

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии  
Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский  
институт метрологии им. Д.И. Менделеева»  
Уральский научно-исследовательский институт метрологии - филиал  
Федерального государственного унитарного предприятия  
«Всероссийский научно-исследовательский институт  
метрологии им. Д.И. Менделеева»  
(УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»)

СОГЛАСОВАНО

Директор УНИИМ - филиала  
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»



Е.П. Соби́на

2025 г.

ГСИ. Измерители отклонений от прямолинейности Лазерная струна ЛС-1.  
Методика поверки

МП 16-233-2024

Екатеринбург  
2025

Разработана: Уральским научно-исследовательским институтом метрологии – филиалом  
Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-  
исследовательский институт метрологии им. Д.И.Менделеева»  
(УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева»)

Исполнители: И.о. заведующего лабораторией 233                      Трибушевская Л.А.  
Инженер I категории лаборатории 233                      Фетисова А.С.

Согласована      УНИИМ – филиалом ФГУП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева»  
« 22 » января 2025 г.

Введена впервые

## Содержание

<b>1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....</b>	<b>4</b>
<b>2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ.....</b>	<b>5</b>
<b>3 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ .....</b>	<b>5</b>
<b>4 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....</b>	<b>6</b>
<b>5 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ .....</b>	<b>6</b>
<b>6 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ.....</b>	<b>6</b>
<b>7 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....</b>	<b>7</b>
<b>8 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....</b>	<b>7</b>
<b>9 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ .....</b>	<b>8</b>
<b>10 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....</b>	<b>8</b>
<b>11 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ.....</b>	<b>9</b>
<b>12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.....</b>	<b>14</b>



Государственная система обеспечения единства измерений

**Измерители отклонений от прямолинейности Лазерная струна ЛС-1**

Методика поверки

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на измерители отклонений от прямолинейности Лазерная струна ЛС-1 (далее – Лазерная струна ЛС-1), предназначенные для измерений отклонений от прямолинейности, плоскостности и соосности.

1.2 Поверка Лазерной струны ЛС-1 должна проводиться в соответствии с требованиями настоящей методики.

1.3 При проведении поверки должна обеспечиваться прослеживаемость Лазерной струны ЛС-1 к ГЭТ 130-2019 «Государственному первичному специальному эталону единицы длины в области измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности» согласно Государственной поверочной схемы для средств измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности, утвержденной приказом Росстандарта № 314 от 15 марта 2021 г.

1.4 Методы, обеспечивающие реализацию методики поверки – методы прямых измерений.

1.5 Настоящая методика поверки применяется для поверки измерителей отклонений от прямолинейности Лазерная струна ЛС-1, используемых в качестве рабочего средства измерений. В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Рабочее расстояние от объектива до приемника, м	от 0,5 до 30
Диапазон измерений отклонений от опорной прямой, мм: - визуальным способом - фотоэлектрическим способом	от +5,0 до -5,0 от +3,0 до -3,0
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений отклонений от опорной прямой, мм: - визуальным способом - фотоэлектрическим способом	$\pm 0,1$ $\pm 0,05$
Диапазон измерений длины, мм - отсчетными устройствами магнитной подставки - фотоэлектрическим отсчетным устройством	от 0 до 10 от 0 до 6
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений длины, мм - отсчетными устройствами магнитной подставки - фотоэлектрическим отсчетным устройством	$\pm 0,02$ $\pm 0,005$

## 2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

2.1 В настоящей методике использованы ссылки на следующие документы:

Приказ Росстандарта от 15 марта 2021 г. № 314	«Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений в области прямолинейности и плоскостности»
ГОСТ Р 55878-2013	Спирт этиловый гидролизный ректификованный. Технические условия
ТУ 6-02-1244-83	Эфир петролейный
ТУ 2 034-439-88	Призмы поверочные и разметочные с одной призматической выемкой и накладной типа III

*Примечание - При использовании настоящей методики целесообразно проверить действие ссылочных документов. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящей методикой следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то раздел, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.*

## 3 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

3.1 Первичную поверку Лазерной струны ЛС-1 выполняют до ввода в эксплуатацию, а также после ее ремонта.

