



УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
ФГУП «ВНИИОФИ»

И.С. Филимонов
« 30 » июня 2020 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

ИЗМЕРИТЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВЫСОКОЙ
ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ КВСМ-1-О-ГИРТ-ММ

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 024.Ф3-20

Главный метролог
ФГУП «ВНИИОФИ»

С.Н. Негода
« 30 » июня 2020 г.

Главный научный сотрудник
ФГУП «ВНИИОФИ»

В.Н. Крутиков
« 30 » июня 2020 г.

Москва
2020 г.

1 Введение

Настоящая методика распространяется на измерители распределенной температуры высокой чувствительности КВСМ-1-О-ГИРТ-ММ (далее – измерители) и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверки. Измерители предназначены для измерений распределения по расстоянию (длине) температуры в оптическом волокне.

Интервал между поверками – 5 лет.

2 Операции поверки

2.1 При проведении первичной и периодической поверок должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

№ п/п.	Наименование операции	Номер пункта настоящей методики	Проведение операций при	
			Первичной поверке	Периодической поверке
1	Внешний осмотр	8.1	Да	Да
2	Опробование	8.2	Да	Да
3	Подтверждение соответствия программного обеспечения	8.3	Да	Да
4	Определение метрологических характеристик	8.4		
5	Определение диапазона и границ абсолютной погрешности измерений длины	8.4.1	Да	Да
6	Определение диапазона и границ абсолютной погрешности измерений температуры	8.4.2	Да	Да

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

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

3 Средства поверки

3.1 При проведении первичной и периодической поверок применяются средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки	Основные технические и (или) метрологические характеристики
8.4.1	Государственный первичный специальный эталон единицы длины и времени распространения сигнала в световоде, средней мощности, ослабления и длины волны оптического излучения для волоконно-оптических систем связи и передачи информации по ГПС «Государственная поверочная схема для средств измерений длины и времени распространения сигнала в световоде, средней мощности, ослабления и длины волны оптического излучения для волоконно-оптических систем связи и передачи информации», утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 05.12.19 № 2862 (далее - ГЭТ)	<ul style="list-style-type: none"> - диапазон воспроизведения единицы длины: от 10 до $6 \cdot 10^5$ м; - неисключённая систематическая погрешность воспроизведения единицы длины: от $6,5 \cdot 10^{-2}$ до 0,45 м; - среднее квадратическое отклонение результатов измерений при воспроизведении единицы длины: $1,5 \cdot 10^{-2}$ м.
8.4.2	Измеритель температуры двухканальный прецизионный МИТ 2.05 (регистрационный номер Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений 29933-05)	<ul style="list-style-type: none"> - диапазон измерений температуры: от минус 200 до плюс 500 °С; - пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры $\pm (0,004 + 10^{-5} \cdot t)$ °С, где t – значение температуры.
8.4.2	Термометры сопротивления платиновые вибропрочные ПТСВ-3-3 (регистрационный номер Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений 32777-06)	<ul style="list-style-type: none"> - диапазон измерений температуры: от минус 50 до плюс 500 °С; - погрешность при измерениях температуры: 0,02 °С (в диапазоне от минус 50 до плюс 150 °С) и 0,04 °С (в диапазоне от плюс 150 до плюс 450 °С).
8.4.1 – 8.4.2	<p>Вспомогательное оборудование:</p> <ul style="list-style-type: none"> - образцы оптического волокна OM2 50/125 мкм, соответствующего требованиям ITU G651.1, или 62,5/125 мкм, соответствующего требованиям ГОСТ Р МЭК 60793-2-10-2018 (ММ волокно) (с акрилатным и полиимидным покрытием); - термостат переливной прецизионный ТПП–1.2 (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 33744-07); - термостат переливной прецизионный 	<ul style="list-style-type: none"> - номинальная длина 15; 100; 2500; 5000 м; - диапазон воспроизводимых температур от минус 60 до плюс 100; - диапазон воспроизводимых

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки	Основные технические и (или) метрологические характеристики
	ТПП–1.1 (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 33744-07); - волоконно-оптические соединительные кабели (патчкорды) и розетки (адаптеры); - изопропиловый спирт ГОСТ 9805-84	температур от плюс 35 до плюс 300.

