



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ПО ИЗУЧЕНИЮ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТИ И ВАКУУМА»

СОГЛАСОВАНО

Генеральный директор
АО «НИЦПВ»

Д.М. Михайлюк

« 26 » декабря 2024 г.



**ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

**Микроскоп конфокальный лазерный измерительный
LEXT OLS4100-SAF**

**Методика поверки
МП 220-4/699.24-2024**

г. Москва
2024 г.

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика распространяется на микроскоп конфокальный лазерный измерительный LEXT OLS4100-SAF фирмы OLYMPUS Corporation, Япония, зав. № 7C51126 (далее - микроскоп) и устанавливает методы и средства его первичной и периодической поверок.

1.2 Микроскоп предназначены для измерений линейных размеров элементов рельефа по осям X, Y и Z и параметра шероховатости поверхности твердотельных объектов.

1.3 Реализация данной методики обеспечивает прослеживаемость измеряемых значений величин к Государственному первичному эталону единицы длины – метра ГЭТ 2-2021 согласно Государственной поверочной схемы, утвержденной приказом Ростандарта от 29.12.2018 № 2840.

1.4 Методы, обеспечивающие реализацию настоящей методики поверки: метод прямых измерений.

2 Перечень операции поверки

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

Таблица 1. Операции, выполняемые при проведении поверки.

| Наименование операции поверки | Номер пункта методики | Обязательность проведения | |
|---|-----------------------|---------------------------|---------------------------|
| | | При первичной поверке | При периодической поверке |
| 1. Внешний осмотр микроскопа | 7 | да | да |
| 2. Подготовка к поверке и опробование микроскопа. | 8 | да | да |
| 3. Проверка программного обеспечения микроскопа | 9 | да | да |
| 4.1 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений линейных размеров по оси Z | 10.1 | да | да |
| 4.2 Определение диапазона и относительной погрешности измерений линейных размеров в плоскости XY в пределах поля зрения объектива | 10.2 | да | да |
| 4.3 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений параметра шероховатости Ra | 10.3 | да | да |
| 4.4 Подтверждение соответствия микроскопа метрологическим требованиям | 10.4 | да | да |
| 5. Оформление результатов поверки | 11 | да | да |

2.2 Проведение поверки не в полном объёме и для меньшего числа измеряемых величин не предусмотрено.

3 Метрологические и технические требования к средствам поверки

3.1 При проведении поверки применяются средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки, используемые при поверке

| Операции поверки, требующие применение средств поверки | Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки | Перечень рекомендуемых средств поверки |
|--|---|---|
| п.10.1 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений линейных размеров по оси Z. | <p>Мера ширины и периода – эталон 2-го разряда в соответствии с Приказом Росстандарта от 29.12.2018 №2840, номинальное значение шага шаговой структуры 2,00 мкм с допустимым отклонением не более $\pm 0,05$ мкм.</p> <p>Меры длины концевые плоскопараллельные – эталоны 3-го разряда в соответствии с Приказом Росстандарта от 29.12.2018 №2840, номинальные значения 0,4 мм и 0,9 мм.</p> | <p>Мера ширины и периода специальная МШПС-2.0К. Рег. № 33598-06 (далее – ПО-1).</p> <p>Меры длины концевые плоскопараллельные. Рег. №74059-19. Набор №11. Номинальные значения 0,4 мм (далее – ПО-2) и 0,9 мм (далее ПО-3).</p> |
| п.10.2 Определение диапазона и относительной погрешности измерений линейных размеров в плоскости XY в пределах поля зрения объектива | Объект-микрометр. Пределы допускаемой абсолютной погрешности: $\pm 0,0001$ мм | Объект-микрометр типа ОМ-О. Рег. №28962-16 (далее – ПО-4). |
| п.10.3 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений параметра шероховатости Ra | Меры шероховатости номинальным значением шероховатости по параметру Ra 0,025 мкм (далее – ПО-5) и Ra 0,63 мкм (далее – ПО-6) – эталоны 1 разряда | Меры шероховатости эталонные ПРО-10. Рег. №66933-17. |
| п.8.1 | <p>Средство измерений температуры окружающей среды в диапазоне от +15 до +25°C с абсолютной погрешностью не более $\pm 0,5$°C.</p> <p>Средство измерений относительной влажности окружающей среды в диапазоне от 10 до 75% с абсолютной погрешностью не более $\pm 3\%$.</p> | Прибор комбинированный Testo 622, рег. № 53505-13. |

3.2 Допускается использование других средств поверки с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений.

4 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки

4.1 При проведении поверки должны соблюдаться требования ГОСТ 12.3.019-80 «Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности».

