

СОГЛАСОВАНО



Директор  
ФГБУ «ВНИИОФИ»

И.С. Филимонов  
2023 г.

**«ГСИ. Тестеры оптические ОТ-3-2.**

**Методика поверки»**

**МП 014.Ф3-23**

Главный метролог  
ФГБУ «ВНИИОФИ»

С.Н. Негода  
«15» 03 2023 г.

Главный научный сотрудник  
ФГБУ «ВНИИОФИ»

В.Н. Крутиков  
«15» 03 2023 г.

Москва  
2023 г.

## 1 Общие положения

1.1 Настоящая методика распространяется на тестеры оптические ОТ-3-2 (далее – тестеры) и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверки. Тестеры предназначены для воспроизведения, хранения и передачи единиц средней мощности и ослабления оптического излучения для волоконно-оптических систем связи и передачи информации (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 в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 05.12.2019 № 2862 (далее - ГПС), к государственному первичному специальному эталону единиц длины и времени распространения сигнала в световоде, средней мощности, ослабления и длины волны оптического излучения для волоконно-оптических систем передачи информации ГЭТ 170-2011 (далее – ГЭТ 170). Поверка тестера выполняется методом прямых измерений.

1.3 Метрологические характеристики тестеров приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Длины волн источников излучения, нм <sup>1)</sup>	$650 \pm 10, 850 \pm 10, 1300 \pm 5, 1310 \pm 5, 1490 \pm 5, 1550 \pm 5, 1577 \pm 5, 1625 \pm 5, 1650 \pm 5$
Максимальная мощность непрерывного оптического излучения на выходе источников излучения для длин волн, мВт, не менее:	
- 650, 850, 1300 нм	2
- 1310, 1550 нм	10
- 1490, 1625 нм	6
- 1650 нм	5
- 1577 нм	1
Нестабильность уровня оптической мощности источников излучения за 15 минут, дБ, не более:	
- 650 нм	0,1
- 850 нм	0,02
- 1300, 1310, 1490, 1550, 1625, 1650 нм	0,005
- 1577 нм	0,01
Рабочий спектральный диапазон измерений оптической мощности, нм с ОЭП SPM-2	от 600 до 1700
с ОЭП SPM-3	от 750 до 1700
Диапазон измерений оптической мощности, Вт: с ОЭП SPM-2	
- в диапазоне длин волн от 600 до 750 нм включ.	от $1 \cdot 10^{-6}$ до $1 \cdot 10^{-2}$
- в диапазоне длин волн св. 750 до 1100 нм включ.	от $1 \cdot 10^{-9}$ до $2 \cdot 10^{-3}$
- в диапазоне длин волн св. 1100 до 1670 нм включ.	от $1 \cdot 10^{-11}$ до $1 \cdot 10^{-2}$
- в диапазоне длин волн св. 1670 до 1700 нм	от $1 \cdot 10^{-9}$ до $1 \cdot 10^{-2}$
Диапазон измерений оптической мощности, Вт: с ОЭП SPM-3	
- в диапазоне длин волн от 750 до 1100 нм включ.	от $1 \cdot 10^{-7}$ до $2 \cdot 10^{-3}$
- в диапазоне длин волн св. 1100 до 1670 нм включ.	от $1 \cdot 10^{-8}$ до 0,5
- в диапазоне длин волн св. 1670 до 1700 нм	от $1 \cdot 10^{-7}$ до 0,5

Продолжение таблицы 1

Наименование характеристики	Значение
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений оптической мощности на длинах волн градуировки <sup>2)</sup> , %: с ОЭП SPM-2 - 650 нм - 850 нм - от 1271 до 1650 нм в диапазоне оптической мощности св. $9,5 \cdot 10^{-11}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ Вт в диапазоне оптической мощности от $1 \cdot 10^{-11}$ до $9,5 \cdot 10^{-11}$ Вт включ. с ОЭП SPM-3 - 850 нм - от 1271 до 1650 нм	$\pm 7$ $\pm 3$ $\pm 3$ $\pm 5$ $\pm 3$ $\pm 3$
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений относительных уровней оптической мощности, % с ОЭП SPM-2 - 850 нм - от 1271 до 1650 нм в диапазоне оптической мощности св. $1 \cdot 10^{-10}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ Вт в диапазоне оптической мощности от $1 \cdot 10^{-11}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ Вт <sup>3)</sup>	$\pm 0,8$ $\pm 0,8$ $\pm 1,5$ $\pm 0,8$
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений оптической мощности в рабочем спектральном диапазоне, % с ОЭП SPM-2 - в диапазоне длин волн от 600 до 750 нм включ. - в диапазоне длин волн св. 750 до 1100 нм включ. - в диапазоне длин волн св. 1100 до 1670 нм включ. в диапазоне оптической мощности св. $9,5 \cdot 10^{-11}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ Вт в диапазоне оптической мощности от $1 \cdot 10^{-11}$ до $9,5 \cdot 10^{-11}$ Вт включ. - в диапазоне длин волн св. 1670 до 1700 нм	$\pm 10$ $\pm 5$ $\pm 5$ $\pm 8$ $\pm 5$
с ОЭП SPM-3 - в диапазоне длин волн от 750 до 1100 нм включ. - в диапазоне длин волн св. 1100 до 1670 нм включ. - в диапазоне длин волн св. 1670 до 1700 нм	$\pm 8$ $\pm 5$ $\pm 5$
Примечания: 1) В тестеры ОТ-3-2 устанавливается от 3 до 8 источников излучения с выбранными длинами волн в соответствии с заказом; 2) Длины волн градуировки соответствуют длинам волн источников излучения тестера ОТ-3-2; 3) Если номинальное значение хотя бы одного из измеряемых уровней оптической мощности находится в диапазоне от $1 \cdot 10^{-11}$ до $1 \cdot 10^{-10}$ Вт включ.	