3.2 Периодическую поверку выполняют в процессе эксплуатации Лазерной струны ЛС-1.

3.3 При проведении первичной и периодической поверок Лазерной струны ЛС-1 должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 - Операции поверки

Наименование операции	Обязательность проведения операций при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	да	да	8
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	да	да	9
Проверка барабанов отсчетного устройства магнитной подставки приемной системы	да	нет	9.6
Проверка программного обеспечения средства измерений	да	да	10
Проверка цены деления шкалы, диапазона измерений и погрешности отсчетного устройства микрометрических винтов магнитной подставки	да	нет	11.1
Проверка цены деления шкалы, диапазона измерений и погрешности фотоэлектрического отсчётного устройства	да	нет	11.2
Проверка параллельности оси лазерного пучка образующей корпуса лазерной трубы	да	нет	11.3
Проверка рабочего расстояния от объектива до приемника, определение среднеквадратического отклонения (СКО) погрешности наведения	да	да	11.4
Определение погрешности воспроизведения положения лазерного пучка лучей в пространстве	да	да	11.5



3.4 По заявлению владельца допускается поверка Лазерной струны ЛС-1 в ограниченном диапазоне расстояний с указанием в свидетельстве о поверке.

3.5 При получении отрицательного результата при проведении любой из операций по таблице 2, поверку Лазерной струны ЛС-1 следует прекратить.

#### 4 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

4.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С от 19 до 21;
- скорость изменений температуры в течение часа, °С не более 0,5;
- относительная влажность воздуха, %, не более 80;
- атмосферное давление, кПа от 94 до 104.

4.2 В помещении не должно быть пыли, вибраций, паров кислот и щелочей.

#### 5 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

5.1 К проведению работ по поверке Лазерной струны ЛС-1 допускаются лица, прошедшие специальное обучение на поверителя, ознакомившиеся с эксплуатационной документацией на Лазерную струну ЛС-1 и средства поверки, работающие в метрологической службе предприятия, аккредитованной на право поверки средств измерений.

#### 6 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки должны быть использованы средства поверки, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – Метрологические требования к средствам поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
Раздел 8 Внешний осмотр средства измерений Раздел 9 Подготовка к поверке и опробование средства измерений Раздел 11 Определение метрологических характеристик средства измерений	Средство измерений температуры и относительной влажности с диапазонами измерений, охватывающими условия по п. 4, пределы основной абсолютной погрешности измерения влажности $\pm 2\%$ , пределы абсолютной погрешности измерения температуры $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , пределы абсолютной погрешности измерения атмосферного давления $\pm 3\text{ кПа}$	Прибор комбинированный для контроля параметров окружающей среды MeteoSmart, рег. №76455-19
п. 9.6 Проверка барабанов отсчетного устройства магнитной подставки приемной системы	Щуп с номинальным размером 0,5 мм	Щупы модели 82103, рег. № 369-89
п. 11.1 Проверка цены деления шкалы, диапазона измерений и погрешности отсчетных устройств магнитной подставки	Угольник поверочный 90°, размерами 100×70 мм Средство измерений длины от 0 до 10 мм, $\Delta=\pm 3\text{ мкм}$	Угольник поверочный 90° Garant серии 45, рег. № 74361-19; Микроскоп видеоизмерительный серии MBZ, рег. № 74241-19
п. 11.2 Проверка цены деления шкалы, диапазона измерений и погрешности фотоэлектрического отсчётного устройства		



Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 11.3 Проверка параллельности оси лазерного пучка образующей корпуса лазерной трубы	Призма поверочная и разметочная первого типа по ТУ 2-034-439-88	Призма поверочная и разметочная первого типа по ТУ 2-034-439-88
п. 11.4 Проверка рабочего расстояния от объектива до приемника, определение СКО погрешности наведения	Рабочий эталон 2-го разряда согласно Приказу Росстандарта от 15 марта 2021 г. № 314	Уровни электронные модели BlueLevel, рег. № 35557-13
п. 11.5 Определение погрешности воспроизведения положения лазерного пучка лучей в пространстве (отклонение от прямолинейности линии визирования Лазерной струны ЛС-1)	Средство измерений длины от 0 до 30 м, пределы основной абсолютной погрешности измерения длины $\pm 3$ мм	Рулетка измерительная металлическая EX20/5, рег. № 22003-07

6.2 Эталоны, применяемые для поверки, должны быть поверены (аттестованы), средства измерений – поверены.

