

СОГЛАСОВАНО  
Заместитель директора  
ФГУП «ВНИИОФИ»



  
И.С. Филимонов  
«11» января 2021 г.

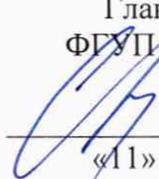
Государственная система обеспечения единства измерений

**СИСТЕМЫ ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ  
МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ И ТЕМПЕРАТУРЫ ODiSI 6100**

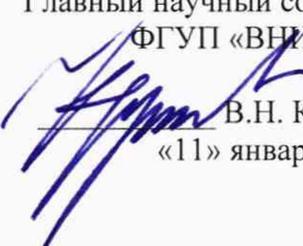
**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ**

**МП 001.Ф3-21**

Главный метролог  
ФГУП «ВНИИОФИ»

  
С.Н. Негода  
«11» января 2021 г.

Главный научный сотрудник  
ФГУП «ВНИИОФИ»

  
В.Н. Крутиков  
«11» января 2021 г.

Москва  
2021 г.

## 1 Общие положения

Настоящая методика распространяется на системы оптические измерительные распределения механических напряжений и температуры ODiSI 6100 (далее по тексту – системы) и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверки. Системы предназначены для измерений распределения механических напряжений и температуры в датчиках на основе волоконно-оптических световодов, соответствующих требованиям ITU G.652 и G.657. В том числе системы предназначены для анализа спектральных данных отраженного Рэлеевского рассеяния в волоконно-оптических световодах.

По итогам проведения поверки должна обеспечиваться прослеживаемость к ГЭТ 2-2010 и ГЭТ 34-2007. Поверка систем выполняется методом прямых измерений при определении значений деформации и методом непосредственного сличения при определении значений температуры.

Интервал между поверками – 4 года.

## 2 Перечень операций поверки средства измерений

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 средства измерений	7.1	Да	Да
2	Подготовка к поверке и опробование средства измерений	7.2	Да	Да
3	Проверка программного обеспечения средства измерений	7.3	Да	Да
4	Определение метрологических характеристик средства измерений	7.4	-	-
5	Определение диапазона и расчет абсолютной погрешности измерений деформации	7.4.1	Да	Да
6	Определение диапазона и расчет абсолютной погрешности измерений температуры	7.4.2	Да	Да

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 Метрологические и технические требования к средствам 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
7.4.1	Система лазерная измерительная XL-80. Рег. № 35362-13.	Диапазон измерений линейных перемещений от 0 до 80 м; Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений линейных перемещений $\pm 0,5 \cdot L$ мкм, где $L$ – измеряемое перемещение, м.
7.4.2	Измеритель температуры двухканальный прецизионный МИТ2 модификации МИТ 2.05. Рег. № 46432-11.	Диапазон измерений температуры при $R_0 = 100$ Ом составляет от минус 200 до плюс 500 °С; Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений температуры при $R_0 = 100$ Ом и измерительном токе 1 мА составляет $\pm (0,004 + 0,00001 \cdot t)$ °С, где $t$ – измеряемая температура.
7.4.2	Термометр сопротивления платиновый вибропрочный ТСПВ-1. Рег. № 50256-12.	Диапазон измерений температуры от минус 80 до плюс 200 °С; Абсолютная доверительная погрешность измерений температуры при доверительной вероятности 95 % $\pm (0,02 + 0,00005 \cdot  t )$ °С, где $t$ – измеряемая температура.
7.4.1 – 7.4.2	Вспомогательное оборудование: - термостат жидкостной HUBER CC-410; - шкаф сушильный ШС-80-01 СПУ; - модуль линейного перемещения (каретка с микрометрическим винтом); - изопропиловый спирт ГОСТ 9805-84.	- диапазон рабочих температур от минус 40 до плюс 165 °С; - диапазон рабочих температур от плюс 50 до плюс 350 °С; - диапазон линейных перемещений от 0 до 300 мм.

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

3.3 Средства поверки должны быть аттестованы (поверены) в установленном порядке.

#### 4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускают лиц, изучивших настоящую методику поверки и руководства по эксплуатации (далее по тексту – 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, имеющих опыт работы с высокоточными средствами измерений в области волоконно-

оптических систем передачи информации; прошедших обучение на право проведения поверки по требуемому виду измерений, соответствующих требованиям Приказа Минэкономразвития России от 26.10.2020 № 707 (ред. от 30.12.2020) ст. 41.

