

СОГЛАСОВАНО



Директор ФГБУ «ВНИИОФИ»

И.С. Филимонов
2023 г.

«ГСИ. Аппаратура для метрологического обеспечения ВОСП РЭДВ-Ф.

Методика поверки»

МП 016.Ф3-23

Главный метролог
ФГБУ «ВНИИОФИ»

С.Н. Негода
«30» 03 2023 г.

Главный научный
сотрудник
ФГБУ «ВНИИОФИ»

В.Н. Крутиков
«30» 03 2023 г.

Москва
2023 г.

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на Аппаратуру для метрологического обеспечения ВОСП РЭДВ-Ф (далее – аппаратуру) и устанавливает методы и средства ее первичной и периодической поверки. Аппаратура предназначена для измерения, воспроизведения и передачи единицы длины волны оптического излучения, калибровки и поверки анализаторов оптического спектра по шкалам длин волн и мощности, используемых для контроля работы волоконно-оптических систем передачи информации (ВОСП) со спектральным уплотнением.

1.2 По итогам проведения поверки должна обеспечиваться прослеживаемость в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 05.12.2019 № 2862, 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.

Поверка системы выполняется методом прямых измерений.

1.3 Метрологические характеристики аппаратуры приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон воспроизводимых длин волн резонансных пиков оптического излучения, нм	от 1250 до 1650
Пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения длин волн резонансных пиков оптического излучения	$\pm 5 \cdot 10^{-6}$
Длины волн лазерных источников излучения (через час после включения) и их допускаемые отклонения, нм	1310 ± 5 1550 ± 5 1625 ± 5
Средняя мощность оптического излучения лазерных источников, мВт, не менее	1,0

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	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	8
Определение метрологических характеристик средства измерений			9
Определение диапазона и пределов допускаемой относительной погрешности воспроизведения длин волн резонансных пиков оптического	Да	Да	9.1

резонансных пиков оптического излучения			
Определение длин волн лазерных источников излучения	Да	Нет	9.2
Определение средней мощности оптического излучения лазерных источников	Да	Да	9.3
Подтверждение соответствия средства измерения метрологическим требованиям	Да	Да	10

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

2.3 Проверку средства измерений осуществляют аккредитованные в области обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели.

3 Требования к условиям 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

К проведению поверки допускают лиц, изучивших настоящую методику поверки и руководства по эксплуатации (далее – РЭ) поверяемой аппаратуры и средств поверки, а также их правила хранения и применения, имеющих квалификационную группу не ниже III в соответствии с правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, указанных 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.

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

Операция поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 8 Подготовка к поверке и	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне от 15 до 25 °C	Приборы контроля параметров воздушной среды

опробование средства измерений	<p>с абсолютной погрешностью не более 0,2 °C. Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне до 80 % с абсолютной погрешностью не более 2 %.</p> <p>Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 84 до 106 кПа с абсолютной погрешностью не более 0,13 кПа</p>	«Метеометр МЭС-200А», рег. № 27468-04
	<p>Средства измерений частоты переменного тока от 40 до 60 Гц с относительной погрешность не более 0,01 %.</p> <p>Средства измерений напряжения переменного тока до 600 В с относительной погрешностью не более 0,1 %</p>	Вольтметры универсальные HM8112-3S, рег. № 50576-12
п. 10 Определение метрологических характеристик средства измерений	<p>Эталон единицы длины волны оптического излучения в волоконно-оптических системах передачи, не ниже уровня Государственного первичного специального эталона по государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Росстандарта от 05.12.2019 № 2862, в диапазоне воспроизведения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - единицы длины волны оптического излучения от 0,6 до 1,7 мкм; - неисключенная систематическая погрешность при воспроизведении единицы длины волны: $1,17 \cdot 10^{-7}$ мкм; - среднее квадратическое отклонение при воспроизведении единицы длины волны, не более: $5,31 \cdot 10^{-9}$ мкм <p>Эталоны средней мощности и ослабления оптического излучения в волоконно-оптических системах передачи, не ниже уровня рабочего эталона по государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Росстандарта от 05.12.2019 № 2862, в диапазоне измерений:</p> <ul style="list-style-type: none"> - средней мощности оптического излучения: от 10^{-10} до 1 Вт; - длин волн исследуемого излучения: от 500 до 1700 нм; - пределы допускаемой относительной погрешности измерений средней мощности оптического излучения на длинах волн градуировки: <ul style="list-style-type: none"> - в диапазоне от 10^{-10} до 10^{-2} Вт: ± 2 %; - в диапазоне от 10^{-7} до 1 Вт: ± 2 %. 	<p>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 170-2011 (далее – ГЭТ 170)</p>
	<p>Вспомогательное оборудование</p> <p>Перестраиваемый лазер OSICS T100 с диапазоном перестройки от 1260 до 1680 нм.</p> <p>Волоконно-оптические разветвители 50%/50% со спектральным диапазоном работы от 1260 до 1650 нм.</p>	