6.3 Для проведения поверки допускается применение других средств поверки, не приведенных в таблице 3, утвержденных и аттестованных эталонов единиц величин, средств измерений утвержденного типа и поверенных, удовлетворяющих метрологическим требованиям, указанным в таблице 3.

## 7 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

7.1 При проведении поверки должны выполняться требования безопасности, указанные в эксплуатационной документации на применяемые средства поверки и поверяемое средство измерений.

7.2 При переноске футляров с Лазерной струной ЛС-1 необходимо пользоваться предназначенными для этого ручками.

## 8 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие Лазерной струны ЛС-1 следующим требованиям: на наружных поверхностях вновь изготовленных Лазерных струн ЛС-1 не должно быть дефектов, ухудшающих внешний вид; у Лазерных струн ЛС-1, находящихся в эксплуатации, не должно быть дефектов, влияющих на работоспособность прибора; острые углы и кромки деталей должны быть притуплены; надписи, деления и цифры должны быть четкими; на поверхностях оптических деталей не должно быть выколов, царапин и точек, мешающих наблюдению, не допускается их расклейка.

8.2 Комплектность проверяют сличением с данными паспорта.

8.3 В случае если при внешнем осмотре Лазерной струны ЛС-1 выявлены повреждения или дефекты, способные оказать влияние на безопасность проведения поверки или результаты поверки, поверка может быть продолжена только после устранения этих повреждений или дефектов.



## 9 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Перед поверкой средства поверки и поверяемая Лазерная струна ЛС-1 должны быть выдержаны в условиях поверки не менее 3-х часов.

9.2 Проводят контроль условий поверки с помощью термогигрометра на соответствие требованиям пункта 4.1 настоящей методики.

9.3 Средства поверки и поверяемая Лазерная струна ЛС-1 должны быть подготовлены к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на них.

9.4 Перед поверкой поверхности Лазерной струны ЛС-1 протирают чистой мягкой салфеткой. Пыль с оптических поверхностей удаляют чистой кисточкой, жирные пятна – ватным тампоном, слегка смоченным в спирте ГОСТ Р 55878 или эфире петролейном по ТУ 6-02-1244-83.

9.5 При опробовании Лазерной струны ЛС-1 должно быть установлено соответствие следующим требованиям: все перемещения подвижных частей (перемещение и поворот Лазерной струны ЛС-1 в установочном устройстве, разворот трубы визирной вокруг своей оси, вращение отсчетных барабанов должны проходить плавно, без заеданий; зажимные устройства должны обеспечивать надежную фиксацию частей Лазерной струны ЛС-1.

### 9.6 Проверка барабанов отсчетного устройства магнитной подставки приемной системы

9.6.1 Проверку барабанов отсчетного устройства магнитной подставки производить опробованием от руки. Барабаны отсчетного устройства подставки должны обеспечивать плавный ход, без рывков и заеданий во всем диапазоне их работы. При вращении барабана отсчетного устройства не должно наблюдаться трения барабана о стемпель.

9.6.2 Установить нулевой отсчет по шкале барабана. Ближайший штрих шкалы стемпеля при этом должен быть виден целиком. После этого вращением барабана совместить торец барабана с правым краем стемпеля и по шкале барабана снять отсчет. Вращением барабана совместить торец барабана с левым краем стемпеля и по шкале барабана снять отсчет. Разность отсчетов должна быть в пределах десяти делений.

9.6.3 Расстояние от стемпеля до верхнего края торца конической части барабана проверяют с помощью щупа номинальным размером 0,5 мм. Щуп приложить к стемпелю. Расстояние от стемпеля до верхнего края торца конической части барабана должно быть не более 0,5 мм.

## 10 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

10.1.1 Запустить программное обеспечение согласно инструкции, изложенной в руководстве по эксплуатации.