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

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 15.12.2020 № 903н, 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 испытаний для легких физических работ.

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

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 Требования к условиям поверки**

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

- температура окружающей среды, °С	от + 15 до + 35;
- относительная влажность воздуха, %	от 45 до 75;
- атмосферное давление, кПа	от 91,3 до 106;
- напряжение питающей сети, В	от 198 до 242;
- частота питающей сети, Гц	от 50 до 60.

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 Проведение поверки**

### **7.1 Внешний осмотр средства измерений**

7.1.1 Комплектность поверяемой системы должна соответствовать комплектности, приведенной в нормативной документации (руководство по эксплуатации и описание типа).

7.1.2 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;  
 - целостность волоконно-оптических кабелей и разъемов поверяемой системы.

7.1.3 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 разделу «Комплектность» РЭ.

## 7.2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

7.2.1 Подготавливают поверяемую систему к работе согласно ее РЭ.

7.2.2 Оптические разъемы поверяемой системы и средств поверки очищают безворсовой салфеткой, смоченным изопропиловым спиртом. Протирают торцы волоконно-оптических кабелей, используемых при проведении поверки.

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

7.2.4 Запускают на персональном компьютере (далее по тексту – ПК) из состава системы программное обеспечение (далее по тексту – ПО) системы.

7.2.5 Система считается прошедшей операцию опробования с положительным результатом, если ПО системы запускается, на мониторе, подключенном к ПК, отображается меню ПО в соответствии с РЭ на систему.

## 7.3 Проверка программного обеспечения средства измерений

7.3.1 Проверяют соответствие заявленных идентификационных данных ПО сведениям, приведенным в описании типа на систему. Для этого включают систему, выбирают в меню ПО вкладку «About».

7.3.2 Система считается прошедшей операцию поверки с положительным результатом, если идентификационные данные ПО соответствуют значениям, приведенным в таблице 3.

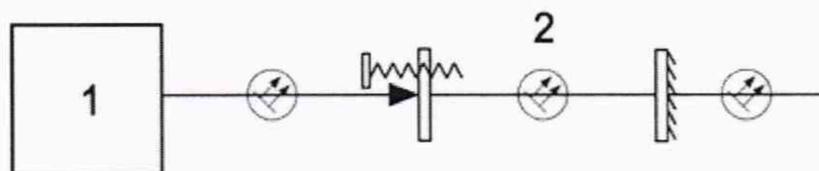
Таблица 3 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Luna ODiSI Software
Номер версии (идентификационный номер) ПО, не ниже	2.2.0
Цифровой идентификатор ПО	-

## 7.4 Определение метрологических характеристик средства измерений

### 7.4.1 Определение диапазона и расчет абсолютной погрешности измерений деформации

7.4.1.1 Собирают установку согласно схеме, приведенной на рисунке 1. Измерения деформации проводят во всём диапазоне измерений деформации (от 0,005 до 1,200 %) на краях и в середине диапазона. Закрепляют тензометрический волоконно-оптический датчик (далее по тексту – ВОД) из состава системы путем намотки на оправы (на рисунке 1 показаны схематично) и подключают его к системе согласно РЭ на нее. Создают преднатяг (предварительное удлинение) деформируемого участка тензометрического ВОД. Для этого перемещают каретку с микрометрическим винтом до тех пор, пока на экране ПК системы не будет получено значение деформации  $(0,020 \pm 0,010) \%$ . Перемещение каретки контролируют с помощью системы лазерной измерительной XL-80, для чего устанавливают на каретку отражатель из состава системы лазерной измерительной XL-80 и измеряют его перемещение согласно РЭ системы лазерной измерительной XL-80.



1 – поверяемая система; 2 – тензометрический ВОД из состава системы

Рисунок 1 – Схема установки для измерений деформации

7.4.1.2 Производят установку нуля поверяемой системы и системы лазерной измерительной XL-80 в соответствии с их РЭ.