## 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
	первой поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Подготовка к поверке и опробование	Да	Да	8
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик			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 рабочего спектрального диапазона измерений оптической мощности	Да	Да	10.1
Определение длин волн излучения источников	Да	Да	10.2
Определение мощности излучения на выходе источников и нестабильности уровня оптической мощности источников излучения	Да	Да	10.3
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	11

2.2 Не допускается проведение поверки отдельных измерительных каналов, меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений.

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

### 3 Требования к условиям поведения 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 198 до 242;
- частота питающей сети, Гц от 49 до 51.

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 тестеров и средств поверки, а также их правила хранения и применения, изучившие правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, указанные в приложении к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 15.12.2020 № 903н, и имеющих опыт работы с высокоточными средствами измерений в области волоконно-оптических систем передачи информации; 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 применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 8.2 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне от 15 °С до 25 °С с абсолютной погрешностью не более 0,2 °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне до 80 % с абсолютной погрешностью не более 2 %; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 84 до 106 кПа с абсолютной погрешностью не более 0,13 кПа	Приборы контроля параметров воздушной среды «Метеометр МЭС-200А», рег. № 27468-04
	Средства измерений частоты переменного тока от 40 до 60 Гц с относительной погрешностью не более 0,01 %; Средства измерений напряжения переменного тока до 600 В с относительной погрешностью не более 0,1 %	Вольтметры универсальные НМ8112-3S, рег. № 50576-12
п.п. 10.1, 10.2, 10.3	Эталон единицы мощности оптического излучения в ВОСП уровня не ниже государственного первичного специального эталона по государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Росстандарта от 05.12.2019 № 2862, 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. СКО не более $2 \cdot 10^{-4}$ НСП не более $3 \cdot 10^{-4}$ .	Государственный первичный специальный эталон единиц длины и времени распространения сигнала в световоде, средней мощности, ослабления и длины волны оптического излучения для волоконно-оптических систем передачи информации ГЭТ 170 (далее – ГЭТ 170)

Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.

5.2 Средства измерений, используемые при проведении поверки, должны быть аттестованы (проверены) в установленном порядке.

## **6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки**

6.1 При проведении поверки соблюдаются 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, нормами и правилами устройства и эксплуатации лазеров по ГОСТ 31581-2012. 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 системы должна быть защищена от колебаний и пиков сетевого напряжения, искровые генераторы не должны устанавливаться вблизи поверяемого тестера.

6.3 Помещение, в котором проводится поверка, должно соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91.

## **7 Внешний осмотр средства измерений**

7.1 Комплектность поверяемого тестера должна соответствовать комплектности, приведенной в нормативной документации: руководства по эксплуатации (далее - РЭ) и описание типа (далее - ОТ).

7.2 При внешнем осмотре должно быть установлено:

- наличие маркировки, подтверждающей тип и идентифицирующей поверяемый тестер;
- отсутствие на наружных поверхностях поверяемого тестера повреждений, влияющих на его работоспособность;
- отсутствие ослаблений элементов конструкции, сохранность пломб, чистота разъемов;
- целостность волоконно-оптических кабелей и разъемов.

7.3 Тестер считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если корпус, внешние элементы, органы управления и индикации не повреждены, отсутствуют механические повреждения и ослабления элементов конструкции, а комплектность тестера соответствует таблице состава РЭ и ОТ.

## **8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений**

8.1 Устанавливают на рабочем месте ГЭТ 170 поверяемый тестер.

8.2 Осуществляют контроль условий поверки посредством измерения параметров окружающей среды – температуры и влажности воздуха, атмосферного давления прибором контроля параметров воздушной среды и измерения параметров электрической сети – напряжения и частоты тока универсальным вольтметром.

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

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

8.5 Тестер считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если его программное обеспечение (далее – ПО) запускается и отображается на его экране в виде соответствующего окна приложения согласно описанию в РЭ.

## 9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 Проверяют соответствие заявленных идентификационных данных ПО сведениям, приведенным в ОТ на тестеры. Для этого включают тестер, в появившемся рабочем окне программы, в строке статуса отображаются идентификационные данные ПО.

9.2 Тестер считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если идентификационные данные ПО соответствуют значениям, приведенным в таблице 4.