10.1.2 Идентификация ПО происходит при сравнении идентификационных данных метрологически значимой части ПО на мониторе персонального компьютера (ПК) и идентификационных данных ПО, представленных в таблице 4.

Таблица 4 – Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Отсчет
Номер версии ПО	2.X*
Цифровой идентификатор ПО	-
Алгоритм вычисления контрольной суммы исполняемого кода	-
* - где X не относится к метрологически значимой части ПО и принимает значения от 0 до 9	



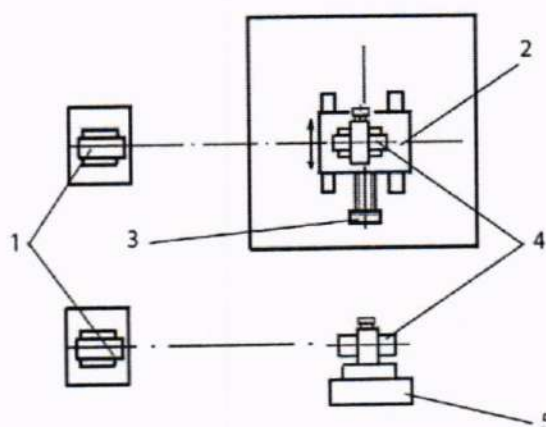
# 11 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

## 11.1 Проверка цены деления шкалы, диапазона измерений и погрешности отсчетного устройства микрометрических винтов магнитной подставки

11.1.1 Погрешность отсчетного устройства микрометрических винтов магнитной подставки определяют с помощью универсального измерительного микроскопа.

11.1.2 Проверку производить следующим образом:

а) Разместить на столе микроскопа поверяемую визирную систему в магнитной подставке в направлении продольного перемещения стола микроскопа (рисунок 1). На горизонтальном барабане микровинта поверяемого отсчётного устройства установить средний отсчёт 5,00. Направление перемещений микрометрических винтов должно быть параллельно направлениям штрихов окулярной сетки визирной системы.



1 – лазерная труба; 2 – стол микроскопа; 3 – отсчетный барабан микроскопа;

4 – магнитная подставка с приемником; 5 – угольник

Рисунок 1 - Проверка отсчетного устройства микрометрических винтов магнитной подставки с помощью универсального измерительного микроскопа

б) Поместить прибор в магнитной подставке на жёсткой подставке на расстоянии один – два метра от поверяемого отсчётного устройства.

в) Включить лазер и винтами подставки направить луч лазера во входное окно визирного устройства.

г) Наблюдая в поле зрения окуляра визирного устройства изображение центрального пятна кольцевой структуры лазерного луча, вертикальным винтом подставки расположить центральное пятно точно в центре сетки окуляра, либо в центре сетки матрицы цифровой камеры.

д) установить среднее положение микровинта поверяемого отсчётного устройства в направлении продольного перемещения стола микроскопа.

е) Повернуть барабан микровинта поверяемого отсчётного устройства в сторону увеличения отсчётов на один оборот. Наблюдая поле зрения визирной системы, соответствующим барабаном микроскопа навести центр кольцевой структуры в центр сетки окуляра, снять отсчёты по показаниям микроскопа.

ж) Повторить операцию е) через каждый последующий оборот барабана поверяемого отсчётного устройства при прямом, а затем при обратном ходе, вращая винт в сторону уменьшения отсчётов.

з) Вычислить средние арифметические значения показания микроскопа  $\rho_0, \rho_1, \rho_2 \dots \rho_{10}$ , на каждом обороте, после чего вычислить разности

$$a_1 = \rho_1 - \rho_0; a_2 = \rho_2 - \rho_1; \dots; a_{10} = \rho_{10} - \rho_9 \text{ для каждой пары соседних значений } \rho_i.$$



и) Вычислить разности:  $b_1 = \rho_4 - \rho_0$ ;  $b_2 = \rho_5 - \rho_0$ ; ...;  $b_7 = \rho_{10} - \rho_0$  между средними арифметическими значениями отсчётов на каждом обороте и значением отсчёта соответствующим по показаниям на барабане микровинта при  $\rho_0$ .

к) Вычисления провести отдельно для прямого и обратного ходов.

