

**Федеральное государственное унитарное предприятие  
«Всероссийский научно-исследовательский институт  
метрологии им. Д.И. Менделеева»  
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»**

УТВЕРЖДАЮ

И.о. генерального директора  
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»  
Пронин А.Н.



(подпись)

М.п. «09» июля 2020 г.

Государственная система обеспечения единства измерений  
Системы лазерные измерительные ХМ-60, ХМ-600

**Методика поверки**

**МП 2511-0004-2020**

Руководитель отдела  
геометрических измерений

Н.А. Кононова  
(подпись)

Ведущий инженер отдела  
геометрических измерений

З.В. Фомкина  
(подпись)

Санкт-Петербург

2020

## 1. Общие положения

1.1 Настоящая методика распространяется на системы лазерные измерительные ХМ-60, ХМ-600 (далее системы), изготовленные компанией «Renishaw plc.», Великобритания, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

## 2. Операции поверки

2.1. При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	№ п. МП	Проведение операции при поверке	
		Первичной	Периодической
Внешний осмотр	4.1	+	+
Опробование	4.2	+	+
Подтверждение соответствия программного обеспечения	4.3	+	+
Определение длины волны лазерного излучения	4.4	+	+
Проверка диапазона и определение абсолютной погрешности измерений линейных перемещений	4.5	+	+
Проверка диапазона и определение абсолютной погрешности измерений угловых перемещений (тангаж, рысканье)	4.6	+	+
Проверка диапазона и определение абсолютной погрешности смещения относительно продольной оси (угла поворота)	4.7	+	+

Методикой поверки предусмотрена возможность проведения поверки для меньшего числа измеряемых величин.

2.2. При проведении поверки системы должны применяться средства измерений, указанные в таблице 2.

Таблица 2

Номер пункта методики поверки	Наименование эталонного средства измерения или вспомогательного средства поверки, номер документа регламентирующего технические требования, метрологические и основные технические характеристики
4.4	Государственный первичный эталон единицы длины – метра ГЭТ 2.
4.5	Государственный первичный эталон единицы длины – метра ГЭТ 2.
4.6	Государственный первичный эталон единицы плоского угла ГЭТ 22.
4.7	Государственный первичный эталон единицы плоского угла ГЭТ 22.

Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых СИ с требуемой точностью.

### 2.3. Требования безопасности.

При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, приведенные в эксплуатационной документации на средства поверки и поверяемую систему.

### 2.4. Условия поверки.

2.4.1. При проведении поверки должны соблюдаться условия, соответствующие рабочим условиям эксплуатации эталонных и поверяемых средств измерений.

## 3. Подготовка к проведению поверки

3.1. Перед проведением поверки необходимо ознакомиться с технической документацией компании «Renishaw plc», Великобритания.

3.2. Выдержать систему и средства поверки не менее 3 часов при условиях, указанных выше.

3.3. Подготовить систему к работе в соответствии с требованиями эксплуатационной документации.

3.4. Подготовить средства поверки к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на них.

## 4. Проведение поверки

### 4.1. Внешний осмотр и проверка комплектности.

При внешнем осмотре должно быть установлено следующее:

- комплектность систем соответствует руководству по пользователю;
- отсутствуют механические повреждения, влияющие на правильность функционирования и метрологические характеристики;
- маркировка соответствует руководству пользователя.

### 4.2. Опробование

При опробовании проверяют функционирование системы в соответствии с требованиями, изложенными в руководстве пользователя.

Для этого подготавливают систему к работе, устанавливая излучатель напротив приемника, подключают ноутбук с программным обеспечением и блок измерений параметров окружающей среды. Включают питание и проверяют наличие лазерного излучения. Включают компьютер, запускают программное обеспечение Renishaw CARTO. Проводят юстировку в соответствии с руководством пользователя, а затем в рабочем окне программы запускают процесс измерений. Плавно перемещая приемник вдоль оси измерения, проверяют, что в рабочем окне программы изменяется значение измеряемого перемещения.