Таблица 4 – Идентификационные данные ПО

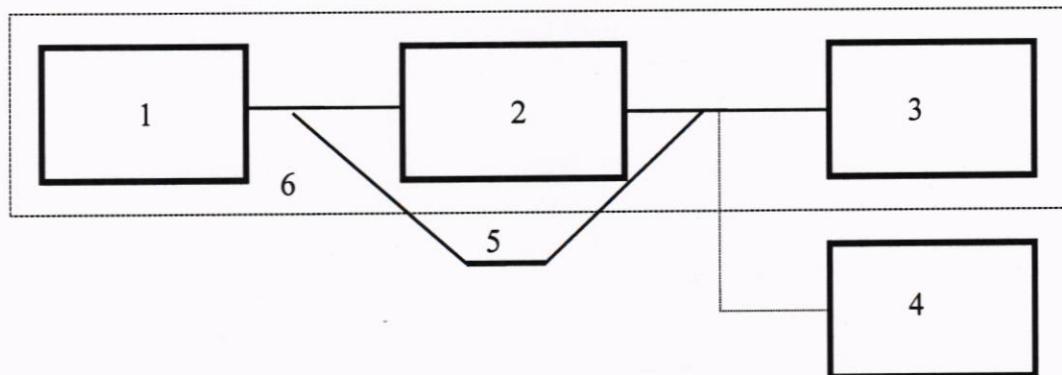
Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	от-3-2
Номер версии (идентификационный номер) ПО	5.8.0.0 и выше
Цифровой идентификатор ПО	-

## 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, рабочего спектрального диапазона измерений оптической мощности, 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 поверяемому тестеру.

10.1.1.1 Собирают установку согласно схеме, приведенной на рисунке 1.



1 – источник излучения поверяемого тестера; 2 - оптический аттенюатор; 3 – ОЭП поверяемого тестера; 4 – измеритель мощности из состава компаратора средней мощности оптического излучения ГЭТ 170; 5 - волоконно-оптический кабель; 6 – поверяемый тестер

Рисунок 1 – Блок-схема установки для передачи единицы средней мощности оптического излучения от компаратора на основе калориметрического приемника ГЭТ 170 тестеру

10.1.1.2 Переводят поверяемый тестер в режим измерений на длине волны 1310 нм.

10.1.1.3 Выход оптического аттенюатора подключают волоконно-оптическим кабелем к входу оптоэлектронного преобразователя (далее – ОЭП) тестера и регулированием ослабления аттенюатора 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 ОЭП тестера и подсоединяют его ко входу калориметрического приемника компаратора.

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

10.1.1.6 Сразу после измерения мощности с помощью компаратора отсоединяют волоконно-оптический кабель от приемника компаратора, подсоединяют кабель ко входу ОЭП тестера и регистрируют показания тестера  $P_1$ .

10.1.1.7 Проводят операции по 10.1.1.4 – 10.1.1.6 еще четыре раза, регистрируя показания компаратора  $P_{0i}$  и поверяемого тестера  $P_i$ .

10.1.1.8 Проводят операции по 10.1.1.2 – 10.1.1.7 на остальных длинах волн градуировки.

10.1.1.9 Проводят операции по 10.1.1.2 – 10.1.1.8 для второго ОЭП поверяемого тестера (при наличии).

10.1.2 Определение составляющей погрешности, обусловленной нелинейностью тестера

10.1.2.1 Измерение нелинейности тестера 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, возможны две реализации метода. Первую реализацию – с удвоением сигнала – применяют, при измерении результирующей нелинейности во всем диапазоне измерений поверяемого тестера, см. 10.1.2.4. Вторую реализацию – с детализацией внутри десятичного поддиапазона измерений (декады) – применяют при необходимости более точного измерения нелинейности в узком диапазоне измерений, см. 10.1.2.5.

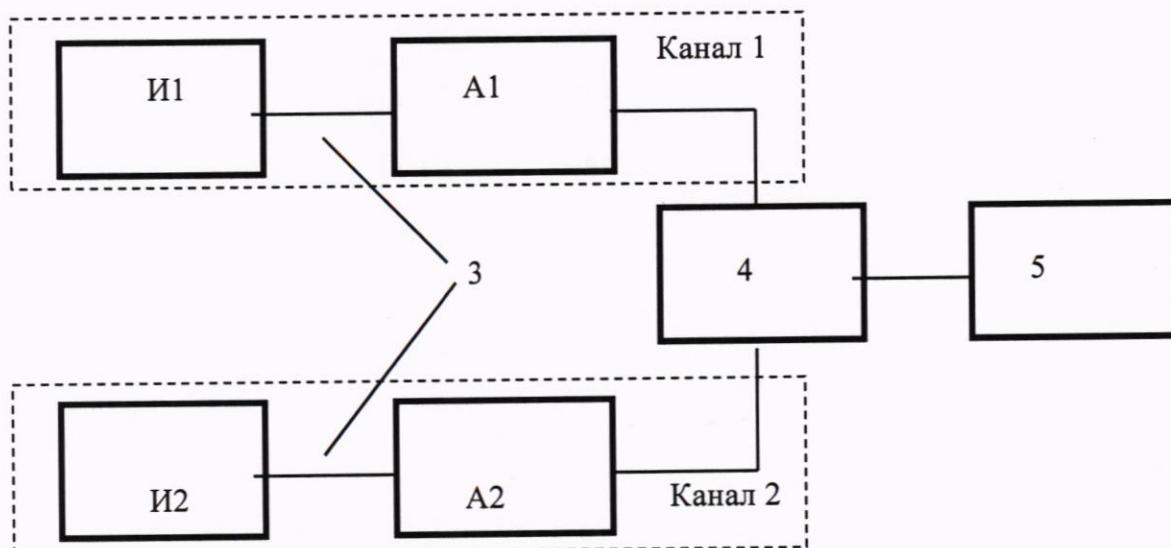


Рисунок 2 – Блок-схема установки для измерений нелинейности приемников оптического излучения в ВОСП ГЭТ 170