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

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

4 Требования к квалификации поверителей

К проведению поверки допускают лиц, изучивших настоящую методику поверки и руководства по эксплуатации (РЭ) испытуемых измерителей и средств испытаний, а также правила хранения и применения, имеющих квалификационную группу не ниже III в соответствии с правилами по охране труда и эксплуатации электроустановок указанных в приложении к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 24.07.13 № 328Н и имеющих опыт работы с высокоточными средствами измерений в области волоконно-оптических систем передачи информации.

5 Требования безопасности

5.1 При проведении поверки соблюдают требования, установленные ГОСТ Р 12.1.031-2010, ГОСТ 12.1.040-83, правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, указанными в приложении к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 24.07.13 № 328Н, нормами и правилами устройства и эксплуатации лазеров 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 поверки для легких физических работ.

5.2 Система электрического питания прибора должна быть защищена от колебаний и пиков сетевого напряжения, искровые генераторы не должны устанавливаться вблизи прибора.

5.3 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.

6 Условия поверки

6.1 Все этапы поверки, за исключением особо оговоренных, проводят при следующих условиях:

- | | |
|--|----------------|
| - температура окружающей среды, °С | от +15 до +25; |
| - относительная влажность воздуха, %, не более | 75 |
| - атмосферное давление, кПа | от 96 до 104 |

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

6.3 В помещении не допускаются посторонние источники электромагнитного излучения, мощные электрические и магнитные поля.

7 Подготовка к поверке

7.1 Оптические разъемы поверяемого измерителя и средств поверки очищают безворсовой салфеткой, смоченным изопропиловым спиртом ГОСТ 9805-84. Протирают торцы волоконно-оптических кабелей, используемых при проведении поверки.

7.2 Выдерживают поверяемый измеритель в условиях, указанных в п. 6.1 настоящей методики поверки, не менее 2 часов.

7.3 Включают питание всех приборов, используемых при поверке в соответствии с их РЭ. Проводят прогрев всех включенных приборов в течение 2 часов.

8 Проведение поверки

8.1 Внешний осмотр

8.1.1 Комплектность поверяемого измерителя должна соответствовать комплектности приведенной в нормативной документации (руководство по эксплуатации и описание типа).

8.1.2 При внешнем осмотре должно быть установлено:

- наличие маркировки, подтверждающей тип и идентифицирующей поверяемый измеритель;

- отсутствие на наружных поверхностях поверяемого измерителя повреждений, влияющих на её работоспособность;

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

- целостность волоконно-оптических кабелей и разъемов поверяемого измерителя.

8.1.3 В случае обнаружения механических повреждений или нарушения целостности волоконно-оптических кабелей и разъемов необходимо связаться с производителем измерителя с помощью контактной информации, указанной в РЭ, указать характер повреждений и определить работоспособность прибора. Если измеритель не работоспособен – дальнейшие операции поверки не проводят.

8.1.4 Измерители считаются прошедшими операцию поверки, если корпус, внешние элементы, органы управления и индикации не повреждены, отсутствуют механические повреждения и ослабления элементов конструкции, а комплектность измерителей соответствует разделу «Комплектность» руководства по эксплуатации.

8.2 Опробование

8.2.1 Подготавливают поверяемый измеритель к работе согласно его РЭ.

8.2.2 Запускают на персональном компьютере (ПК) программное обеспечение (ПО) поверяемого измерителя.

8.2.3 Измеритель считается прошедшим операцию опробования, если ПО измерителя запускается, на дисплее ПК отображается меню ПО в соответствии с РЭ на измерители.