л) Разности  $a_i$  должны иметь отклонения в зависимости от номинальной цены деления микрометрической головки:  $1 \pm 0,005$  мм или  $0,5 \pm 0,003$  мм.

м) Разность между показаниями на барабане микровинта и значениями  $b_i$  должна быть не более 0,01 мм.

н) На стол микроскопа установить специальный угольник поверочный так, чтобы его грань, к которой примагничивается подставка, была перпендикулярна направлению продольного перемещения стола. Примагнитить подставку с визирной системой к указанной грани угольника поверочного так, чтобы ось визирной системы была выставлена в направлении продольного перемещения стола микроскопа.

о) На барабане вертикального микровинта поверяемого отсчётного устройства установить средний отсчёт 5,00. Направление перемещений микрометрических винтов должно быть совмещено с направлением линий окулярной сетки визирного отсчётного устройства, а в цифровой камере с измерительным направлением ПЗС матрицы.

п) Провести операции по б) – м) для вертикального отсчётного микровинта магнитной подставки.

11.1.3 Определение цены деления отсчётного устройства совместить с определением погрешности отсчётного устройства. Разность между нулевым и конечным отсчётами барабана микроскопа, деленная на число делений барабана поверяемого отсчётного устройства, должна соответствовать 0,01 мм для визирной системы.

11.1.4 Абсолютная погрешность отсчётных устройств магнитной подставки на всем диапазоне измерения от 0 до 10 мм должна находиться в пределах  $\pm 0,02$  мм.

## 11.2 Проверка цены деления шкалы, диапазона измерений и погрешности фотоэлектрического отсчётного устройства

11.2.1 Погрешность отсчётного устройства определяют с помощью универсального измерительного микроскопа.

11.2.2 Проверку производить следующим образом:

а) Погрешность фотоэлектрического отсчётного устройства (цифровая камера + ПК) определяют аналогичным для визирной системы образом, при этом направление перемещений микрометрических винтов должно быть параллельно измерительным направлениям ПЗС матрицы. Наблюдение кольцевой структуры проводят на экране ПК. Провести операции по пункту 11.1.2 а) – п) с цифровой камерой.

б) Установить с помощью ПО нулевое положение камеры в горизонтальном направлении. Для этого, наблюдая кольцевую структуру в поле зрения цифровой камеры на экране монитора ПК, винтами подставки расположить центральное пятно точно на линии сетки матрицы, либо в центре перекрестия. Не менее трёх раз отсчитать по барабану микровинта микроскопа и по показаниям на мониторе ПК нулевое положение в направлении продольного перемещения.

в) Микровинтом микроскопа установить в сторону увеличения от нулевого положения отсчёты: 1,0 мм и далее через 1,0 мм до конечного значения пределов измерений цифровой камеры в горизонтальном направлении. Снять не менее трех раз отсчёты по показаниям ПК при прямом, а затем при обратном ходе микровинта микроскопа.

г) По показаниям на экране монитора ПК определить и занести в таблицу:

- средние арифметические значения отсчётов  $\rho_0, \rho_1, \rho_2 \dots \rho_{10}$ ;

- разности  $a_1 = \rho_1 - \rho_0$ ;  $a_2 = \rho_2 - \rho_1$ ; ...;  $a_{10} = \rho_{10} - \rho_9$ ,

- разности  $b_1 = \rho_4 - \rho_0$ ;  $b_2 = \rho_5 - \rho_0$ ; ...;  $b_7 = \rho_{10} - \rho_0$ .

д) Вычисления провести отдельно для прямого и обратного ходов. Разности  $a_i$  должны иметь отклонения от 1,0 мм не более 0,001 мм. Разности  $b_i$  должны быть не более 0,005 мм.

е) Повернуть цифровую камеру в магнитной подставке вокруг оси на угол  $90^\circ$ .



ж) Выполнить операции по 11.2.2 а) – д) настоящей методики для вертикального направления цифровой камеры.

11.2.3 В каждом положении разность между средними арифметическими отсчетами микроскопа и цифровой камеры не должны отличаться более чем на 0,01 мм.

11.2.4 Абсолютная погрешность фотоэлектрического отсчётного устройства на всем диапазоне измерения от 0 до 6 мм должна находиться в пределах  $\pm 0,005$  мм.

