

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

СОГЛАСОВАНО

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



А.Н. Пронин

М.п.

«03» декабря 2021 г.

Государственная система обеспечения единства измерений
Интерферометры лазерные Lasertex HPI-3D

Методика поверки

МП 2511-0003-2021

Руководитель отдела геометрических измерений

Н.А. Кононова

г. Санкт-Петербург
2021

1 Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на интерферометры лазерные Lasertex HPI-3D (далее интерферометры), изготовленные компанией «Lasertex Co. Ltd.», Польша, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

Методика поверки обеспечивает прослеживаемость интерферометров к Государственному первичному эталону единицы длины — метра ГЭТ 2-2021 (далее – ГЭТ 2-2021).

Метод, обеспечивающий реализацию методики поверки: сличение с эталоном.

При пользовании настоящей методикой поверки целесообразно проверить действие ссылочных документов по соответствующему указателю стандартов, составленному по состоянию на 1 января текущего года и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящей методикой следует руководствоваться заменяющим (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

Методикой поверки не предусмотрена возможность проведения поверки отдельных измерительных каналов и (или) отдельных автономных блоков из состава средства измерений для меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений.

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень операций поверки

Наименование операции	Номер пункта документа по поверке	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр средства измерений	6	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	7	Да	Да
Проверка программного обеспечения средства измерений	8	Да	Да
Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям: - определение длины волны в вакууме лазерного излучения; - определение абсолютной погрешности измерений линейных перемещений	9	Да	Да
	10	Да	Да

2.2 Поверка прекращается при получении отрицательных результатов по одному из пунктов.

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- диапазон температур окружающего воздуха, °Сот 15 до 25;
- диапазон атмосферного давления, кПа.....от 84 до 106;
- относительная влажность воздуха, %, не более.....80.

4 Метрологические и технические требования к средствам поверки

4.1 При проведении поверки интерферометров должны применяться средства измерений, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

Номер пункта документа по поверке	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки, обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, метрологические и основные технические характеристики средства поверки
8, 9	Государственный первичный эталон единицы длины – метра ГЭТ 2-2021, Приказ Росстандарта № 63 от 02 февраля 2021 года.

4.2 Допускается применять другие вновь разработанные или существующие средства измерений с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими требуемую точность передачи единицы длины.

4.3 Применяемые средства поверки должны быть поверены согласно порядку, установленному приказом Минпромторга РФ от 31.07.2020 № 2510, или аттестованы согласно порядку, установленному приказом Минпромторга РФ от 11.02.2020 № 456.

5 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности, определяемые правилами безопасности труда, действующими на предприятии, а также изложенные в документе «Интерферометры лазерные Lasertex HPI-3D. Руководство по эксплуатации» (далее – руководство по эксплуатации).

6 Внешний осмотр средства измерений

Внешний осмотр производится визуально.

При внешнем осмотре должно быть установлено:

- соответствие внешнего вида интерферометров описанию типа;
- наличие знака утверждения типа в месте, указанном в описании типа;
- комплектность интерферометра в соответствии с руководством по эксплуатации;
- отсутствие механических повреждений, влияющих на правильность функционирования и метрологические характеристики;
- наличие информационной таблички, содержащей сведения о наименовании и заводском номере.

7 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

7.1 Перед проведением поверки необходимо ознакомиться с руководством по эксплуатации.

7.2 Выдержать поверяемый интерферометр не менее 3 часов при условиях, указанных выше.

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

7.4 При опробовании проверяют функционирование интерферометров в соответствии с требованиями, изложенными в руководстве по эксплуатации.

Для этого сначала собирают оптическую схему для измерений линейных перемещений, подключают с программным обеспечением и датчики параметров окружающей среды. Включают питание и проверяют наличие лазерного излучения. Включают ноутбук, запускают программное обеспечение «HPI Software». Проводят юстировку в соответствии с руководством по эксплуатации, а затем в рабочем окне программы запускают процесс измерений. Плавно перемещая линейный ретрорефлектор вдоль оси измерения, проверяют, что в рабочем окне программы изменяется значение измеряемого перемещения.

8 Проверка программного обеспечения средства измерений

Проверку идентификационных данных программного обеспечения (далее — ПО) проводить в следующей последовательности.

Для идентификации ПО «HPI Software» включить интерферометр и запустить ПО. В открывшемся окне появится отображение наименования и версии ПО.

Номер версии и наименование ПО должны соответствовать данным, приведенным в таблице 3.

Таблица 3 – Идентификационные данные ПО

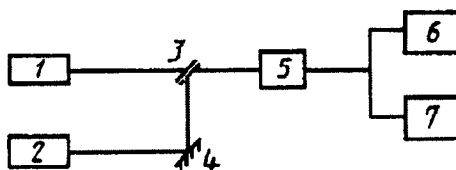
Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	HPI Software
Номер версии (идентификационный номер) ПО, не ниже	8.9.5a

9 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.1 Определение длины волны в вакууме лазерного излучения

Длину волны в вакууме лазерного излучения определяют с помощью He-Ne/I₂ лазера, стабилизированного по линии насыщенного поглощения в молекулярном йоде 127, и установки для измерения разности частот источников лазерного излучения из состава ГЭТ 2-2021.

