроматора по шкале длин волн находятся в пределах, приведенных в таблице 1.

12 Оформление результатов поверки

12.1 Результаты поверки оформляются протоколом поверки. Рекомендуемая форма протокола поверки приведена в приложении А. Протокол может храниться на электронных носителях.

12.2 Рабочие эталоны считаются прошедшими поверку с положительным результатом и допускаются к применению в качестве рабочего эталона в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 06.08.2024 № 1804, если все операции поверки пройдены с положительным результатом и полученные значения метрологических характеристик удовлетворяют требованиям к рабочему эталону в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 06.08.2024 № 1804, а также соблюдены требования по защите средства измерений от

несанкционированного вмешательства. В ином случае рабочие эталоны считаются прошедшими поверку с отрицательным результатом и не допускаются к применению.

12.3 По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, с учетом требований методики поверки аккредитованное на поверку лицо, проводившее поверку, в случае положительных результатов поверки (подтверждено соответствие средств измерений метрологическим требованиям к рабочему эталону) выдает свидетельство о поверке, оформленное в соответствии с требованиями к содержанию свидетельства о поверке, утвержденными приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 31.07.2020 № 2510. Нанесение знака поверки на рабочие эталоны не предусмотрено.

12.4 По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, с учетом требований методики поверки аккредитованное на поверку лицо, проводившее поверку, в случае отрицательных результатов поверки (не подтверждено соответствие средств измерений метрологическим требованиям к рабочему эталону) выдает извещение о непригодности к применению средств измерений.

12.5 Сведения о результатах поверки (как положительных, так и отрицательных) передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. В случае, если по результатам поверки средство измерений соответствует обязательным требованиям к рабочему эталону, в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений передаются сведения, как о средстве измерений, применяемом в качестве эталона, с приложением протокола поверки.

Начальник лаборатории отделения Ф-3



И.С. Королев

Старший научный сотрудник отделения Ф-3



А.И. Глазов

Приложение А
(Рекомендуемое)
Форма протокола поверки

ПРОТОКОЛ ПЕРВИЧНОЙ (ПЕРИОДИЧЕСКОЙ) ПОВЕРКИ №
от _____ 20__ г.

**Рабочий эталон средней мощности оптического излучения в волоконно-
оптических системах передачи РЭСМ-ВС-М**
(регистрационный № _____, год выпуска 2024)

Заводской номер:

Изготовитель: ФГБУ «ВНИИОФИ»

Владелец СИ:

Применяемые эталоны:

Применяемая методика поверки: МП 046.ФЗ-24 «ГСИ. Рабочие эталоны средней мощности оптического излучения в волоконно-оптических системах передачи РЭСМ-ВС-М. Методика поверки»

Место проведения поверки:

Условия поверки:

- температура окружающей среды:
- относительная влажность воздуха:
- атмосферное давление:
- напряжение сети питания:
- частота сети питания:

Проведение поверки:

1. Внешний осмотр:
2. Опробование:
3. Идентификация программного обеспечения:
4. Определение метрологических характеристик:

Полученные результаты определения метрологических характеристик:

Таблица А.1 – Результаты определения метрологических характеристик

Метрологическая характеристика	Требования	Измеренное значение	Результат (соответствие)
Диапазон измерений средней мощности оптического излучения, Вт:	от $1 \cdot 10^{-10}$ до 1		
Рабочий спектральный диапазон, нм	от 500 до 1660		
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений средней мощности оптического излучения на длинах волн градуировки ¹⁾ , %	± 2		
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений средней мощности оптического излучения в рабочем спектральном диапазоне, %	± 5		
Пределы допускаемой относительной	± 1		

Метрологическая характеристика	Требования	Измеренное значение	Результат (соответствие)
погрешности измерений относительных уровней мощности оптического излучения ²⁾ , %			
Длины волн источников излучения, нм	850±10 1300±10 ³⁾ 1310±5 1310±10 ⁴⁾ 1490±5 1550±5 1625±5 1650±5 ⁵⁾		
Мощность оптического излучения на выходе источников излучения, мВт, не менее: источники стандартной мощности источник повышенной мощности	2,5 80		
Нестабильность мощности излучения источников за 15 минут, %, не более: источники стандартной мощности источник повышенной мощности	0,3 1,0		
Время нарастания переходной характеристики преобразователя фотоэлектрического измерительного, нс, не более	1		
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений относительной спектральной характеристики опорного приёмника в рабочем диапазоне длин волн, %	±5		
Пределы допускаемой абсолютной погрешности градуировки монохроматора по шкале длин волн, нм	±1		
¹⁾ Длины волн градуировки соответствуют длинам волн источников излучения РЭСМ-ВС-М; ²⁾ В диапазоне измерений средней мощности оптического излучения от $1 \cdot 10^{-10}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ Вт или от $1 \cdot 10^{-7}$ до 1 Вт; ³⁾ Только для РЭСМ-ВС-М зав.№ 69; ⁴⁾ Источник повышенной мощности; ⁵⁾ Только для РЭСМ-ВС-М зав.№ 70.			

5. Заключение по результатам поверки:

Поверитель:

Подпись Фамилия И.О.

Руководитель:

Подпись Фамилия И.О.