5 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

5.1 Операции поверки проводятся юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, аккредитованными в установленном порядке.

5.2 К проведению измерений для поверки допускаются лица:

- прошедшие обучение и имеющие удостоверение поверителя для данного вида измерений;
- имеющие опыт работы с микроскопами сканирующими электронными;
- изучившие техническое описание и методику поверки поверяемого микроскопа.

6 Требования к условиям проведения поверки

6.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды, °С.....от 20 до 25
- относительная влажность воздуха, %.....от 10 до 75

7 Внешний осмотр микроскопа

7.1 При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие микроскопа следующим требованиям:

- наличие товарного знака изготовителя, заводской номер, год изготовления;
- прочность закрепления, плавность действия и обеспечение надежности фиксации всех органов управления;
- соответствие функциональному назначению и четкость всех надписей на органах управления и индикации;
- наружная поверхность не должна иметь следов механических повреждений, которые могут влиять на работу микроскопа;
- чистота и целостность разъемов;
- соединительные провода должны быть исправными;
- комплектность микроскопа должна соответствовать комплектности, указанной в эксплуатационной документации.

7.2 Результаты внешнего осмотра микроскопа считают положительными, если выполняются все требования п. 7.1

8 Подготовка к поверке и опробование микроскопа

8.1 Убедиться в соответствии условий проведения поверки требованиям по п.6.

8.2 Подготовить к работе микроскоп в соответствии с РЭ. Перед проведением поверки микроскоп должен быть включен и выдержан во включенном состоянии не менее 2 часов.

8.3 На рабочем столе ПЭВМ нажать на иконку программного обеспечения (ПО) микроскопа, при этом откроется активное окно управления микроскопом.

8.4 После запуска аппаратной части и ПО производится автоматическая проверка функциональных узлов и программной части системы. При возникновении каких-либо ошибок работы ПО или неполадок в аппаратной части, ПО выдает сообщение об ошибке с указанием аппаратного узла или программного компонента, который является причиной неисправности. В случае отсутствия указанных сообщений, микроскоп находится в исправном состоянии и готов к работе.

8.5 Микроскоп считается годным к поверке, если результаты проверок по пп. 8.1 – 8.4 положительные.

9 Проверка программного обеспечения микроскопа

9.1 Для проверки идентификационных данных программного обеспечения (ПО) микроскопа необходимо:

- запустить рабочую программу микроскопа согласно Руководству по эксплуатации;
- активировать пункт меню «Help»;
- активировать подменю «Version Information»;

В открывшемся информационном окне скажать:

- идентификационное наименование ПО (в верхнем левом углу);
- номер версии программного обеспечения, соответствующий пункту Software version.

Микроскоп считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если идентификационные признаки ПО микроскопа соответствуют значениям, приведенным в таблице 3.

Таблица 3 - Идентификационные данные программного обеспечения

| | |
|---|-----------------|
| Идентификационное наименование ПО | OLYMPUS OLS4100 |
| Номер версии (идентификационный номер) ПО | 3.1.10 |

10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений линейных размеров по оси Z

10.1.1 Установить на столик образцов микроскопа образец ПО-1 (меру ширины и периода специальную МШПС-2.0К). Используя объектив 50×/0.95, получить изображение рельефной шаговой структуры центрального модуля меры. Запомнить полученное изображение на жесткий диск управляющего компьютера микроскопа. В соответствии с руководством по эксплуатации микроскопа произвести измерения высоты выступа рельефной структуры меры в количестве $n = 5$ раз в разных местах в пределах поля зрения, каждый раз регистрируя значение h_i высоты (в мкм).

10.1.2 Определить среднее значение высоты выступов по формуле:

$$\bar{h} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 h_i$$

10.1.3 Определить абсолютную погрешность измерений высоты выступов меры МШПС-2.0К по формуле

$$\Delta_1 = \bar{h} - H_{\text{мшпс}}$$

где $H_{\text{мшпс}}$ - паспортное значение высоты выступа меры ширины и периода специальной МШПС-2.0К, выраженное в мкм.

10.1.4 Установить на концевую меру номинальным размером 0,9 мм (ПО-3) концевую меру номинальным размером 0,4 мм (ПО-2) таким образом, чтобы их рабочие поверхности соприкасались и взаимно перекрывались примерно на 50%. Произвести притирку мер друг к другу.

10.1.5 Установить объектив с увеличением 20×, установить концевые меры на столик образцов микроскопа таким образом, чтобы перепад высоты 0,4 мм, создаваемый концевой мерой 0,4 мм, находился в поле зрения микроскопа примерно в центральной его части. Получить данное изображение в конфокальном режиме. Зарегистрировать полученное изображение на жесткий диск.