Для этого лазерную головку интерферометра 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/I₂ лазер, стабилизированный по линии насыщенного поглощения в молекулярном йоде 127; 2 – лазерная головка поверяемого интерферометра;
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 Δf , снимая показания с частотомера.

9.2 Определение абсолютной погрешности измерений линейных перемещений

Абсолютную погрешность измерений линейных перемещений определяют с помощью компаратора универсального интерференционного метрового и компаратора лазерного интерференционного тридцатиметрового из состава ГЭТ 2-2021. Для этого необходимо выполнить следующие операции.

9.2.1 Лазерную головку интерферометра установить на неподвижном основании компаратора универсального интерференционного метрового (далее метрового компаратора), таким образом, чтобы излучение проходило вдоль оси компаратора.

9.2.2 Линейный ретрорефлектор закрепить на каретке метрового компаратора.

9.2.3 В соответствии с руководством по эксплуатации собрать оптическую схему и подготовить интерферометр для выполнения измерений линейных перемещений.

9.2.4 Провести одновременно при помощи метрового компаратора и интерферометра измерения перемещений в следующих точках диапазона или близким к ним: 0,1; 0,5; 1 м.

9.2.5 Лазерную головку интерферометра закрепить на неподвижном основании компаратора лазерного интерференционного тридцатиметрового (далее тридцатиметрового компаратора), таким образом, чтобы излучение лазерного блока проходило вдоль оси компаратора, либо установить рядом на штативе и, используя зеркало, направить излучение вдоль оси компаратора.

9.2.6 Линейный ретрорефлектор закрепить на каретке компаратора.

9.2.7 В соответствии с руководством по эксплуатации, собрать оптическую схему и подготовить интерферометр для выполнения измерений линейных перемещений.

9.2.8 Провести одновременно при помощи тридцатиметрового компаратора и интерферометра измерения перемещений в следующих точках диапазона или близким к ним: 5; 10; 20; 30 м.

9.3 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.3.1 Значение частоты лазерного излучения интерферометра определяют по формуле

$$f_{изм} = f_{эт} + \Delta f, \quad (1)$$

где $f_{эт}$ – значение частоты источника лазерного излучения из состава ГЭТ 2-2021.

Длину волны в вакууме лазерного излучения интерферометра $\lambda_{изм}$ вычисляют по формуле

$$\lambda_{изм} = \frac{c}{f_{изм}}, \quad (2)$$

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

9.3.2 Определить абсолютную погрешность измерений линейных перемещений Δx для каждого из значений, указанных в п. 9.2.4, по формуле

$$\Delta x = X_{изм} - X_{эт}, \quad (3)$$

где $X_{изм}$ – значение линейного перемещения, измеренное интерферометром;
 $X_{эт}$ – значение линейного перемещения, измеренное метровым компаратором.

9.3.3 Определить абсолютную погрешность измерений линейных перемещений Δx для каждого из значений, указанных в п. 9.2.8, по формуле

$$\Delta x = X_{изм} - X_{эт}, \quad (4)$$

где $X_{изм}$ – значение линейного перемещения, измеренное интерферометром;
 $X_{эт}$ – значение линейного перемещения, измеренное тридцатиметровым компаратором.

9.3.4 Интерферометр считается прошедшим поверку, если абсолютная погрешность измерений линейных перемещений не превышает $\pm(0,02+0,4 \cdot L)$ мкм, где L – измеренное перемещение в метрах.

9.3.5 Критерии подтверждения соответствия обязательным требованиям, предъявляемым к эталону.

Если значения абсолютной погрешности измерений линейных перемещений удовлетворяют требованиям п. 9.3.4 настоящей методики, то нормированные характеристики интерферометра сравниваются с обязательными метрологическими требованиями, предъявляемыми п.п. 4.2.2 и 4.3.2 Государственной поверочной схемой для средств измерений длины в диапазоне от $1 \cdot 10^{-9}$ до 100 м и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм, утвержденной приказом Росстандарта № 2840 от 29.12.2018 г. (далее – ГПС).

Интерферометр считается прошедшим поверку в качестве рабочего эталона 2 разряда в соответствии с 2 и 3 частями ГПС, если доверительные границы абсолютной погрешности при доверительной вероятности 0,99 не превышают $\pm (0,02+0,5 \cdot L)$ мкм, где L – длина в метрах.

10 Оформление результатов поверки

10.1 При проведении поверки интерферометра оформляют протокол поверки. Рекомендуемая форма протокола поверки интерферометра в качестве рабочего средства измерений приведена в Приложении А. Рекомендуемая форма протокола поверки интерферометра в качестве рабочего эталона приведена в Приложении Б.