### 11.3 Проверка параллельности оси лазерного пучка образующей корпуса лазерной трубы

11.3.1 Установить на жёсткой плите инструментальную призму. Расположить на призме лазерную трубу таким образом, чтобы ось лазерной трубы была параллельна призматической выемке. Установить на расстоянии не менее одного метра от лазерной трубы навстречу ей магнитную подставку с цифровой камерой с ПЗС-приёмником. Подключить цифровую камеру к ПК с программой высокоточных измерений, включить лазер.

11.3.2 Наблюдая на экране монитора кольцевую структуру, привести барабанами отсчётного устройства подставки изображение центра кольцевой структуры в центр перекрестия. Развернуть лазерную трубку в призме вокруг своей оси последовательно на  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$  и на  $360^\circ$ . Измерить не менее 5 раз максимальное смещение изображения центра кольцевой структуры (параметр L).

11.3.3 Результаты проверки признают положительными, если полученные результаты измерений смещений не превышают 0,02 мм.

### 11.4 Проверка рабочего расстояния от объектива до приемника, определение среднеквадратического отклонения (СКО) погрешности наведения

11.4.1 Проверку рабочего расстояния от объектива до приемника производить с помощью рулетки измерительной и приемного устройства в магнитной подставке, входящего в комплектность. Устанавливают приемное устройство в крайние положения поля зрения: не более чем на 30 м, за нулевое положение принимается торец трубы. Убедиться, что техническая возможность снять показания имеется.

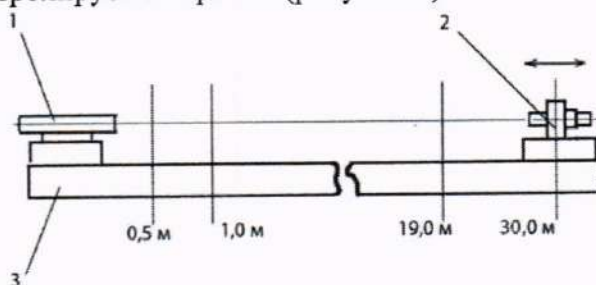
11.4.2 Пределы измерений отклонений от опорной прямой по отсчетному устройству проверяют перемещением приемного устройства в магнитной подставке в крайние положения поля зрения и снимают отсчеты по барабанам микровинтов. Разность отсчетов должна быть не менее:

- для визирной системы 10 мм,
- для цифровой камеры 6 мм.

11.4.3 Для определения среднего квадратического отклонения (СКО) погрешности наведения необходима подвижная платформа с площадкой для базирования на ней магнитной площадки с отсчётными микровинтами и протяженная контролируемая трасса.

11.4.4 Проверку для визирной системы производить следующим образом:

а) Установить лазерную трубу в магнитной подставке на жесткое основание и направить его выходное окно вдоль контролируемой трассы (рисунок 2).



1 – лазерная труба; 2 – магнитная подставка с приемником

3 – контролируемая трасса

Рисунок 2 – Установка Лазерной струны ЛС-1 при определении погрешности



- б) Установить перед лазерной трубой подвижную платформу на расстояние 0,5 м от выходного окна прибора визирную систему в магнитной подставке с отсчётными микровинтами.
- в) Включить прибор и выдержать его во включённом состоянии не менее 30 мин.
- г) Винтами магнитных подставок прибора и визирной системы направить луч лазера во входное окно визирной системы.
- д) Предварительно, наблюдая в окуляр, вращением микрометрического винта магнитной подставки с визирной системой, проверить параллельность направления перемещения центрального пятна кольцевой структуры с линией сетки окуляра (рисунок 3).