8.3 Подтверждение соответствия программного обеспечения

8.3.1 Проверяют соответствие заявленных идентификационных данных ПО сведениям, приведенным в описании типа на измерители. Для этого включают измеритель, выбирают в меню ПО вкладку «Документация».

8.3.2 Измеритель считается прошедшим операцию поверки, если идентификационные данные ПО соответствуют значениям, приведенным в таблице 3.

Таблица 3 – Идентификационные данные ПО

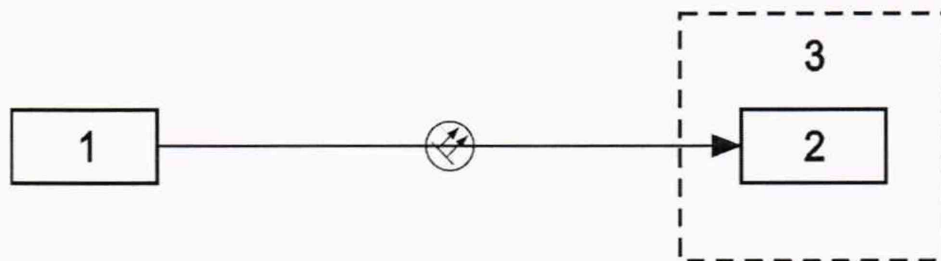
Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Geoptics DTS
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.0 и выше
Цифровой идентификатор ПО	–

8.4 Определение метрологических характеристик

8.4.1 Определение диапазона и границ абсолютной погрешности измерений длины

8.4.1.1 Для определения диапазона и расчёта границ абсолютной погрешности измерений длины поверяемым измерителем предварительно измеряют длину образцов оптического волокна (ОВ) с акрилатным покрытием и номинальными длинами 15, 2500 и 5000 м с помощью комплекса средств измерений для воспроизведения и передачи единиц длины и времени распространения сигнала в световоде из состава ГЭТ. Выбирают рабочую длину волны 1550 нм. Температуру образцов ОВ устанавливают равной $(23 \pm 1)^\circ\text{C}$, значение показателя преломления образцов ОВ принимают равным 1,468. Для термостабилизации образцов ОВ используют термостат переливной прецизионный ТПП–1.2 с диапазоном воспроизводимых температур от минус 60 до плюс 100 в соответствии с его РЭ. Измеряют длину образцов ОВ в соответствии с правилами содержания и применения ГЭТ и фиксируют полученные значения длин образцов L_{1ref} , L_{2ref} и L_{3ref} , м, с номинальными длинами 15, 2500 и 5000 м соответственно.

8.4.1.2 Собирают установку согласно схеме, представленной на рисунке 1. Для определения нижней границы диапазона измерений длины поверяемым измерителем используют образец ОВ с номинальным значением длины 15 м. Образец ОВ помещают в термостат переливной прецизионный ТПП–1.2. Подключают образец ОВ одним концом к поверяемому измерителю. Термостат нагревают до температуры $(23 \pm 1)^\circ\text{C}$ и выдерживают в нём образец ОВ в течение 2 часов.



1 – поверяемый измеритель; 2 – образец ОВ; 3 – термостат переливной прецизионный ТПП–1.2

Рисунок 1 – Схема установки для определения диапазона и границ абсолютной погрешности измерений длины

8.4.1.3 Измеряют длину образца ОВ с помощью поверяемого измерителя в соответствии с его РЭ. Для этого в настройках ПО измерителя выбирают длительность измерений 60 с, длину линии устанавливают в соответствии с длиной используемого образца ОВ и запускают измерения длины образца ОВ нажав кнопку «Начать измерения». Измерения проводят 5 раз и фиксируют значения длины L_i , м, где $i=(1; 5)$, за которые принимают участок на полученной рефлектограмме от выходного разъёма поверяемого измерителя до точки начала отражения излучения от выходного торца на конце образца ОВ.