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; 4 – разветвитель волоконно-оптический; 5 - измеритель мощности поверяемого тестера

10.1.2.4 Измерение нелинейности с удвоением сигнала

10.1.2.4.1 Подготавливают установку к работе на длине волны 850 нм.

10.1.2.4.2 Устанавливают ослабление аттенюаторов A1 и A2 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  $P_0$ , при котором проводится передача единицы средней мощности измерителю поверяемого тестера на данной длине волны (пункт 10.1.1).

10.1.2.4.3 Закрывают затворы обоих каналов и устанавливают нулевые показания измерителя мощности поверяемого тестера.

10.1.2.4.4 Открывают затвор канала 1 и регистрируют показания тестера  $P_{1i}$ .

10.1.2.4.5 Открывают затвор канала 2 и регистрируют показания тестера  $P_{\Sigma i}$  при обоих открытых затворах.

10.1.2.4.6 Закрывают затвор канала A и регистрируют показания тестера  $P_{2i}$ .

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

10.1.2.4.8 Повторяют операции по 10.1.2.4.3 – 10.1.2.4.7 для всего диапазона измерений мощности, поверяемого тестер.

10.1.2.4.9 Проводят операции по 10.1.2.4.3 – 10.1.2.4.8 на длине волны 1550 нм.

10.1.2.4.10 Проводят операции по 10.1.2.4.3 – 10.1.2.4.9 для второго ОЭП поверяемого тестера (при наличии).

10.1.2.5 Измерение нелинейности с детализацией внутри декады

10.1.2.5.1 Подготавливают установку к работе на длине волны 850 нм.

10.1.2.5.2 Включают канал 1, открыв затвор аттенюатора A1 (рисунок 2). Выключают канал 2, закрыв затвор аттенюатора A2. Регулированием ослабления аттенюатора A1 устанавливают показания поверяемого прибора  $P_{11}$  (первый индекс соответствует номеру канала, второй – номеру измерений) таким образом, чтобы выполнялось условие:

$$1,2 \cdot P_{\min} \leq P_{11} \leq 1,5 \cdot P_{\min},$$

где  $P_{\min}$  – нижний предел диапазона мощности, в котором необходимо измерить нелинейность для поверяемого прибора. Регистрируют точное значение  $P_{11}$ .

10.1.2.5.3 Включают канал 2, открыв затвор аттенюатора A2 (канал 1 остается включенным, ослабление в нем не меняется). Регулированием ослабления аттенюатора A2 устанавливают показания поверяемого прибора  $P_{\Sigma 1}$  таким образом, чтобы выполнялось условие:

$$2,5 \cdot P_{\min} \leq P_{\Sigma 1} \leq 3 \cdot P_{\min}.$$

Регистрируют точное значение  $P_{\Sigma 1}$ .

10.1.2.5.4 Выключают канал 1, закрыв затвор аттенюатора A1 (канал 2 остается включенным, ослабление в нем не меняется). Регистрируют показания поверяемого прибора  $P_{21}$ .

10.1.2.5.5 Включают канал 1, открыв затвор аттенюатора A1 (оба канала включены). Регулировкой ослабления аттенюатора A2 устанавливают показания поверяемого прибора  $P_{\Sigma 2}$  таким образом, чтобы выполнялось условие:

$$5 \cdot P_{\min} \leq P_{\Sigma 2} \leq 5,5 \cdot P_{\min}.$$

10.1.2.5.6 Выключают оба канала, закрыв затворы аттенюаторов A1 и A2. При необходимости проводят установку нуля на поверяемом тестере.

10.1.2.5.7 Включают канал 1, открыв затвор аттенюатора A1 (канал 2 остается выключенным). Регистрируют точное значение  $P_{12}$ .

10.1.2.5.8 Включают канал 2, открыв затвор аттенюатора A2 (канал 1 остается включенным, ослабление в нем не меняется). Регистрируют точное значение  $P_{\Sigma 2}$ .

10.1.2.5.9 Выключают канал 1, закрыв затвор аттенюатора А1 (канал 2 остается включенным, ослабление в нем не меняется). Регистрируют показания поверяемого прибора Р<sub>22</sub>.

10.1.2.5.10 Повторяют операции по 10.1.2.5.5 – 10.1.2.5.9 еще два раза, соблюдая условия:

$$7,5 \cdot P_{\min} \leq P_{\Sigma 3} \leq 8 \cdot P_{\min}$$
$$10,5 \cdot P_{\min} \leq P_{\Sigma 4} \leq 11 \cdot P_{\min},$$

соответственно увеличивая на каждом шаге значение Р<sub>2i</sub>.