10.1.6 В соответствии с руководством по эксплуатации микроскопа произвести измерения высоты ступеньки 0,4 мм в количестве $n = 5$ раз в разных местах в пределах поля зрения, каждый раз регистрируя значение H_i высоты, выраженное в мкм.

10.1.7 Определить среднее значение высоты ступеньки по формуле:

$$\bar{H} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 H_i$$

10.1.8 Определить абсолютную погрешность измерений высоты ступеньки номинальным значением 0,4 мм по формуле

$$\Delta_2 = \bar{H} - H_{\text{ном}}$$

где $H_{\text{ном}}$ – паспортное значение длины концевой меры номинальным значением 0,4 мм, выраженное в мкм.

10.2 Определение диапазона и относительной погрешности измерений линейных размеров в плоскости XY в пределах поля зрения объектива

10.2.1 Установить на столик образцов микроскопа образец ПО-4 (объект-микрометр).

10.2.2 Последовательно провести измерения номинальных размеров объектив-микрометра, указанных в таблице 4, вдоль осей сканирования X и Y, используя объективы, указанные в таблице 4. Для каждого номинального значения размера измерения провести 5 раз, результатом измерений считать среднее значение по 5-ти измерениям.

Таблица 4 - Номинальные значения размеров объектив-микрометра, подлежащие измерениям в зависимости от увеличения объектива

| Объектив | Номинальное значение размера объектив-микрометра, мкм |
|----------|---|
| 5× | 1000 |
| 10× | 300 |
| | 1000 |
| 20× | 100 |
| | 500 |
| 50×/0.95 | 10 |
| | 100 |

10.2.3 Определить относительную погрешность измерений линейных размеров для каждого номинального размера из таблицы 4 по формуле:

$$\frac{\Delta L_i}{L_i} = \frac{|L_{\text{ном}} - L_i|}{L_{\text{ном}}} \times 100\%$$

где $L_{\text{ном}}$ – номинальное значение размера объектив-микрометра из числа указанных в таблице 4,

L_i – среднее измеренное значение, соответствующее номинальному значению.

10.2.4 Установить на столик образцов микроскопа образец ПО-1 (меру ширины и периода специальную МШПС-2.0К). Используя объектив 50×/0.95 и цифровое увеличение 8×, получить изображение рельефной шаговой структуры центрального модуля меры. Провести 5 раз измерения линейного размера, соответствующего 1-му шагу меры и определить его среднее значение $L_{(1)}$.

Определить относительную погрешность измерений по формуле:

$$\frac{\Delta L_{(1)}}{L_{(1)}} = \frac{|T_{\text{МШПС}} - L_{(1)}|}{T_{\text{МШПС}}} \times 100\%$$

где $T_{\text{МШПС}}$ – аттестованное значение шага меры ширины и периода специальной МШПС-2.0К.

10.2.5 Используя объектив 20×, получить изображение рельефной шаговой структуры центрального модуля меры. Провести 5 раз измерения линейного размера, соответствующего 8-ми шагам меры и определить его среднее значение $L_{(8)}$.

Определить относительную погрешность измерений по формуле:

$$\frac{\Delta L_{(8)}}{L_{(8)}} = \frac{|8T_{\text{МШПС}} - L_{(8)}|}{8T_{\text{МШПС}}} \times 100\%$$

где $T_{\text{МШПС}}$ – аттестованное значение шага меры ширины и периода специальной МШПС-2.0К.

10.3 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений параметра шероховатости Ra

10.3.1 Установить на столик образцов микроскопа образец ПО-5 (меру шероховатости эталонную ПРО-10 с номинальным параметром шероховатости $R_a = 0,025 \text{ мкм}$). Установить объектив 20×.

10.3.2 Получить изображение профиля рабочего участка меры в конфокальном режиме. Для получения необходимой длины измерения можно произвести сшивку изображений профиля. Запомнить полученное изображение.

10.3.3 По полученному изображению профиля провести измерения параметра шероховатости R_a , используя значения фильтров профиля λ_s и λ_c указанные в паспорте образца ПО-5. Определить значение параметра шероховатости $R_{a(1)}$, усредненное по результатам 5 измерений.

10.3.4 Определить абсолютную погрешность измерений шероховатости по параметру R_a на нижней границе диапазона измерений

$$\Delta_{a(1)} = R_{a(1)} - R_{a(\text{ПО-5})}$$

где $R_{a(\text{ПО-5})}$ – аттестованное значение образца ПО-5 по параметру R_a .