### 4.3. Подтверждение соответствия программного обеспечения

Для идентификации программного обеспечения (далее ПО) систему включают в соответствии с руководством по эксплуатации. Идентификацию ПО проводят по номеру версии в окне «О программе».

Идентификационные данные ПО должны соответствовать приведенным в таблице 3.

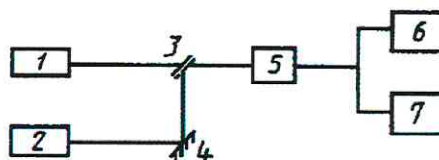
Таблица 3

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Renishaw CARTO
Номер версии (идентификационный номер) ПО*	4.1 SP1
* Номер версии ПО должен быть не ниже указанного в таблице.	

#### 4.4. Определение длины волны лазерного излучения

4.4.1. Длину волны в вакууме лазерного излучения He-Ne лазера определяют с помощью He-Ne/I<sub>2</sub> лазера, стабилизированного по линии насыщенного поглощения в молекулярном йоде 127, и установки для измерения разности частот источников лазерного излучения из состава Государственного первичного эталона единицы длины – метра ГЭТ 2 (далее ГЭТ 2).

Для этого излучатель устанавливают на оптический стол, включают оборудование в соответствии с эксплуатационной документацией и проводят юстировку согласно схеме системы гетеродинирования, приведенной на рисунке 1.



1 - He-Ne/I<sub>2</sub> лазера, стабилизированного по линии насыщенного поглощения в молекулярном йоде 127; 2 – излучатель поверяемой системы; 3 – полупрозрачное зеркало; 4 – зеркало; 5 – фотоприемное устройство; 6 – частотомер; 7 – анализатор спектра

Рисунок 1 – Схема системы гетеродинирования

После включения и юстировки необходимо выдержать оборудование во включенном состоянии в течение времени, указанного в эксплуатационной документации, но не менее 30 минут.

После прогрева источников лазерного излучения в режиме стабилизации частоты добиться при помощи юстировки положения зеркал наибольшего значения амплитуды сигнала разностной частоты на экране анализатора спектра. Провести измерения разностной частоты  $\Delta f$ , снимая показания с частотомера.

Значение частоты лазерного излучения системы определяют по формуле

$$f_{нов} = f_{эм} + \Delta f, \quad (3)$$

где  $f_{эм}$  – значение частоты источника лазерного излучения из состава.

Длину волны в вакууме лазерного излучения системы  $\lambda_{нов}$  вычисляют по формуле

$$\lambda_{nos} = \frac{c}{f_{nos}}, \quad (4)$$

где  $c=299792458$  м/с – скорость света в вакууме.

4.4.2. Длину волны светодиода определяют с помощью ГЭТ 2 по п. 4.4.1.

#### 4.5. Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений линейных перемещений

Диапазон и абсолютную погрешность измерений линейных перемещений определяют с помощью компаратора лазерного интерференционного тридцатиметрового из состава Государственного первичного эталона единицы длины – метра ГЭТ 2-2010. Для этого необходимо выполнить следующие операции.

4.5.1. Излучатель установить на неподвижном основании компаратора лазерного интерференционного тридцатиметрового, входящего в состав Государственного первичного эталона единицы длины – метра ГЭТ 2-2010 (далее компаратора), таким образом, чтобы излучение проходило вдоль оси компаратора.

4.5.2. Приемник системы закрепить на каретке компаратора.

4.5.3. В соответствии с руководством пользователя подготовить систему для выполнения измерений линейных перемещений.

4.5.4. Провести одновременно, при помощи компаратора и системы, измерения перемещений в следующих точках диапазона или близким к ним: 0,1; 0,5; 1; 2; 3; 4.

4.5.5. Определить абсолютную погрешность измерений линейных перемещений  $\Delta_X$  для каждого из значений, указанных в п. 4.5.4, по формуле

$$\Delta_X = X_{изм} - X_{эт}, \quad (1)$$

где  $X_{изм}$  – значение линейного перемещения, измеренное системой;

$X_{эт}$  – значение линейного перемещения, измеренное компаратором.