10.1.2.5.11 Выключают оба канала. Проводят установку нуля на поверяемом приборе. Проводят операции по 10.1.2.5.2 - 10.1.2.5.10 на следующем диапазоне измерений поверяемого прибора, соответственно, используя в качестве Р<sub>min2</sub> значение, в 10 раз большее значения Р<sub>min1</sub>. Например, если на предыдущем цикле проводились измерения в диапазоне 1 нВт - 10 нВт, то Р<sub>min1</sub> было равно 1 нВт, а Р<sub>min2</sub> равно 10 нВт, и измерения в следующем цикле проводят в диапазоне 10 нВт - 100 нВт (приблизительно с таким же равномерным распределением Р<sub>Σ</sub>).

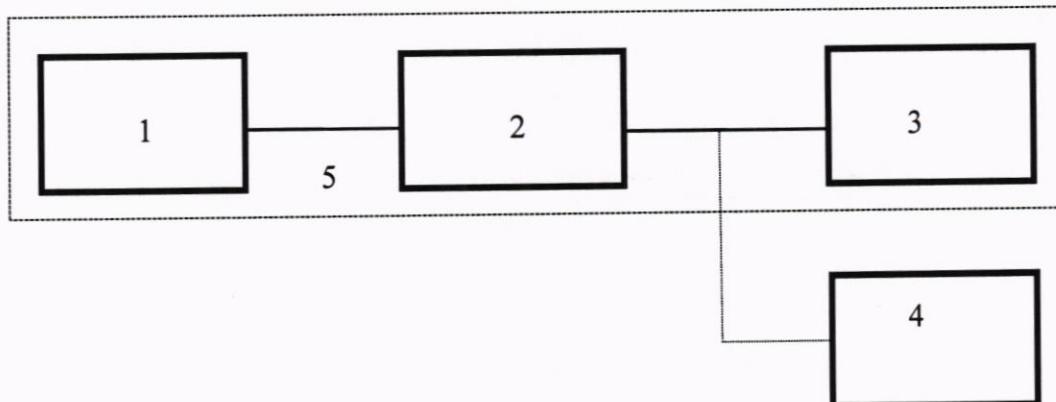
10.1.2.5.12 Повторяют операции по 10.1.2.5.2 – 10.1.2.5.11 на всех диапазонах измерений поверяемого прибора (т.е. пока не выполнится условие Р<sub>Si</sub> = Р<sub>max</sub>, где Р<sub>max</sub> – верхний предел диапазона мощности, в котором необходимо измерить нелинейность для поверяемого прибора). Если мощности источников излучения установки оказывается недостаточно для достижения значения Р<sub>max</sub>, исключают из схемы установки аттенюатор, а если и этого оказывается недостаточно, то вместо волоконно-оптического сумматора применяют волоконно-оптический четырехканальный сумматор с дополнительными источниками излучения, например, из состава поверяемого РЭ.

10.1.2.5.13 Проводят операции по 10.1.2.5.1 – 10.1.2.5.12 для длины волны 1550 нм.

10.1.2.5.14 Проводят операции по 10.1.2.5.1 – 10.1.2.5.13 для второго ОЭП поверяемого тестера (при наличии).

10.1.3 Определение неравномерности спектральной характеристики ОЭП поверяемого тестера.

10.1.3.1 Проводят измерение относительной спектральной характеристики ОЭП на установке для измерений спектральных характеристик приемников и источников ГЭТ 170 в спектральных диапазонах, указанных в эксплуатационной документации поверяемого тестера, в соответствии с Руководством по эксплуатации установки. Для этого подключают поверяемый тестер к установке как показано на рисунке 3.



1 – осветитель; 2 – монохроматор; 3 – опорный приемник; 4 – поверяемый тестер;  
5 – установка для измерений спектральных характеристик приемников и источников ГЭТ 170-2011.

Рисунок 3 – Схема установки для измерения относительной спектральной характеристики измерителя мощности тестера.

10.1.3.2 При измерении спектральной характеристики для тестера устанавливают те же значения длин волн, что и на счетчике монохроматора.

10.1.3.3 Проводят операции по 10.1.3.1 – 10.1.3.2 для второго ОЭП поверяемого тестера (при наличии).

## **10.2 Определение длин волн излучения источников**

10.2.1 Измерение длин волн излучения источников поверяемого тестера проводят на установке для измерений спектральных характеристик приемников и источников ГЭТ 170 в соответствии с Разделом 2.3.3 Руководства по эксплуатации установки. Для этого подключают поверяемый тестер к установке как показано на рисунке 4. Регулировкой тока лазера устанавливают максимальное значение уровня мощности для данного источника и проводят измерение длины волны.



1 – поверяемый тестер; 2 – монохроматор; 3 – опорный приемник;

Рисунок 4 – Схема установки для измерения длин волн излучения источников тестера

10.2.2 Полученные значения длин волн излучения источников должны соответствовать данным, указанным в таблице 1 настоящей методики поверки.

