

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

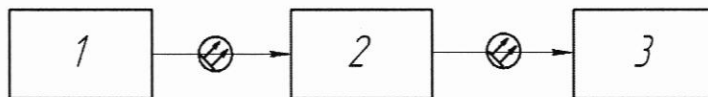
$$k_1 = d / N. \quad (1)$$



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 скальвают торцевые поверхности под углом близким к 90° , с помощью скальвателя 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 оболочек 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 оболочек 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 (соответс твие)
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.