Диапазон измерений линейных перемещений должен составлять от 0 до 4 м. Абсолютная погрешность измерений линейных перемещений не должна превышать значений, указанных в таблице 4.

Таблица 4

Наименование характеристики	Значение
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений линейных перемещений (с компенсацией изменения параметров окружающей среды), мкм	
- в диапазоне от 0 до 0,04 м	$\pm 0,02$
- в диапазоне от 0,04 до 4 м	$\pm 0,5 \cdot L$
	(L – измеренное перемещение в метрах)

#### 4.6. Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений угловых перемещений (тангаж, рысканье)

Диапазон и абсолютную погрешность измерений угловых перемещений определяют с помощью стола поворотного из состава Государственного первичного эталона единицы плоского угла ГЭТ 22 (далее стола поворотного). Для этого необходимо выполнить следующие операции.

4.6.1. Закрепить приемник системы с отражателями на столе поворотном таким образом, чтобы измерение угловых перемещений осуществлялось относительно поперечной оси (тангаж).

4.6.2. Излучатель установить на неподвижном основании на расстоянии  $(1 \pm 0,1)$  м от оси стола поворотного.

4.6.3. В соответствии с руководством пользователя подготовить систему для выполнения угловых измерений.

4.6.4. Провести одновременно, при помощи стола поворотного и системы, измерение угловых перемещений в следующих точках диапазона измерений или близким к ним:  $\pm 1''$ ,  $\pm 5''$ ,  $\pm 10''$ ,  $\pm 20''$ ,  $\pm 30''$ ,  $\pm 40''$ ,  $\pm 50''$ ,  $\pm 60''$ ,  $\pm 70''$ ,  $\pm 80''$ ,  $\pm 90''$ ,  $\pm 100''$ .

4.6.5. Определить абсолютную погрешность измерений угловых перемещений (тангаж)  $\Delta_\alpha$  для каждого из значений, указанных в п. 4.6.4, по формуле

$$\Delta_\alpha = \alpha_{изм} - \alpha_{эм}, \quad (2)$$

где  $\alpha_{изм}$  – значение углового перемещения (тангаж), измеренное системой;

$\alpha_{эм}$  – значение углового перемещения, измеренное с помощью стола поворотного.

4.6.6. Закрепить приемник системы с отражателями на столе поворотном таким образом, чтобы измерение угловых перемещений осуществлялось относительно вертикальной оси (рысканье).

4.6.7. Излучатель установить на неподвижном основании на расстоянии  $(1 \pm 0,1)$  м от оси стола поворотного.

4.6.8. В соответствии с руководством пользователя подготовить систему для выполнения угловых измерений.

4.6.9. Провести одновременно, при помощи стола поворотного и системы, измерение угловых перемещений в следующих точках диапазона измерений или близким к ним:  $\pm 1''$ ,  $\pm 5''$ ,  $\pm 10''$ ,  $\pm 20''$ ,  $\pm 30''$ ,  $\pm 40''$ ,  $\pm 50''$ ,  $\pm 60''$ ,  $\pm 70''$ ,  $\pm 80''$ ,  $\pm 90''$ ,  $\pm 100''$ .

4.6.10. Определить абсолютную погрешность измерений угловых перемещений (рысканье)  $\Delta_\alpha$  для каждого из значений, указанных в п. 4.6.9, по формуле, приведенной в п. 4.6.5.

Диапазон измерений угловых перемещений (тангаж, рысканье) должен составлять  $\pm 100''$ .

Абсолютная погрешность измерений угловых перемещений (тангаж, рысканье) не должна превышать значений, указанных в таблице 5.

Таблица 5

Наименование характеристики	Значение
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений угловых перемещений (тангаж, рысканье), угловые секунды	$\pm(0,006 \cdot A + 0,1 + 0,02 \cdot M)$ (M – расстояние от излучателя до приемника в метрах, A – угловое перемещение в угловых секундах)

#### 4.7. Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений смещений относительно продольной оси (угла поворота)

Диапазон и абсолютную погрешность измерений угловых смещений относительно продольной оси (угла поворота) определяют с помощью автоколлиматора из состава Государственного первичного эталона единицы плоского угла ГЭТ 22 (далее стола поворотного). Для этого необходимо выполнить следующие операции.