10.3.5 Установить на столик образцов микроскопа образец ПО-6 (меру шероховатости эталонную ПРО-10 с номинальным параметром шероховатости $R_a = 0,62 \text{ мкм}$).

10.3.6 Получить изображение профиля рабочего участка меры в конфокальном режиме. Запомнить полученное изображение.

10.3.7 По полученному изображению профиля провести измерения параметра шероховатости R_a , используя значения фильтров профиля λ_s и λ_c указанные в паспорте образца ПО-6. Определить значение параметра шероховатости $R_{a(2)}$, усредненное по результатам 5 измерений.

10.3.8 Определить абсолютную погрешность измерений шероховатости по параметру R_a на верхней границе диапазона измерений

$$\Delta_{a(2)} = R_{a(2)} - R_{a(\text{ПО-6})}$$

где $R_{a(\text{ПО-6})}$ – аттестованное значение поверочного образца ПО-6 по параметру R_a .

10.4 Подтверждение соответствия микроскопа метрологическим требованиям

10.4.1 Результаты этапа поверки по п.10.1. методики поверки считать положительными, если выполнены требования

$$|\Delta_1| \leq 0,2 + L_1 / 100 \quad \text{и}$$

$$|\Delta_2| \leq 0,2 + L_2 / 100$$

где L_1 и L_2 – измеряемые линейные размеры (в мкм) по оси Z:

$L_1 = \bar{h}$ - значение, определенное по п.10.1.2,

$L_2 = \bar{H}$ - значение, определенное по п.10.1.7.

При этом диапазоном измерений линейных размеров по оси Z следует считать диапазон от 0 до 500 мкм, а абсолютная погрешность измерений линейных размеров по оси Z во всем диапазоне находится внутри границ $\pm(0,2+L/100)$ мкм (где L - измеряемая длина по оси Z в мкм).

10.4.2 Результаты этапа поверки по п.10.2. методики поверки считать положительными, если для всех значений, полученных по п.10.2.3, выполняется условие $\Delta L_i / L_i < 2\%$, а также выполнены условия $\frac{\Delta L_{(1)}}{L_{(1)}} < 2\%$, $\frac{\Delta L_{(8)}}{L_{(8)}} < 2\%$ для значений по п.п.10.2.4-10.2.5.

При этом следует считать, что относительная погрешность измерений линейных размеров в плоскости XY в пределах поля зрения объектива находится в пределах $\pm 2\%$, а диапазон измерений соответствует значениям, указанным в таблице 5:

Таблица 5 - Диапазон измерений линейных размеров в плоскости XY в пределах поля зрения объектива в зависимости от используемого объектива микроскопа

| Объектив | Диапазон измерений линейных размеров в плоскости XY в пределах поля зрения объектива, мкм |
|----------|---|
| 5× | от 60 до 2400 |
| 10× | от 30 до 1200 |
| 20× | от 15 до 600 |
| 50× | от 5 до 250 |

10.4.3 Результаты этапа поверки по п.10.3. методики поверки считать положительными, если выполнены требования

$$|\Delta_{a(1)}| \leq (0,003 + 0,06R_{a(1)})$$

$$|\Delta_{a(2)}| \leq (0,003 + 0,06R_{a(2)})$$

При этом диапазоном измерений шероховатости по параметру Ra следует считать диапазон от 0,005 до 5 мкм, а абсолютная погрешность измерений шероховатости по параметру Ra находится внутри границ $\pm(0,003+0,06\cdot Ra)$ мкм (где Ra - параметр шероховатости, мкм).

11 Оформление результатов поверки

11.1 Результаты поверки оформляются протоколом, в котором указывают результаты измерений по п.п.10.1-10.3 и выводы о соответствии метрологическим требованиям по п.10.4 настоящей методики. Протокол хранится в организации, проводившей поверку.

11.2 Микроскоп, удовлетворяющий требованиям настоящей методики, признают годным к применению. Свидетельство о поверке оформляется в соответствии с требованиями нормативно-правовых актов в области обеспечения единства измерений. Знак поверки наносится в виде оттиска поверительного клейма на свидетельство о поверке микроскопа.

11.3 При отрицательных результатах поверки микроскоп запрещают к применению. Извещение о непригодности, оформленное в соответствии с требованиями нормативно-правовых актов в области обеспечения единства измерений, выдают по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего средство измерений на поверку.

11.4 Сведения о результатах поверки (положительных или отрицательных) передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Начальник отдела АО «НИЦПВ»,
кандидат физ.-мат. наук

Б.Б. Митюхляев