## **10.3 Определение мощности излучения на выходе источников и нестабильности уровня оптической мощности источников излучения**

10.3.1 Проводят предварительный прогрев источника поверяемого тестера 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 10.3.1 – 10.3.3 для остальных длин волн излучения источников тестера.

10.3.5 За значение мощности излучения источника Рист, Вт принимают минимальное из полученных значений для каждой длины волны.

10.3.6 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 11.5 настоящей методики.

10.3.7 Полученные значения мощности излучения на выходе источника и нестабильности уровня оптической мощности источников излучения для всех длин волн должны соответствовать данным, указанным в таблице 1 настоящей методики поверки.

## 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 поверяемому тестеру

11.1.1 Вычисляют среднее арифметическое для полученных в п. 10.1 значений  $P_{0i}$  и  $P_i$ , Вт по формулам (1 – 2):

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

$$P_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_{0i} \quad (2)$$

где  $P_{0i}$ ;  $P_i$  - показания измерителя мощности из состава компаратора средней мощности оптического излучения ГЭТ 170 и поверяемого тестера при  $i$ -ом измерении, Вт.

11.1.2 Определяют значение относительной систематической погрешности измерений средней мощности оптического излучения  $\theta_1$ , % на длинах волн градуировки по формуле (3):

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

11.1.3 Определяют значение среднеквадратического отклонения среднего арифметического результатов измерений средней мощности оптического излучения поверяемым тестером  $S_1$ , % на длинах волн градуировки по формуле (4):

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

11.1.3 Полученные значения  $\theta_1$  и  $S_1$  применяют при расчете погрешностей измерений мощности в пункте 11.4.

## 11.2 Обработка результатов измерения нелинейности тестера

11.2.1 Определяют значение нелинейности  $\theta_{Li}$ , % по формуле (4)

$$\theta_{Li} = 100 \cdot \left( \frac{P_{\Sigma i}}{P_{1i} + P_{2i}} - 1 \right) \quad (4)$$

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 (5) – (7)

$$\theta_L(P_n) = - \sum_{i=0}^{n+1} \theta_{Li}, \quad n = -1, -2, -3 \dots; \quad (5)$$

$$\theta_L(P_0) = 0 \quad (6)$$

$$\theta_L(P_n) = + \sum_{i=0}^n \theta_{Li}, \quad n = 1, 2, 3 \dots; \quad (7)$$

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

$n > 0$  соответствует значениям мощности больше  $P_0$ ;

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

11.2.3 Вычисляют значение нелинейности  $\theta_{0L}$  по отношению к исходному значению мощности  $P_0$ , при котором проводилась передача единицы средней мощности измерителю поверяемого тестера на данной длине волны (точка калибровки), по формуле (8)

$$\theta_{0L} = \max(|\theta_L(P_n)|) \quad (8)$$

11.2.4 Вычисляют значение нелинейности  $\theta_L$  в диапазоне измерений тестера по формуле 9:

$$\theta_L = \max(\theta_L(P_n)) - \min(\theta_L(P_n)) \quad (9)$$

где  $\theta_L(P_n)$  определяются по формулам (5) – (7).

11.2.5 Проводят обработку результатов измерений с помощью программы расчета нелинейности для каждой длины волны и для каждой декады отдельно. В результате получают значения нелинейности  $\Delta_{ij}$  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  $\theta_{Lij}$  проводят в соответствии с формулой (10)

$$\theta_{Lij} = \theta_{ij} + \theta_{Lij} \quad (10)$$

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

$\theta_{Lij}$  – результирующее (приведенное к общей прямой) значение нелинейности в  $i$ -й точке ( $i=1,2,3,4$ ;  $N=4$ )  $j$ -го диапазона,  $\theta_{Lij0}=0$ .

11.2.7 Определяют значение составляющей погрешности  $\theta_L$ , обусловленной нелинейностью ОЭП, по формуле (11)

$$\theta_L = \max(\theta_{Lij}) - \min(\theta_{Lij}) \quad (11)$$

11.2.8 Операции по 11.1.9 - 11.1.10 проводят для всех рабочих длин волн, на которых производилось определение нелинейности (850 нм, 1310 нм, 1550 нм).

### 11.3 Обработка результатов измерения спектральной характеристики тестера

11.3.1 Определяют неравномерность спектральной характеристики в каждом спектральном диапазоне по формуле (12)

$$\theta_C = \frac{S_{max} - S_{min}}{2}, \quad (12)$$

где  $S_{max}$ ;  $S_{min}$  – соответственно максимальное и минимальное значения относительной спектральной характеристики в каждом спектральном диапазоне, %.

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

11.4.1 Определяют значение суммарной относительной погрешности измерений средней мощности оптического излучения на длине волны калибровки  $\Delta_K$  по формуле (13)

$$\Delta_K = 2 \cdot \sqrt{\frac{1,21 \cdot (\theta^2 + \theta_1^2 + \theta_{0L}^2)}{3} + S^2 + S_{\Pi}^2 + S_1^2} \quad (13)$$

где  $S$  – случайная составляющая погрешности компаратора, выраженная в виде СКО (0,4 %);

$\theta$  – НСП компаратора (0,8%);

$S_{\Pi}$  – СКО передачи единицы средней мощности от компаратора (0,3%);

$\theta_1$  - относительная систематическая погрешность измерений средней мощности оптического излучения (пункт 11.1.2);

$S_1$  - СКО среднего арифметического результатов измерений средней мощности оптического излучения (пункт 11.1.3);

$\theta_{0L}$  - погрешность, обусловленная нелинейностью ОЭП тестера, (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).