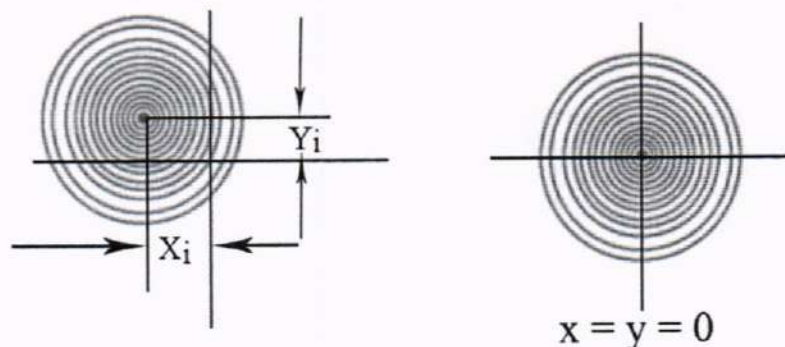


Рисунок 3 – Поле зрения на экране ПК

- е) Совместить центральное пятно светового пучка с центром перекрестия окуляра или с соответствующим штрихом сетки окуляра. Снять отсчёт со шкалы барабана микрометрического винта. Сбить настройку и повторно совместить центральное пятно со штрихом сетки окуляра. Повторно снять отсчёт. Повторить указанную операцию не менее 10 раз. СКО погрешности наведения  $\sigma_n$ , мм, Лазерной струны ЛС-1 определяется по формулам:

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - x_{cp})^2}, \quad (1)$$

$$x_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (2)$$

где  $x_{cp}$  - среднее арифметическое значение полученных отсчетов, мм;

$x_i$  -  $i$ -ый отсчет по барабану отсчетного устройства, мм;

$n$  – количество отсчетов.

*Примечание* - Снятие отсчетов производить с точностью 0,5 цены деления отсчетного устройства, а округление величин  $x_{cp}$  и  $\sigma_n$  вести до третьего знака после запятой.

- ж) Переместить платформу с визирной системой последовательно на расстояния 1 м, 5 м, 10 м, 20 м, 30 м, и повторить г) – е).

- з) Наведение центрального пятна кольцевой структуры лазерного луча возможно не в центр, а на соответствующий штрих перекрестия окуляра.

- и) Подводить изображение центрального пятна лазерного луча необходимо с одной стороны для исключения погрешности от люфта отсчетного механизма.

- к) Значение СКО погрешности наведения для указанных выше дистанций не должно превышать 0,005 мм.

11.4.5 Проверку для приемника фотоэлектрического (цифровой камеры) производить следующим образом:

- а) Установить перед прибором подвижную платформу на минимальное расстояние от прибора. Установить на опорную площадку платформы на расстояние 0,5 м от выходного окна прибора цифровую камеру в магнитной площадке с отсчётными микровинтами.

- б) Подключить цифровую камеру к ПК, в котором установлена соответствующая



программа измерений.

в) Совместить перекрестие рабочего поля ПО с перекрестием матрицы камеры, определяя нулевой отсчёт, установить экспозицию в соответствии с яркостью изображения. Проверить параллельность направления перемещения центрального пятна кольцевой структуры линии перекрестия.

г) Винтами магнитной подставки прибора совместить центр кольцевой структуры лазера с перекрестием рабочего поля ПО.

д) С помощью ПО произвести 10 отсчётов положения центрального пятна кольцевой структуры по двум координатам. Рассчитать  $\sigma_n$  по формулам (1) и (2). Результаты занести в память ПК.

е) Переместить платформу с цифровой камерой последовательно на расстояния 1 м, 5 м, 10 м, 20 м, 30 м, и повторить операции по г) – д).

*Примечания:*

1 Наведение центрального пятна кольцевой структуры лазерного луча возможно не в центр, а на соответствующий штрих перекрестия матрицы.

2 Подводить изображение центрального пятна кольцевой структуры лазерного луча необходимо с одной стороны для исключения погрешности от люфта отсчётного механизма.

ж) Значение СКО погрешности наведения для указанных выше дистанций не должно превышать 0,003 мм.

## **11.5 Определение погрешности воспроизведения положения лазерного пучка лучей в пространстве (отклонение от прямолинейности линии визирования Лазерной струны ЛС-1)**

11.5.1 Проверку воспроизведения оси лазерного луча производят путём измерений отклонений от прямолинейности поверхности (трассы) длиной не менее 30 метров с помощью Лазерной струны ЛС-1. Точность определения отклонений профиля трассы от опорной прямой при доверительной вероятности 0,95 должна быть в пределах  $\pm(2+L+0,04 \cdot H)$  мкм, где  $L$  – длина трассы, м,  $H$  – отклонение от прямолинейности, мкм. Отклонение от прямолинейности трассы не более 3 мм. Отклонения профиля трассы от опорной прямой должны быть определены непосредственно перед проверкой прибора с помощью эталонов 2 разряда по Приказу Росстандарта от 15 марта 2021 г. № 314.

