

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора
ФГУП «ВНИИОФИ»



И.С. Филимонов

2022 г.

«ГСИ. Система измерительная волоконно-оптическая FGM-502.

Методика поверки»

МП 048.Ф3-22

Главный метролог
ФГУП «ВНИИОФИ»

С.Н. Негода

«15» 11 2022 г.

Главный научный
сотрудник
ФГУП «ВНИИОФИ»

В.Н. Крутиков

«15» 11 2022 г.

Москва
2022 г.

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на Систему измерительную волоконно-оптическую FGM-502 (далее – систему) и устанавливает методы и средства ее первичной и периодической поверки. Система предназначена для измерений геометрических параметров (диаметров сердцевины и оболочки) оптического волокна, требуемых при производстве и эксплуатации оптического волокна и компонентов на его основе.

1.2 По итогам проведения поверки должна обеспечиваться прослеживаемость в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 29.12.2018 № 2840, к государственному первичному эталону единицы длины – метра ГЭТ 2-2021.

Поверка системы выполняется методом сличений при помощи компаратора.

1.3 Метрологические характеристики системы приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

| Наименование характеристики | Значение |
|---|------------------|
| Диапазон измерений диаметров сердцевины и оболочки оптического волокна, мкм | от 50,0 до 125,0 |
| Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений диаметров сердцевины и оболочки оптического волокна, мкм | $\pm 2,5$ |

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 |
| Проверка программного обеспечения средства измерений | Да | Да | 9 |
| Определение метрологических характеристик средства измерений | | | 10 |
| Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений диаметров сердцевины и оболочки оптического волокна | Да | Да | 10.1 |
| Подтверждение соответствия средства измерения метрологическим требованиям | Да | Да | 11 |

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

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

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 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 системы 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 опробование средства измерений | Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне от 15 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. 10 Определение метрологических характеристик средства измерений | Эталоны единицы длины, не ниже уровня рабочего эталона 1-го разряда по государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Росстандарта от 29.12.18 № 2840, в диапазоне измерений длины от 0 до 1,0000 мм с абсолютной погрешностью не более $\pm 0,0006$ мм | Объект-микрометр «Альтами ОМ-У», рег. № 78033-20 |
| Вспомогательное оборудование | | |
| | Установка поверочная для средств измерений параметров штрихового кода Штрих-1. Рег. № 21454-01. | |
| | КМОП камера Pixelink PL-D7715. Размер сенсора 4608 на 3288 пикселей (15 мегапикселей). | |
| | Образец оптического волокна. Тип А1а (в соответствии с ГОСТ Р МЭК 60793-2-2018), номинальное значение длины не менее 2 м. | |
| | Спирт изопропиловый по ГОСТ 9805-84 | |

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

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 системы 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 систему;
- отсутствие на наружных поверхностях поверяемой системы повреждений, влияющих на ее работоспособность;
- отсутствие ослаблений элементов конструкции, сохранность пломб, чистота разъемов;

7.3 Система 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 системы соответствует таблице состава РЭ и ОТ.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Подключают к сети питания поверяемую систему.

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

8.3 Система 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 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 Проверяют соответствие заявленных идентификационных данных ПО сведениям, приведенным в описании типа ОТ на систему. Для этого включают систему, в появившемся главном окне активируют раздел меню «About» и в выпадающем окне находят идентификационные данные ПО.

9.2 Система считается прошедшей 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 | FGM5 Optical Fiber Geometry Analyser |
| Номер версии (идентификационный номер) ПО | 5.2.3.1 и выше |
| Цифровой идентификатор ПО | - |

10 Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений диаметров сердцевин и оболочки оптического волокна

10.1.1 Диапазон измерений и пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений диаметров сердцевин и оболочки оптического волокна с помощью системы определяются путем измерений диаметра оболочки оптического волокна типа A1a (в соответствии с ГОСТ Р МЭК 60793-2-2018) с помощью поверяемой системы и микроскопа из состава установки поверочной для средств измерений параметров штрихового кода Штрих-1 (далее по тексту – микроскопа) с подсоединенной КМОП камерой Pixelink PL-D7715 (далее по тексту – КМОП камерой). Размер одного пикселя изображения, полученного с помощью микроскопа и КМОП камеры, определяют с помощью объекта-микрометра «Альтами ОМ-У».