11.4.2 Определяют значение относительной погрешности измерений средней мощности оптического излучения в рабочем спектральном диапазоне  $\Delta_C$  по формуле (14)

$$\Delta_C = 2 \cdot \sqrt{\frac{1,21 \cdot (\theta^2 + \theta_1^2 + \theta_{0L}^2 + \theta_{C0}^2 + \theta_{\Pi}^2)}{3} + S^2 + S_{\Pi}^2 + S_1^2} \quad (14)$$

где  $\theta_{C0}$  – основная погрешность установки для измерений спектральных характеристик ГЭТ 170 (3%);

$\theta_C$  – неравномерность спектральной характеристики (пункт 11.3.1).

11.4.3 Определяют значение относительной погрешности измерений относительных уровней мощности  $\Delta_{\text{отн}}$  по формуле (15)

$$\Delta_{\text{отн}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{\theta_{\Pi}^2}{3} + S_1^2} \quad (15)$$

где  $\theta_{\Pi}$  - погрешность, обусловленная нелинейностью ОЭП тестера, (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).

11.4.4 Полученные результаты для диапазона измерений средней мощности оптического излучения, относительной погрешности измерений средней мощности оптического излучения на длинах волн калибровки  $\Delta_K$ , относительной погрешности измерений средней мощности оптического излучения в рабочем спектральном диапазоне  $\Delta_C$  и относительной погрешности измерений относительных уровней мощности  $\Delta_{\text{отн}}$  для всех длин калибровки должны соответствовать данным, указанным в таблице 1 настоящей методики поверки.

## 11.5 Обработка результатов измерения нестабильности уровня оптической мощности источников излучения

11.5.1 Определяют значение нестабильности мощности источника  $\theta_I$ , % по формуле (16)

$$\theta_I = 2 \cdot \frac{(P_{\max} - P_{\min})}{(P_{\max} + P_{\min})} \cdot 100 \quad (16)$$

где  $P_{\max}$  и  $P_{\min}$  – максимальное и минимальное значения мощности соответственно, зарегистрированные за время измерений.

11.5.2 Полученные значения нестабильности уровня оптической мощности источников излучения для всех длин волн должны соответствовать данным, указанным в таблице 1 настоящей методики поверки.

## 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 Тестер считается прошедшим поверку с положительным результатом и допускается к применению в качестве рабочего эталона в соответствии с ГПС, если все операции поверки пройдены с положительным результатом и полученные значения метрологических характеристик удовлетворяют требованиям к рабочему эталону в соответствии с ГПС, а также соблюдены требования по защите средства измерений от несанкционированного вмешательства. В ином случае тестер считается прошедшим поверку с отрицательным результатом и не допускается к применению.

12.3 По заявлению владельца тестера или лица, представившего его на поверку, с учетом требований методики поверки аккредитованное на поверку лицо, проводившее поверку, в случае положительных результатов поверки (подтверждено соответствие тестера метрологическим требованиям) выдает свидетельство о поверке, оформленное в соответствии с требованиями к содержанию свидетельства о поверке, утверждаемыми приказом Минпромторга России от 31.07.2020 № 2510.

12.4 По заявлению владельца тестера 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 тестера метрологическим требованиям) выдает извещение о непригодности к применению тестера.

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 сектора лаборатории Ф-3



И.С. Королев

Старший научный сотрудник лаборатории Ф-3



А.И. Глазов

**Приложение А**  
(Рекомендуемое)  
Форма протокола поверки

**ПРОТОКОЛ ПЕРВИЧНОЙ (ПЕРИОДИЧЕСКОЙ) ПОВЕРКИ №**  
от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Тестеры оптические ОТ-3-2**  
(регистрационный № \_\_\_\_\_, год выпуска)

Заводской номер:

Изготовитель:

Владелец СИ:

Применяемые средства поверки:

Применяемая методика поверки:

МП 014.Ф3-23 «Государственная система  
обеспечения единства измерений. Тестеры  
оптические ОТ-3-2. 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 измерений метрологических характеристик:

Таблица А.1 – Результаты определения метрологических характеристик

Метрологическая характеристика	Требования технической документации	Полученные значения	Результат (соответствие)
Диапазон измерений оптической мощности, Вт: с ОЭП SPM-2 <ul style="list-style-type: none"><li>- в диапазоне длин волн от 600 до 750 нм включ.</li><li>- в диапазоне длин волн св. 750 до 1100 нм включ.</li><li>- в диапазоне длин волн св. 1100 до 1670 нм включ.</li><li>- в диапазоне длин волн св. 1670 до 1700 нм</li></ul>	от $1 \cdot 10^{-6}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ от $1 \cdot 10^{-9}$ до $2 \cdot 10^{-3}$ от $1 \cdot 10^{-11}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ от $1 \cdot 10^{-9}$ до $1 \cdot 10^{-2}$		