8.4.1.4 Вычисляют среднее арифметическое измеренных значений длины образца ОВ \bar{L} , м, по формуле:

$$\bar{L} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n}, \quad (1)$$

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

8.4.1.5 Вычисляют среднее квадратическое отклонение (СКО) среднего арифметического результатов измерений длины поверяемым измерителем S , м, по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (L_i - \bar{L})^2} . \quad (2)$$

8.4.1.6 Определяют границы систематической погрешности (СП) оценки длины без учета знака Θ , м, по формуле:

$$\Theta = |\Theta_1| + |\Theta_2| , \quad (3)$$

где Θ_1 – границы СП измерений длины поверяемым измерителем, м, определяемые как разность между средним арифметическим значением измеряемых длин \bar{L} , м, и эталонным значением длины по шкале ОГ L_{ref} , м, равным в случае нижнего края диапазона L_{1ref} , м.

Θ_2 – границы абсолютной погрешности измерений длины образцов ОВ, м, указанные в паспорте на РЭДО.

8.4.1.7 Вычисляют границы абсолютной погрешности измерений длины поверяемым измерителем без учета знака Δ_L , м, (при доверительной вероятности $p = 0,95$) по формуле:

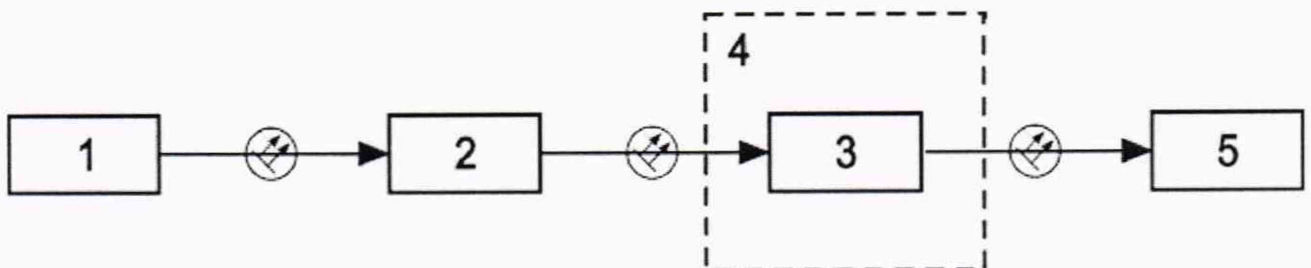
$$\Delta_L = 2 \cdot \sqrt{\frac{\Theta^2}{3} + S^2} . \quad (4)$$

8.4.1.8 Повторяют операции по 8.4.1.2-8.4.1.7 для верхней границы и середины диапазона измерений длины с помощью образцов ОВ с номинальными значениями длины 5000 и 2500 м соответственно.

8.4.1.9 Измерители считаются прошедшими операцию поверки, если диапазон измерений длины составляет от 15 до 5000 м и границы абсолютной погрешности измерений длины поверяемым измерителем Δ_L , м, не превышают значения $\pm (1 + 5 \cdot 10^{-5} \cdot L + \delta)$ м, где L – измеряемая длина, м; δ – дискретность отсчета в измеряемом диапазоне длин, м, указанная в описании типа на поверяемый измеритель.

8.4.2. Определение диапазона и границ абсолютной погрешности измерений температуры

8.4.2.1 Для определения диапазона и расчета границ абсолютной погрешности измерений температуры собирают установку согласно схеме, приведенной на рисунке 2. Измерения температуры проводят во всем стандартном диапазоне измерений температуры от минус 50 до плюс 120 °С и расширенном диапазоне от минус 50 до плюс 230 °С на краях и внутри данных диапазонов. Для определения нижней границы диапазонов измерений температуры поверяемым измерителем используют образец ОВ с полиимидным покрытием и номинальным значением длины 100 м. Образец ОВ включает в себя три участка ОВ с номинальной длиной 15, 50 и 35 м. Участок ОВ с номинальной длиной 50 м помещают в термостат переливной прецизионный ТПП–1.2.