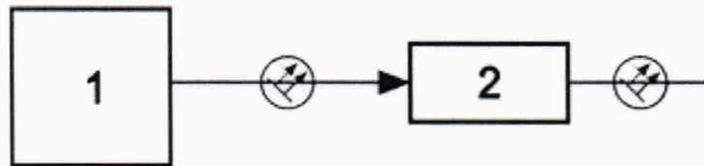
7.4.1.3 Посредством перемещения каретки с микрометрическим винтом и контроля величины перемещения с помощью системы лазерной измерительной XL-80 производят удлинение тензометрического ВОД на величину  $D_{эм} = 0,005 \%$ , что соответствует приблизительно перемещению каретки с микрометрическим винтом на 0,132 мм. Проводят измерение удлинения тензометрического ВОД  $D_i, \%$ , где  $i = (1; 5)$ , 5 раз с помощью поверяемой системы в соответствии с РЭ на нее в одной точке по шкале длины (в середине деформируемого участка тензометрического ВОД).

7.4.1.4 Повторяют операции пп. 7.4.1.3-7.4.1.3 для значений удлинения (деформации) тензометрического ВОД в диапазоне от 0,005 до 1,200 % в точках 0,300; 0,600; 0,900; 1,200 %, что соответствует приблизительно перемещению каретки с микрометрическим винтом на 7,917; 15,833; 23,750; 31,666 мм соответственно.

7.4.1.5 Производят обработку результатов измерений по п. 8.1.

#### 7.4.2 Определение диапазона и расчет абсолютной погрешности измерений температуры

7.4.2.1 Собирают установку согласно схеме, приведенной на рисунке 2. Измерения температуры проводят во всём диапазоне измерений температуры поверяемой системы (от минус 40 до плюс 220 °С) на краях и в середине диапазона. Для определения нижней границы диапазона измерений температуры поверяемой системой используют ВОД температуры из состава поверяемой системы. ВОД температуры помещают термостат жидкостной HUBER CC-410.



1 – поверяемая система; 2 – волоконно-оптический датчик температуры из состава поверяемой системы, помещённый в термостат жидкостной HUBER CC-410 / шкаф сушильный ШС-80-01 СПУ

Рисунок 2 – Схема установки для определения диапазона и границ абсолютной погрешности измерений температуры

7.4.2.2 Вставляют в отверстие термостата жидкостного HUBER CC-410 термометр сопротивления ТСПВ-1 и подключают его к измерителю температуры МИТ 2.05. Производят измерение температуры с помощью измерителя температуры МИТ 2.05 и заносят полученное значение в ПО поверяемой системы в соответствии с РЭ на нее. Производят установку нуля поверяемой системы в соответствии с её РЭ.

7.4.2.3 Опускают температуру в термостате жидкостном HUBER CC-410 до  $(-40 \pm 1) \text{ °С}$  в соответствии с его РЭ. Выжидают 30 минут после достижения заданной температуры.

7.4.2.4 Проводят 5 измерений ВОД температуры с помощью измерителя температуры МИТ 2.05 и поверяемой системы в соответствии с их РЭ, причём в случае поверяемой системы в одной точке по шкале длины (в середине нагреваемого/охлаждаемого участка ВОД температуры). Фиксируют полученные с помощью измерителя температуры МИТ 2.05 значения результатов измерений температуры в термостате жидкостном HUBER CC-410  $T_{ref\_i}, \text{ °С}$ , и температуры ВОД температуры, измеренные поверяемой системой  $T_i, \text{ °С}$ , где  $i = (1; 5)$ .

7.4.2.5 Повторяют операции п. 7.4.2.3-7.4.2.4 для значений температуры в термостате жидкостном HUBER CC-410 в точках плюс 20 °С, плюс 90 °С, плюс 160 °С, плюс 220 °С, используя шкаф сушильный ШС-80-01 СПУ для достижения температуры плюс 220 °С.

7.4.2.6 Производят обработку результатов измерений по п. 8.2.

## 8 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

### 8.1 Обработка результатов измерений деформации

8.1.1 Вычисляют среднее арифметическое измеренных значений деформации тензометрического ВОД  $D_{ср\text{ед}}$ , %, по формуле

$$D_{ср\text{ед}} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}, \quad (1)$$

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

8.1.2 Вычисляют среднее квадратическое отклонение (далее по тексту – СКО) среднего арифметического результатов измерений деформации тензометрического ВОД поверяемой системой  $S_D$ , %, по формуле

$$S_D = \sqrt{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (D_i - D_{ср\text{ед}})^2}. \quad (2)$$