11.5.2 Установить прибор на какое-либо жесткое основание или край исследуемой трассы и направить его выходное окно вдоль контролируемой трассы (например, направляющая оптической скамьи).

11.5.3 Установить перед лазерной трубой подвижную каретку на минимальное расстояние. Установить на опорную площадку каретки на расстояние 0,5 м от выходного окна лазерной трубы магнитную подставку с отсчетными устройствами и надежно закрепить ее.

11.5.4 Установить в посадочное гнездо визирную систему или цифровую камеру и зафиксировать их.

11.5.5 Включить лазерную трубу и выдержать ее во включённом состоянии не менее 30 минут. Выставить отсчётное устройство таким образом, чтобы луч прибора был направлен во входное окно визирной системы или на матрицу цифровой камеры отсчётного устройства.

11.5.6 Разбить контролируемую трассу на необходимое количество точек  $a_i$  с одинаковыми интервалами « $h$ », желательно, чтобы точки  $a_i$  совпадали с точками определения отклонений от опорной прямой с помощью эталонов 2 разряда по Приказу Росстандарта от 15 марта 2021 г. № 314. Величину интервала выбрать в диапазоне от 500 до 1000 мм.

11.5.7 Последовательно устанавливая каретку с отсчётным устройством в выбранные точки  $a_i$ , начиная с первой  $a_1$ , снять 3-5 отсчётов по шкале микрометрического винта, в случае использования визирной системы, или с помощью ПО, в случае установки в качестве отсчётного устройства цифровой камеры, подключённой к ПК. Отсчёт снимается при измерении смещения изображения центра кольцевой структуры относительно перекрестия сетки окуляра или



перекрестия на экране ПК.

11.5.8 Обработать результаты измерения согласно разделу руководства по эксплуатации «Измерение отклонений от прямолинейности поверхностей».

11.5.9 Погрешность измерений отклонений от опорной прямой определить как разность результатов измерений с помощью прибора и отклонений от опорной прямой определенных с помощью эталонов 2 разряда по Приказу Росстандарта от 15 марта 2021 г. № 314. Максимальная разность отсчетов в каждой точке определяет погрешность отсчетного устройства прибора и не должна превышать 0,01 мм.

*Примечание - Наведение центрального пятна кольцевой структуры лазерного луча возможно не в центр, а на соответствующий штрих перекрестия матрицы. Подводить изображение центрального пятна кольцевой структуры лазерного луча необходимо с одной стороны для исключения погрешности от люфта отсчётного механизма.*

11.5.10 Абсолютная погрешность измерений отклонений от опорной прямой должна находиться в пределах:

- |                                  |              |
|----------------------------------|--------------|
| - визуальным способом, мм        | $\pm 0,1$ ;  |
| - фотоэлектрическим способом, мм | $\pm 0,05$ . |

## 12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 Результаты поверки оформляются протоколом произвольной формы.

12.2 При положительных результатах поверки Лазерную струну ЛС-1 признают пригодной к применению и оформляют результаты поверки в соответствии с действующими на дату проведения поверки нормативными актами в области обеспечения единства измерений.

12.3 Нанесение знака поверки на средство измерений не предусмотрено.

12.4 При отрицательных результатах поверки средство измерений признают непригодным к применению и оформляют результаты поверки в соответствии действующими на дату проведения поверки нормативными правовыми актами в области обеспечения единства измерений.

12.5 По заявке заказчика при положительных результатах поверки оформляется свидетельство о поверке, при отрицательных – извещение о непригодности.

12.6 Сведения о результатах поверки передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с действующими на момент проведения поверки нормативно-правовыми актами в области обеспечения единства измерений.

И.о. заведующего лабораторией 233



Л.А. Трибушевская

Инженер I категории лаборатории 233



А.С. Фетисова