1 – поверяемый измеритель; 2 – участок ОВ с номинальной длиной 15 м; 3 – участок ОВ с номинальной длиной 50 м; 4 – термостат переливной прецизионный ТПП–1.2 с двумя термометрами сопротивления ПТСВ-3-3; 5 – участок ОВ с номинальной длиной 35 м
Рисунок 2 – Схема установки для определения диапазона и границ абсолютной погрешности измерений температуры

8.4.2.2 Вставляют в соответствующие отверстия в крышке жидкостного термостата ТПП 1.2 два термометра сопротивления ПТСВ-3-3 и подключают их к измерителю температуры МИТ 2.05. Опускают температуру в термостате до минус $(50 \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}$ в соответствии с его РЭ. Выжидают 30 минут после достижения заданной температуры.

8.4.2.3 Проводят 5 измерений температуры образца ОВ с помощью МИТ 2.05 и поверяемого измерителя в соответствии с их РЭ, причём в случае измерителя в одной точке по шкале длины (в середине нагреваемого/охлаждаемого участка ОВ). Для этого в настройках ПО измерителя выбирают длительность измерений 600 с, длину линии устанавливают в соответствии с длиной используемого образца ОВ (100 м) и запускают измерения температуры образца ОВ нажав кнопку «Начать измерения». Фиксируют полученные с помощью МИТ 2.05 значения результатов измерений температуры в термостате T_{ref_i} , $^\circ\text{C}$, и температуры образца ОВ, измеренных поверяемым измерителем T_i , $^\circ\text{C}$, где $i = (1; 5)$.

8.4.2.4 Повторяют операции п. 8.4.4.3 для значений температуры в термостате в диапазонах от минус 50 до плюс 120 $^\circ\text{C}$ и от минус 50 до плюс 230 $^\circ\text{C}$ в точках 20 $^\circ\text{C}$; 60 $^\circ\text{C}$; 120 $^\circ\text{C}$; 180 $^\circ\text{C}$; 230 $^\circ\text{C}$, используя при этом термостаты переливные прецизионные ТПП-1.1 и ТПП-1.2. Для проведения измерений в нескольких точках по температуре допускается одновременно использовать несколько термостатов.

8.4.2.5 Среднее значение температуры образца ОВ $T_{сред}$, $^\circ\text{C}$, (x – номинальное значение измеряемой температуры), вычисляют по формуле:

$$T_{сред} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n} \quad (5)$$

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

8.4.2.6 Среднее значение температуры в термостате T_{ref} , $^\circ\text{C}$ (x – номинальное значение измеряемой температуры), вычисляют по формуле:

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

8.4.2.7 СКО среднего арифметического результатов измерений температуры с помощью поверяемого измерителя S_T , $^\circ\text{C}$, вычисляют по формуле:

$$S_T = \sqrt{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (T_i - T_{сред})^2} \quad (7)$$

8.4.2.8 СКО среднего арифметического результатов измерений температуры с помощью МИТ-2.05 S_{T_ref} , $^\circ\text{C}$, вычисляют по формуле:

$$S_{T_ref} = \sqrt{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (T_{ref_i} - T_{ref})^2} \quad (8)$$

8.4.2.9 Определяют границы СП оценки температуры без учета знака Θ_T , $^\circ\text{C}$, (при доверительной вероятности $p = 0,95$) по формуле

$$\Theta_T = 1,1 \cdot \sqrt{\sum_{j=1}^3 \Theta_{T_j}} \quad (9)$$

где Θ_1 – границы СП измерений температуры поверяемым измерителем, $^\circ\text{C}$, определяемые как разность между средним арифметическим значением измеряемых температур $T_{x_{сред}}$, $^\circ\text{C}$, и средним арифметическим значением температур, полученных с помощью МИТ 2.05, $T_{x_{ref}}$, $^\circ\text{C}$;

Θ_2 – границы абсолютной погрешности измерений температуры с помощью измерителя температуры МИТ 2.05, $^\circ\text{C}$, указанные в описании типа на него;

Θ_3 – границы абсолютной погрешности измерений температуры с помощью термометра сопротивления типа ПТСВ-3-3, $^\circ\text{C}$, указанные в описании типа на него.