8.1.3 Определяют границы систематической погрешности (далее по тексту – СП) оценки деформации тензометрического ВОД поверяемой системой без учета знака  $\Theta_D$ , м, по формуле

$$\Theta_D = |D_{ср\text{ед}} - D_{эм}|. \quad (3)$$

8.1.4 Вычисляют абсолютную погрешность измерений деформации тензометрического ВОД поверяемой системой без учета знака  $\Delta_D$ , %, (при доверительной вероятности  $p = 0,95$ ) по формуле

$$\Delta_D = 2 \cdot \sqrt{\frac{\Theta_D^2}{3} + S_D^2}. \quad (4)$$

8.1.5 Система считается прошедшей операцию поверки по п. 7.4.1 с положительным результатом, если диапазон измерений деформации составляет от 0,005 до 1,200 % и абсолютная погрешность измерений деформации не превышает значения  $\pm 0,005$  %.

### 8.2 Обработка результатов измерений температуры

8.2.1 Среднее значение температуры ВОД температуры, измеренной системой,  $T_{ср\text{ед}}$ , °С, вычисляют по формуле

$$T_{ср\text{ед}} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n}, \quad (5)$$

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

8.2.2 Среднее значение температуры в термостате  $T_{ref}$ , °С, вычисляют по формуле

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

8.2.3 СКО среднего арифметического результатов измерений температуры с помощью поверяемой системы  $S_T$ , °С, вычисляют по формуле

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

8.2.4 СКО среднего арифметического результатов измерений температуры с помощью измерителя температуры МИТ-2.05  $S_{T_{\text{ref}}}$ , °С, вычисляют по формуле

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

8.2.5 Определяют границы СП оценки температуры поверяемой системой без учета знака  $\Theta_T$ , °С, (при доверительной вероятности  $p = 0,95$ ) по формуле

$$\Theta_T = 1,1 \cdot \sqrt{\sum_{j=1}^3 \Theta_{T_j}^2} , \quad (9)$$

где  $\Theta_1$  – границы СП измерений температуры поверяемой системой, °С, определяемые разностью между средним арифметическим значением измеряемых температур  $T_{\text{сред}}$ , °С, и средним арифметическим значением температур, полученных с помощью измерителя температуры МИТ 2.05,  $T_{\text{ref}}$ , °С;

$\Theta_2$  – границы абсолютной погрешности измерений температуры с помощью измерителя температуры МИТ 2.05, °С, указанные в его свидетельстве о поверке;

$\Theta_3$  – границы абсолютной погрешности измерений температуры с помощью термометра сопротивления ТСПВ-1, °С, указанные в его свидетельстве о поверке.

8.2.6 Вычисляют абсолютную погрешность измерений температуры поверяемой системой без учета знака  $\Delta_T$ , °С, (при доверительной вероятности  $p = 0,95$ ) по формуле

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

8.2.7 Система считается прошедшей операцию поверки по п. 7.4.2 с положительным результатом, если диапазон измерений температуры составляет от минус 40 до плюс 220 °С и абсолютная погрешность измерений температуры не превышает значения  $\pm 1,0$  °С.

8.3 Система считается прошедшей поверку с положительным результатом и допускается к применению, если все операции поверки пройдены с положительным результатом. В ином случае система считается не прошедшей поверку с отрицательным результатом и не допускается к применению.

## 9 Оформление результатов поверки

9.1 Результаты поверки оформляются протоколом (Приложение А). Сведения о результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Начальник сектора Ф-3



А.К. Митюрев

Младший научный сотрудник лаборатории Ф-3



А.О. Погоньшев

**Приложение А**

(Рекомендуемое)

Форма протокола поверки

**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: [vniofi@vniofi.ru](mailto:vniofi@vniofi.ru)  
web-сайт: [www.vniofi.ru](http://www.vniofi.ru)

**ПРОТОКОЛ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПОВЕРКИ**

Системы оптические измерительные распределения механических напряжений и температуры ODiSI 6100

(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 001.Ф3-21 «ГСИ. Системы оптические измерительные распределения механических напряжений и температуры ODiSI 6100. 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 деформации, % (млн <sup>-1</sup> )	от 0,005 до 1,200 (от 50 до 12000)		
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений деформации, %	± 0,005		
Диапазон измерений температуры, °С	от -40 до +220		
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры, °С	± 1,0		

5. Заключение по результатам поверки:

Поверитель:

Подпись

Фамилия И.О.

Дата поверки:

Руководитель  
отделения:

Подпись

Фамилия И.О.