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

5.3 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. 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 аппаратуры должна быть защищена от колебаний и пиков сетевого напряжения, искровые генераторы не должны устанавливаться вблизи аппаратуры.

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 поверяемой аппаратуры должна соответствовать комплектности, приведенной в нормативной документации (РЭ и описание типа (далее – ОТ)).

7.2 При внешнем осмотре должно быть установлено:

- наличие маркировки, подтверждающей тип и идентифицирующей поверяемую аппаратуру;

- отсутствие на наружных поверхностях поверяемой аппаратуры повреждений, влияющих на ее работоспособность;

- отсутствие ослаблений элементов конструкции, сохранность пломб, чистота разъемов;

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

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Подключают к сети питания поверяемую аппаратуру.

8.2 Подготавливают поверяемую аппаратуру к работе согласно ее РЭ. Проводят прогрев всех включенных приборов в течение получаса если иное не указано в их РЭ.

8.3 Аппаратура считается прошедшей операцию поверки с положительным результатом, если ее программное обеспечение (далее – ПО) запускается и отображается на ее экране в виде соответствующего окна приложения согласно описанию в РЭ.

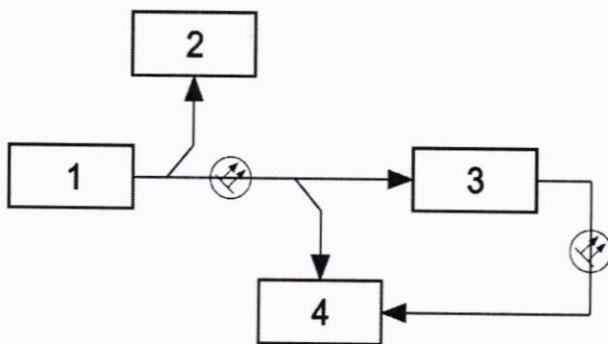
9 Определение метрологических характеристик средства измерений

9.1 Определение диапазона и пределов допускаемой относительной погрешности воспроизведения длин волн резонансных пиков оптического излучения

9.1.1 Диапазон и пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения длин волн резонансных пиков оптического излучения определяются путем измерений длин

волн резонансных пиков оптического излучения поверяемой аппаратуры с помощью измерителя длины волны WS Ultimate 2 IR из состава ГЭТ 170, эталонного средства измерений (СИ) средней мощности оптического излучения из состава РЭСМ и перестраиваемого лазера OSICS T100 на краях и в середине диапазона воспроизведения длин волн аппаратуры (от 1260 до 1650 нм).

9.1.2 Собирают установку согласно схеме, приведенной на рисунке 1. Подключают выходной волоконно-оптический разъем перестраиваемого лазера OSICS T100 с помощью двух волоконно-оптических разветвителей к входному волоконно-оптическому разъему измерителя длины волны WS Ultimate 2 IR из состава ГЭТ 170, к первому каналу эталонного СИ средней мощности оптического излучения из состава РЭСМ и к волоконно-оптическому разъему, расположенному на передней панели поверяемой аппаратуры и предназначенному для воспроизведения длин волн резонансных пиков оптического излучения. Волоконно-оптический разъем, расположенный на задней панели поверяемой аппаратуры, подключают ко второму каналу эталонного СИ средней мощности оптического излучения из состава РЭСМ.