10.2 Интерферометры, удовлетворяющие требованиям настоящей методики поверки, признают годными к применению. При отрицательных результатах поверки по одну из пунктов методики интерферометры не допускаются к применению.

10.3 Результаты поверки подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Приложение А
Форма протокола поверки (рекомендуемая)

Протокол поверки № _____

Наименование средства измерения, тип	Интерферометр лазерный Lasertex HPI-3D
Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде	
Заводской (серийный) номер или буквенно-цифровое обозначение	
Изготовитель (если имеется информация)	
Год выпуска (если имеется информация)	
Заказчик (наименование и юридический адрес)	
Владелец (наименование и юридический адрес)	
Серия и номер знака предыдущей поверки (при наличии) Дата предыдущей поверки	
Адрес места выполнения поверки (если поверка выполняется на территории Заказчика)	-

Вид поверки: _____.

Методика поверки: МП 2511-0003-2021 «ГСИ. Интерферометры лазерные Lasertex HPI-3D. Методика поверки», утвержденный ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» 03 декабря 2021 г.

Средства поверки: _____.

Условия поверки:

Параметры	Требования НД	Измеренные значения
Температура окружающего воздуха, °С		
Относительная влажность воздуха, %		
Атмосферное давление, кПа		

Результаты поверки:

1. Внешний осмотр: _____.
2. Опробование: _____.
3. Проверка программного обеспечения _____.
4. Определение длины волны в вакууме лазерного излучения: _____.
5. Определение абсолютной погрешности измерений линейных перемещений.

Таблица 1 – Результаты поверки с помощью компаратора универсального интерференционного метрового

Номинальное значение линейного перемещения, м	Значение линейного перемещения, измеренное компаратором $X_{эт}$, мм	Значение линейного перемещения, измеренное системой $X_{изм}$, мм	Абсолютная погрешность измерений линейных перемещений Δx , мкм
0,1			
0,5			
1,0			

Таблица 2 – Результаты поверки с помощью компаратора лазерного интерференционного тридцатиметрового

Номинальное значение линейного перемещения, м	Значение линейного перемещения, измеренное компаратором $X_{эт}$, мм	Значение линейного перемещения, измеренное системой $X_{изм}$, мм	Абсолютная погрешность измерений линейных перемещений Δx , мкм
5			
10			
20			
30			

На основании результатов поверки выдано (по заявлению владельца СИ):

Свидетельство о поверке № _____ от _____

Поверку произвел

ФИО

Подпись

Дата

Приложение Б
Форма протокола поверки (рекомендуемая)

Протокол поверки № _____

Наименование средства измерения (эталоны), тип	Интерферометр лазерный Lasertex HPI-3D
Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде	
Заводской (серийный) номер или буквенно-цифровое обозначение	
Изготовитель (если имеется информация)	
Год выпуска (если имеется информация)	
Заказчик (наименование и юридический адрес)	
Владелец (наименование и юридический адрес)	
Серия и номер знака предыдущей поверки (при наличии)	
Дата предыдущей поверки	
Адрес места выполнения поверки (если поверка выполняется на территории Заказчика)	-

Вид поверки: _____.

Методика поверки: МП 2511-0003-2021 «ГСИ. Интерферометры лазерные Lasertex HPI-3D. Методика поверки», утвержденный ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» 03 декабря 2021 г.

Средства поверки: _____.

Условия поверки:

Параметры	Требования НД	Измеренные значения
Температура окружающего воздуха, °С		
Относительная влажность воздуха, %		
Атмосферное давление, кПа		

Результаты поверки:

1. Внешний осмотр: _____.
2. Опробование: _____.
3. Проверка программного обеспечения _____.
4. Определение длины волны в вакууме лазерного излучения: _____.
5. Определение абсолютной погрешности измерений линейных перемещений.

Номинальное значение линейного перемещения, м	Значение линейного перемещения, измеренное компаратором $X_{эт}$, мм	Значение линейного перемещения, измеренное системой $X_{изм}$, мм	Абсолютная погрешность измерений линейных перемещений Δx , мкм
0,1			
0,5			
1,0			

Таблица 2 – Результаты поверки с помощью компаратора лазерного интерференционного тридцатиметрового

Номинальное значение линейного перемещения, м	Значение линейного перемещения, измеренное компаратором $X_{эт}$, мм	Значение линейного перемещения, измеренное системой $X_{изм}$, мм	Абсолютная погрешность измерений линейных перемещений Δx , мкм
5			
10			
20			
30			

Заключение: интерферометр лазерный Lasertex HPI-3D соответствует предъявляемым требованиям и признан годным к применению в качестве рабочего эталона 2 разряда в соответствии с 2 и 3 частями Государственной поверочной схемы для средств измерений длины в диапазоне от $1 \cdot 10^{-9}$ до 100 м и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм, утвержденной приказом Росстандарта № 2840 от 29.12.2018 г.

На основании результатов поверки выдано (по заявлению владельца СИ):

Свидетельство о поверке № _____ от _____

Поверку произвел

ФНО

Подпись

Дата