10.1.2 Собирают установку согласно схеме, приведенной на рисунке 1. С помощью оптических юстировочных столиков микроскопа добиваются максимально резкого изображения объекта-микрометра «Альтами ОМ-У» на экране монитора персонального компьютера из состава КМОП камеры. С помощью программного обеспечения микроскопа определяют количество пикселей N , приходящееся на одно деление интервала шкалы объекта-микрометра «Альтами ОМ-У» длиной $d = 10$ мкм. Вычисляют размер одного пикселя изображения, полученного с помощью микроскопа и КМОП камеры по формуле

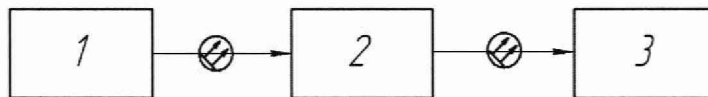
$$k_1 = d / N. \quad (1)$$



1 – объекта-микрометра «Альтами ОМ-У»; 2 – микроскоп

Рисунок 1 – Установка для определения размера пикселя изображения, полученного с помощью микроскопа и КМОП камеры

10.1.3 В качестве образца оптического волокна используют образец типа А1а (в соответствии с ГОСТ Р МЭК 60793-2-10-2018). Производят подготовку образца оптического волокна: с помощью стриппера волоконно-оптического из состава поверяемой системы производят зачистку покрытий образца на (20 ± 2) мм от его торцевых поверхностей, осуществляют их протирку с помощью салфетки, смоченной в изопропиловом спирте, а также скалывают торцевые поверхности под углом близким к 90° , с помощью скалывателя оптических волокон из состава поверяемой системы. Собирают установку согласно схеме, приведенной на рисунке 2.



1 – оптоволоконный осветитель из состава установки поверочной для средств измерений параметров штрихового кода Штрих-1; 2 – образец оптического волокна; 3 – микроскоп

Рисунок 2 – Установка для определения диаметров сердцевин и оболочек образца оптического волокна с помощью микроскопа

10.1.4 С помощью оптических юстировочных столиков микроскопа добиваются максимально резкого изображения торцевой поверхности образца оптического волокна на экране монитора персонального компьютера из состава КМОП камеры. С помощью программного обеспечения КМОП камеры определяют количество пикселей, соответствующее диаметру сердцевин N_C и оболочки N_O образца оптического волокна. Определяют диаметр сердцевин $D_{C_эм}$, мкм и оболочки $D_{O_эм}$, мкм, образца оптического волокна, измеренных с помощью микроскопа, с помощью соотношений

$$D_{C_эм} = k_1 \cdot N_C, \quad (2)$$

$$D_{O_эм} = k_1 \cdot N_O. \quad (3)$$

10.1.5 Повторяют операции по пункту 10.1.4 настоящей методики поверки, каждый раз измеряя диаметр сердцевин $D_{C_эм_i}$, мкм, и оболочки $D_{O_эм_i}$, мкм, образца оптического волокна, где $i = (1; 5)$, 5 раз.

10.1.6 Собирают установку согласно схеме, приведенной на рисунке 3. В качестве образца оптического волокна используют подготовленный образец, используемый в пункте 10.1.3 настоящей методики поверки (измерения диаметров сердцевин и оболочек оптического волокна производятся на одной и той же торцевой поверхности). Производят измерение диаметра сердцевин D_C , мкм, и оболочки D_O , мкм, образца оптического волокна, измеренных с помощью поверяемой системы, в соответствии с РЭ на нее.



1 – образец оптического волокна; 2 – поверяемая система

Рисунок 3 – Установка для определения размера диаметров сердцевин и оболочек образца оптического волокна с помощью поверяемой системы

10.1.7 Повторяют операции по пункту 10.1.6 настоящей методики поверки, каждый раз измеряя диаметр сердцевин D_{C_i} , мкм, и оболочки D_{O_i} , мкм, образца оптического волокна, где $i = (1; 5)$, 5 раз.

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 Обработка результатов измерений диаметров сердцевины и оболочки оптического волокна

11.1.1 Для полученных в пунктах 10.1.5 и 10.1.7 настоящей методики поверки результатов измерений $D_{C_эм\ i}$, мкм, $D_{C\ i}$, мкм, $D_{O_эм\ i}$, мкм, и $D_{O\ i}$, мкм, вычисляют средние арифметические значения $D_{C_эм}$, мкм, D_C , мкм, $D_{O_эм}$, мкм, и D_O , мкм, соответственно по формулам

$$D_{C_эм} = \frac{\sum_{i=1}^n D_{C_эм\ i}}{n}, \quad (4)$$

$$D_C = \frac{\sum_{i=1}^n D_{C\ i}}{n}, \quad (5)$$

$$D_{O_эм} = \frac{\sum_{i=1}^n D_{O_эм\ i}}{n}, \quad (6)$$

$$D_O = \frac{\sum_{i=1}^n D_{O\ i}}{n}, \quad (7)$$

где i – номер измерения;

n – количество измерений диаметров сердцевины и оболочки образца оптического волокна.