1 – перестраиваемый лазер OSICS T100; 2 – измеритель длины волны WS Ultimate 2 IR из состава ГЭТ 170; 3 – поверяемая аппаратура; 4 – эталонное СИ средней мощности оптического излучения из состава РЭСМ

Рисунок 1 – Установка для определения диапазона и пределов допускаемой относительной погрешности воспроизведения длин волн резонансных пиков оптического излучения

9.1.3 Выбирают резонансный пик оптического излучения поверяемой аппаратуры, соответствующий нижнему краю диапазона воспроизведения длин волн резонансных пиков оптического излучения, λ_{min} , нм. В окрестности выбранного пика производят сканирование по длине волны с помощью перестраиваемого лазера OSICS T100. Диапазон сканирования устанавливают в зависимости от ширины резонансного пика таким образом, чтобы на полученной зависимости уровня средней мощности от длины волны отражался весь пик целиком. Для получения максимальной точности определения длины волны резонансного пика используют минимальный шаг перестройки длины волны, обеспечиваемый перестраиваемым лазером OSICS T100. Фиксируют актуальные значения длины волны и уровня средней мощности лазера λ_L , нм, и P_L , мВт, с помощью измерителя длины волны WS Ultimate 2 IR из состава ГЭТ 170 и первого канала СИ средней мощности из состава РЭСМ соответственно, а также уровень средней мощности оптического излучения на выходе фильтра Фабри-Перо P_K , мВт, с помощью второго канала СИ средней мощности оптического излучения из состава РЭСМ при каждом приращении длины волны во время сканирования. Полученные результаты измерений загружают в программу математической обработки данных, где строят массивы полученных данных λ_L , нм, P_L , мВт, P_K , мВт. Производят деление P_K , мВт, на P_L , мВт, получая значения $P_{K,N}$, чтобы избавиться от влияния на результат измерений нестабильности уровня средней мощности перестраиваемого лазера и систематической погрешности СИ средней

мощности оптического излучения из состава РЭСМ во время сканирования. Полученную нормированную зависимость P_{K_N} от λ_l , нм, аппроксимируют функцией Лоренца в диапазоне полуширины резонансного пика согласно РЭ программы математической обработки данных. Определяют значение из массива λ_l , нм, которому соответствует максимум аппроксимирующей кривой $P_{K_N_A}$ согласно РЭ программы математической обработки данных. Фиксируют длину волны резонансного пика λ_{ref_i} , нм, соответствующую λ_l , нм, где i – номер измерения.

9.1.4 Повторяют операции по п. 9.1.3 настоящей программы, каждый раз измеряя длины волн резонансных пиков λ_{ref_i} , нм, где $i = (1; 5)$, 5 раз.

9.1.5 Повторяют операции по пунктам 9.1.3 – 9.1.4 настоящей методики для всех резонансных пиков, приведенных в паспорте поверяемой аппаратуры.

9.2 Определение длин волн лазерных источников излучения

9.2.1 Определение длин волн лазерных источников излучения поверяемой аппаратуры проводят путем непосредственного измерения данной величины с помощью измерителя длины волны WS Ultimate 2 IR из состава ГЭТ 170.

9.2.2 Собирают установку согласно схеме, приведенной на рисунке 2. Подключают волоконно-оптический разъем поверяемой аппаратуры, соответствующий лазерному источнику с номинальной длиной волны 1310 нм, к входному волоконно-оптическому разъему измерителя длины волны WS Ultimate 2 IR из состава ГЭТ 170 с помощью волоконно-оптического патчкорда из состава ГЭТ 170.



1 – поверяемая аппаратура; 2 – измеритель длины волны WS Ultimate 2 IR из состава ГЭТ 170

Рисунок 2 – Установка для определения длин волн лазерных источников излучения

9.2.3 С помощью измерителя длины волны WS Ultimate 2 IR из состава ГЭТ 170 проводят измерения длины волны оптического излучения на выходе волоконно-оптического разъема поверяемой аппаратуры λ_{Pref_i} , нм, где $i = (1; n)$, $n = 5$ раз согласно правилам содержания и применения ГЭТ 170.