8.4.2.10 Вычисляют границы абсолютной погрешности измерений температуры поверяемым измерителем без учета знака Δ_T , °С, (при доверительной вероятности $p = 0,95$) по формуле

$$\Delta_T = 2 \cdot \sqrt{\frac{\Theta_T^2}{3} + S_T^2 + S_{T_{ref}}^2}. \quad (10)$$

8.4.2.11 Измерители считаются прошедшими операцию поверки, если стандартный диапазон измерений температуры составляет от минус 50 до плюс 120 °С, границы абсолютной погрешности измерений температуры в стандартном диапазоне поверяемым измерителем Δ_T , °С, не превышают значения $\pm 0,1$ °С, указанного в описании типа на поверяемый измеритель; расширенный диапазон измерений температуры составляет от минус 50 до плюс 230 °С, границы абсолютной погрешности измерений температуры в расширенном диапазоне поверяемым измерителем Δ_T , °С, не превышают значения $\pm 0,1$ °С, указанного в описании типа на поверяемый измеритель.

9 Оформление результатов поверки

9.1 Результаты измерений при поверке заносят в протокол (форма протокола приведена в приложении А настоящей методики поверки).

9.2 При положительных результатах поверки измеритель признается годным к дальнейшей эксплуатации. На него выдаётся свидетельство о поверке установленной формы с указанием полученных по п.п. 8.4.1 – 8.4.2 фактических значений метрологических характеристик измерителя и наносят знак поверки на переднюю панель измерителя согласно Приказу Министерства промышленности и торговли Российской Федерации №1815 от 02.07.2015 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке», и системы допускают к эксплуатации».

9.3 Измеритель, прошедший поверку с отрицательным результатом, признаётся непригодным, не допускается к применению и на него выдается извещение о непригодности с указанием причин. Свидетельство о предыдущей поверке и знак поверки аннулируют и выписывают «Извещение о непригодности» с указанием причин в соответствии с требованиями Приказа Министерства промышленности и торговли Российской Федерации №1815 от 02.07.2015.

Начальник сектора Ф-3

Младший научный сотрудник лаборатории Ф-3

И.С. Королев

А.О. Погоньшев

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ОПТИКО-ФИЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ»
(ФГУП «ВНИИОФИ»)**

Россия, 119361, г. Москва
ул. Озерная, д. 46

Телефон: (495) 437-56-33; факс: (495) 437-31-47
e-mail: vniiofi@vniiofi.ru
web-сайт: www.vniiofi.ru

ПРОТОКОЛ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПОВЕРКИ

Измерители распределенной температуры высокой чувствительности КВСМ-1-О-ГИРТ-ММ
(наименование, тип СИ и модификации в соответствии с описанием типа, в единственном числе)

Заводской номер:

Владелец СИ:

ИНН владельца СИ:

Применяемые эталоны:

Применяемая методика поверки:

МП 024.Ф3-20 «ГСИ. Измерители распределенной температуры высокой чувствительности КВСМ-1-О-ГИРТ-ММ. Методика поверки»

Условия поверки:

- температура окружающей среды:
- относительная влажность воздуха:
- атмосферное давление:

Проведение поверки:

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

Метрологическая характеристика	Требования технической документации	Полученные значения	Результат (соответствие)
Диапазон измерений длины, м	от 15 до 5 000		
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений длины, м	$\pm (1 + 5 \cdot 10^{-5} \cdot L + \delta) *$		
Диапазон измерений температуры, °С	от - 50 до + 230		
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры, °С	$\pm 0,1$		

* где δ – разрешение по пространственной выборке (шаг дискретизации), L – длина оптического волокна

5. Заключение по результатам поверки:

Поверитель:

Подпись

Фамилия И.О.

Дата поверки:

Руководитель
отделения:

Подпись

Фамилия И.О.