4.7.1. На приемнике системы закрепить плоское зеркало.

4.7.2. Излучатель установить на неподвижном основании.

4.7.3. В соответствии с руководством пользователя подготовить систему для выполнения угловых измерений.

4.7.4. Задавая угловые смещения относительно продольной оси в следующих точках диапазона измерений или близким к ним:  $\pm 1''$ ,  $\pm 5''$ ,  $\pm 10''$ ,  $\pm 20''$ ,  $\pm 30''$ ,  $\pm 40''$ ,  $\pm 50''$ ,  $\pm 60''$ ,  $\pm 70''$ ,  $\pm 80''$ ,  $\pm 90''$ ,  $\pm 100''$ , провести одновременные измерения угловых смещений при помощи автоколлиматора и системы.

4.7.5. Определить абсолютную погрешность измерений угловых смещений относительно продольной оси (угла поворота)  $\Delta_\alpha$  для каждого из значений, указанных в п. 4.7.4, по формуле

$$\Delta_\alpha = \alpha_{изм} - \alpha_{эт}, \quad (3)$$

где  $\alpha_{изм}$  – значение углового перемещения, измеренное системой;

$\alpha_{эт}$  – значение углового перемещения, измеренное с помощью автоколлиматора.

Диапазон измерений угловых смещений относительно продольной оси (угла поворота) должен составлять  $\pm 100''$ .

Абсолютная погрешность измерений угловых смещений относительно продольной оси (угла поворота) не должна превышать значений, указанных в таблице 6.

Таблица 6

Наименование характеристики	Значение
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений смещений относительно продольной оси (угла поворота), угловые секунды	$\pm(0,01 \cdot A + 1,82)$ (A – угловое смещение в угловых секундах)

## 5. Оформление результатов поверки

Результаты поверки системы оформляются протоколом установленной формы (приложение А). В случае положительных результатов выдается свидетельство о поверке. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

В случае отрицательных результатов по любому из вышеперечисленных пунктов система признается непригодной к применению. На нее выдается извещение о непригодности с указанием причин.

**Приложение А**  
**Форма протокола поверки (рекомендуемая)**

Протокол № \_\_\_\_\_

Система лазерная измерительная \_\_\_\_\_, зав. № \_\_\_\_\_  
Дата поверки \_\_\_\_\_  
Методика поверки \_\_\_\_\_

**Средства поверки**

Наименование средств поверки, заводские номера \_\_\_\_\_

**Условия проведения поверки**

Температура окружающего воздуха \_\_\_\_\_  
Относительная влажность воздуха \_\_\_\_\_  
Атмосферное давление \_\_\_\_\_

**Результаты поверки**

1. Внешний осмотр \_\_\_\_\_
2. Опробование \_\_\_\_\_
3. Результаты идентификации ПО  
Номер версии ПО \_\_\_\_\_
4. Длина волны в вакууме лазерного излучения He-Ne лазера \_\_\_\_\_  
Длина волны лазерного излучения светодиода \_\_\_\_\_
5. Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений линейных перемещений

Таблица 1. Результаты поверки

Поверяемая точка диапазона, м	Абсолютная погрешность измерений линейных перемещений, мкм

6. Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений угловых перемещений (тангаж, рысканье)

Таблица 2. Результаты поверки

Поверяемая точка диапазона, градусы	Абсолютная погрешность измерений угловых перемещений, угловые секунды

7. Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений смещений относительно продольной оси (угла поворота)

Таблица 3. Результаты поверки

Поверяемая точка диапазона, градусы	Абсолютная погрешность измерений угловых перемещений, угловые секунды

Система лазерная измерительная \_\_\_\_\_, зав. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (годен, не годен, указать причины)

Поверитель \_\_\_\_\_ (подпись)  
(фамилия, имя, отчество)