9.2.4 Проводят операции по пунктам 9.2.2 и 9.2.3 настоящей методики для лазерных источников излучения поверяемой аппаратуры с номинальными длинами волн 1550 и 1625 нм.

9.3 Определение средней мощности оптического излучения лазерных источников

9.3.1 Определение средней мощности оптического излучения лазерных источников поверяемой аппаратуры проводят путем непосредственного измерения данной величины с помощью эталонного СИ средней мощности оптического излучения из состава РЭСМ.

9.3.2 Собирают установку согласно схеме, приведенной на рисунке 3. Подключают волоконно-оптический разъем поверяемой аппаратуры, соответствующий лазерному источнику с номинальной длиной волны 1310 нм, к входному волоконно-оптическому разъему эталонного СИ средней мощности оптического излучения из состава РЭСМ с помощью волоконно-оптического патчкорда из состава ГЭТ 170.

9.3.3 С помощью эталонного СИ средней мощности оптического излучения из состава РЭСМ проводят измерения средней мощности оптического излучения на выходе волоконно-

оптического разъема поверяемой аппаратуры P_{ref_i} , мВт, где $i = (1; n)$, $n = 5$ раз согласно правилам содержания и применения РЭСМ.



1 – поверяемая аппаратура; 2 – эталонное СИ средней мощности оптического излучения из состава РЭСМ

Рисунок 3 – Установка для определения средней мощности оптического излучения лазерных источников

9.3.4 Проводят операции по пунктам 9.3.2 и 9.3.3 для лазерных источников излучения поверяемой аппаратуры с номинальными длинами волн 1550 и 1625 нм.

10 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Обработка результатов измерений длин волн резонансных пиков оптического излучения

10.1.1 Для полученных в пунктах 9.1.4 – 9.1.5 настоящей методики результатов измерений λ_{ref_i} , нм, вычисляют средние значения длины волны резонансных пиков поверяемой аппаратуры, полученные с помощью измерителя длины волны WS Ultimate 2 IR из состава ГЭТ 170-2011, λ_{ref} , нм, по формуле

$$\lambda_{ref} = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_{ref_i}}{n}, \quad (1)$$

где n – количество измерений ($n = 5$).

10.1.2 Вычисляют среднее квадратическое отклонение (СКО) среднего арифметического результатов измерений длины волны резонансных пиков поверяемой аппаратуры с помощью измерителя длины волны WS Ultimate 2 IR из состава ГЭТ 170-2011 S_λ , нм, по формуле

$$S_\lambda = \sqrt{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (\lambda_{ref_i} - \lambda_{ref})^2}. \quad (2)$$

10.1.3 Определяют границы систематической погрешности (СП) оценки длины волны резонансных пиков поверяемой аппаратуры без учета знака Θ_λ , нм, по формуле

$$\Theta_\lambda = |\Theta_{\lambda 1}| + |\Theta_{\lambda 2}|, \quad (3)$$

где $\Theta_{\lambda 1}$ – границы СП измерений длины волны резонансных пиков поверяемой аппаратуры, нм, определяемые как разность между средними арифметическими значениями длин волн λ_{ref} , нм, и соответствующими значениями, приведенными в РЭ на поверяемую аппаратуру λ , нм;

$\Theta_{\lambda 2}$ – границы абсолютной погрешности определения длины волны с помощью ГЭТ 170-2011, нм, указанные в паспорте на него.

10.1.4 Определяют пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения длин волн резонансных пиков оптического излучения с помощью поверяемой аппаратуры Δ_λ по формуле

$$\Delta_\lambda = \frac{2 \cdot \sqrt{\frac{\Theta_\lambda^2}{3} + S_\lambda^2}}{\lambda_{ref}}. \quad (4)$$

10.1.5 Поверяемая аппаратура считается прошедшей операцию поверки с положительным результатом, если диапазон воспроизводимых длин волн резонансных пиков

оптического излучения составляет от 1260 до 1650 нм, а пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения длин волн резонансных пиков оптического излучения не превышают $\pm 5 \cdot 10^{-6}$.