11.1.2 Вычисляют среднее квадратическое отклонение (СКО) среднего арифметического результатов измерений диаметров сердцевины и оболочки образца оптического волокна микроскопом $S_{DC_эм}$, мкм, $S_{DO_эм}$, мкм, и поверяемой системой S_{DC} , мкм, S_{DO} , мкм, по формулам

$$S_{DC_эм} = \sqrt{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (D_{C_эм\ i} - D_{C_эм})^2}, \quad (8)$$

$$S_{DC} = \sqrt{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (D_{C\ i} - D_C)^2}, \quad (9)$$

$$S_{DO_эм} = \sqrt{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (D_{O_эм\ i} - D_{O_эм})^2}, \quad (10)$$

$$S_{DO} = \sqrt{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (D_{O\ i} - D_O)^2}. \quad (11)$$

11.1.3 Определяют границы систематической погрешности (СП) оценки диаметров сердцевины Θ_{DC} , мкм, и оболочки Θ_{DO} , мкм, образца оптического волокна без учета знака по формулам

$$\Theta_{DC} = |\Theta_{DC1}| + |\Theta_{DC2}|, \quad (12)$$

$$\Theta_{DO} = |\Theta_{DO1}| + |\Theta_{DO2}|, \quad (13)$$

где Θ_{DC1} – границы СП измерений диаметра сердцевины образца оптического волокна, мкм, определяемые как разность между измеренными средними арифметическими значениями диаметров сердцевины с помощью поверяемой системы D_C , мкм, и микроскопа $D_{C_эм}$, мкм;

Θ_{DC2} , Θ_{DO2} – отклонение длины между десятью делениями шкалы объекта-микрометра «Альтами ОМ-У» равное 0,5 мкм в соответствии с описанием типа на него;

Θ_{DOI} – границы СП измерений диаметра оболочки образца оптического волокна, мкм, определяемые как разность между измеренными средними арифметическими значениями диаметров оболочки с помощью поверяемой системы D_O , мкм, и микроскопа $D_{O_эм}$, мкм.

11.1.4 Определяют абсолютную погрешность измерений диаметров сердцевины Δ_{DC} , мкм, и оболочки Δ_{DO} , мкм, оптического волокна с помощью поверяемой системы (для доверительной вероятности $P = 0,95$) по формулам

$$\Delta_{DC} = 2 \cdot \sqrt{\frac{\Theta_{DC}^2}{3} + S_{DC}^2 + S_{DC_эм}^2}, \quad (14)$$

$$\Delta_{DO} = 2 \cdot \sqrt{\frac{\Theta_{DO}^2}{3} + S_{DO}^2 + S_{DO_эм}^2}. \quad (15)$$

11.1.5 Поверяемая система считается прошедшей операцию поверки с положительным результатом, если диапазон измерений диаметров сердцевины и оболочки оптического волокна составляет от 50 до 125 мкм, а значения абсолютной погрешности измерений диаметров сердцевины и оболочки оптического волокна не превышают допускаемых пределов $\pm 2,5$ мкм.

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 Система 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 системе в соответствии с ее ОТ, а также соблюдены требования по защите средства измерений от несанкционированного вмешательства. В ином случае система считается прошедшей поверку с отрицательным результатом и не допускается 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 средства измерений метрологическим требованиям) выдает свидетельство о поверке, оформленное в соответствии с требованиями к содержанию свидетельства о поверке, утверждаемыми приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 31.07.2020 № 2510 (далее – приказ № 2510). Нанесение знака поверки на систему 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 средства измерений метрологическим требованиям) выдает извещение о непригодности к применению средства измерений, оформленное в соответствии с требованиями к содержанию извещения о непригодности, утверждаемыми приказом № 2510.

12.5 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. Митюрёв

Младший научный сотрудник лаборатории Ф-3



А.О. Погоньшев

Таблица А.2 – Результаты измерений диаметра сердцевины оптического волокна

| $D_{O_{эт_i}}$, мкм | $D_{O_{эт}}$, мкм | D_{O_i} , мкм | D_O , мкм | $S_{DO_{эт}}$, мкм | S_{DO} , мкм | Θ_{DO} , мкм | Δ_{DO} , мкм |
|----------------------|--------------------|-----------------|-------------|---------------------|----------------|---------------------|---------------------|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Таблица А.3 – Результаты определения метрологических характеристик

| Метрологическая характеристика | Требования технической документации | Полученные значения | Результат (соответствие) |
|---|-------------------------------------|---------------------|--------------------------|
| Диапазон измерений диаметров сердцевины и оболочки оптического волокна, мкм | от 50,0 до 125,0 | | |
| Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений диаметров сердцевины и оболочки оптического волокна, мкм | $\pm 2,5$ | | |

5. Заключение по результатам поверки:

Поверитель:

Подпись_____
Фамилия И.О.

Руководитель:

Подпись_____
Фамилия И.О.