<p>с ОЭП SPM-3</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- в диапазоне длин волн от 750 до 1100 нм включ.</li> <li>- в диапазоне длин волн св. 1100 до 1670 нм включ.</li> <li>- в диапазоне длин волн св. 1670 до 1700 нм</li> </ul>	<p>от <math>1 \cdot 10^{-7}</math> до <math>2 \cdot 10^{-3}</math> от <math>1 \cdot 10^{-8}</math> до 0,5 от <math>1 \cdot 10^{-7}</math> до 0,5</p>		
<p>Пределы допускаемой относительной погрешности измерений оптической мощности на длинах волн градуировки, %:</p> <p>с ОЭП SPM-2</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 650 нм</li> <li>- 850 нм</li> <li>- от 1271 до 1650 нм <ul style="list-style-type: none"> <li>в диапазоне оптической мощности св. <math>9,5 \cdot 10^{-11}</math> до <math>1 \cdot 10^{-2}</math> Вт</li> <li>в диапазоне оптической мощности от <math>1 \cdot 10^{-11}</math> до <math>9,5 \cdot 10^{-11}</math> Вт включ.</li> </ul> </li> </ul> <p>с ОЭП SPM-3</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 850 нм</li> <li>- от 1271 до 1650 нм</li> </ul>	<p><math>\pm 7</math> <math>\pm 3</math> <math>\pm 3</math> <math>\pm 5</math> <math>\pm 3</math> <math>\pm 3</math></p>		
<p>Пределы допускаемой относительной погрешности измерений оптической мощности в рабочем спектральном диапазоне, %</p> <p>с ОЭП SPM-2</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- в диапазоне длин волн от 600 до 750 нм включ.</li> <li>- в диапазоне длин волн св. 750 до 1100 нм включ.</li> <li>- в диапазоне длин волн св. 1100 до 1670 нм включ. <ul style="list-style-type: none"> <li>в диапазоне оптической мощности св. <math>9,5 \cdot 10^{-11}</math> до <math>1 \cdot 10^{-2}</math> Вт</li> <li>в диапазоне оптической мощности от <math>1 \cdot 10^{-11}</math> до <math>9,5 \cdot 10^{-11}</math> Вт включ.</li> </ul> </li> </ul> <p>с ОЭП SPM-3</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- в диапазоне длин волн от 750 до 1100 нм включ.</li> <li>- в диапазоне длин волн св. 1100 до 1670 нм включ.</li> <li>- в диапазоне длин волн св. 1670 до 1700 нм</li> </ul>	<p><math>\pm 10</math> <math>\pm 5</math> <math>\pm 5</math> <math>\pm 8</math> <math>\pm 5</math> <math>\pm 8</math> <math>\pm 5</math> <math>\pm 5</math></p>		
<p>Пределы допускаемой относительной погрешности измерений относительных уровней оптической мощности, %</p> <p>с ОЭП SPM-2</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 850 нм</li> <li>- от 1271 до 1650 нм <ul style="list-style-type: none"> <li>в диапазоне оптической мощности св. <math>1 \cdot 10^{-10}</math> до <math>1 \cdot 10^{-2}</math> Вт</li> <li>в диапазоне оптической мощности от <math>1 \cdot 10^{-11}</math> до <math>1 \cdot 10^{-2}</math> Вт<sup>2)</sup></li> </ul> </li> </ul> <p>с ОЭП SPM-3</p>	<p><math>\pm 0,8</math> <math>\pm 0,8</math> <math>\pm 1,5</math> <math>\pm 0,8</math></p>		

Рабочий спектральный диапазон измерений оптической мощности, нм с ОЭП SPM-2 с ОЭП SPM-3	от 600 до 1700 от 750 до 1700		
Длины волн градуировки (источников излучения) <sup>1)</sup> , нм	650±10, 850±10, 1300±5, 1310±5, 1490±5, 1550±5, 1577±5, 1625±5, 1650±5		
Максимальная мощность непрерывного оптического излучения на выходе источников излучения для длин волн, мВт, не менее: - 650, 850, 1300 нм - 1310, 1550 нм - 1490, 1625 нм - 1650 нм - 1577 нм	2 10 6 5 1		
Нестабильность уровня оптической мощности источников излучения за 15 минут, дБ, не более: - 650 нм - 850 нм - 1300, 1310, 1490, 1550, 1625, 1650 нм - 1577 нм	0,1 0,02 0,005 0,01		
Примечания:			

- <sup>1)</sup> В тестеры ОТ-3-2 устанавливается от 3 до 8 источников излучения с выбранными длинами волн в соответствии с заказом;  
<sup>2)</sup> Если номинальное значение хотя бы одного из измеряемых уровней оптической мощности находится в диапазоне от  $1 \cdot 10^{-11}$  до  $1 \cdot 10^{-10}$  Вт включ.

## 5 Заключение по результатам поверки:

Поверитель:

подпись \_\_\_\_\_ инициалы, фамилия \_\_\_\_\_ дата \_\_\_\_\_

Руководитель:

подпись \_\_\_\_\_ инициалы, фамилия \_\_\_\_\_ дата \_\_\_\_\_