10.2 Обработка результатов измерений длин волн лазерных источников излучения

10.2.1 Для полученных в пунктах 9.2.3 и 9.2.4 настоящей методики результатов измерений длин волн оптического излучения λ_{Pref_i} , нм, вычисляют средние арифметические значения длин волн оптического излучения λ_{Pref} , нм, по формуле

$$\lambda_{Pref} = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_{Pref_i}}{n}. \quad (5)$$

10.2.2 Проверяемая аппаратура считается прошедшей операцию поверки с положительным результатом, если длины волн лазерных источников излучения проверяемой аппаратуры находятся в пределах (1310 ± 5) , (1550 ± 5) и (1625 ± 5) нм соответственно.

10.3 Обработка результатов измерений средней мощности оптического излучения лазерных источников

10.3.1 Для полученных в пунктах 9.3.3 и 9.3.4 настоящей методики результатов измерений средней мощности оптического излучения P_{ref_i} , мВт, вычисляют средние арифметические значения средней мощности оптического излучения P_{ref} , мВт, по формуле

$$P_{ref} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{ref_i}}{n}. \quad (6)$$

10.3.2 Проверяемая аппаратура считается прошедшей операцию поверки с положительным результатом, если средняя мощность оптического излучения на выходе каждого из лазерных источников излучения проверяемой аппаратуры не менее 1 мВт.

11 Оформление результатов поверки

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

11.2 Аппаратура считается прошедшей поверку с положительным результатом и допускается к применению, 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 аппаратура считается прошедшей поверку с отрицательным результатом и не допускается к применению.

11.3 При положительных результатах поверки по запросу заказчика может быть оформлено свидетельство о поверке в установленной форме.

11.4 При отрицательных результатах поверки по запросу заказчика может быть оформлено извещение о непригодности в установленной форме с указанием причин непригодности.

11.5 Сведения о результатах поверки (как положительные, так и отрицательные) передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Начальник сектора лаборатории Ф-3

А.К. Митюров

Младший научный сотрудник лаборатории Ф-3

А.О. Погонышев

Приложение А
(Рекомендуемое)
Форма протокола поверки

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

**Аппаратура для метрологического обеспечения ВОСП РЭДВ-Ф
(регистрационный № _____, год выпуска)**

Заводской номер:

Изготовитель:

Владелец СИ:

Применяемые эталоны:

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 170-2011;

Государственный рабочий эталон единиц средней мощности и ослабления оптического излучения в волоконно-оптических системах передачи в диапазоне значений от 10^{-10} до 1 Вт на длинах волн от 500 до 1700 нм (далее – РЭСМ), рег. № 3.1.ZZA.0100.2017

Применяемая методика поверки:

МП 016.Ф3-23 «ГСИ. Аппаратура для метрологического обеспечения ВОСП РЭДВ-Ф. 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. Определение метрологических характеристик:

Полученные результаты измерений метрологических характеристик:

Таблица А.1 – Результаты измерений длин волн резонансных пиков оптического излучения

Таблица А.2 – Результаты измерений длин волн лазерных источников излучения

Таблица А.3 – Результаты измерений длин волн лазерных источников излучения

Таблица А.4 – Результаты определения метрологических характеристик

Метрологическая характеристика	Требования технической документации	Полученные значения	Результат (соответствие)
Диапазон воспроизводимых длин волн резонансных пиков оптического излучения, нм	от 1250 до 1650		
Пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения длин волн резонансных пиков оптического излучения	$\pm 5 \cdot 10^{-6}$		
Длины волн лазерных источников излучения (через час после включения) и их допускаемые отклонения, нм	1310 ± 5		
	1550 ± 5		
	1625 ± 5		
Средняя мощность оптического излучения лазерных источников, не менее, мВт, для:			
- 1310 нм	1,0		
- 1550 нм	1,0		
- 1625 нм	1,0		

4. Заключение по результатам поверки:

Поверитель:

Подпись

Фамилия И.О.

Руководитель:

Подпись

Фамилия И.О.