



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

СОГЛАСОВАНО

Генеральный директор
АО «НИЦПВ»

Д.М. Михайлюк



« 27 » января 2022 г.

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

**Микроскопы конфокальные лазерные измерительные
LEXT OLS5100**

**Методика поверки
МП ДИ21/35-2021**

Москва
2022

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика распространяется на микроскопы конфокальные лазерные измерительные LEXT OLS5100 фирмы OLYMPUS Corporation, Япония (далее – микроскопы), предназначенные для измерений линейных размеров элементов рельефа по осям X, Y и Z и параметров шероховатости поверхности твердотельных объектов, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверки.

1.2 Микроскопы выпускаются в модификациях OLS5100-SAF, OLS5100-SMF, OLS5000-EAF, OLS5000-HSU.

1.3 При проведении поверки измеряемые микроскопами значения величин прослеживаются к ГЭТ 2-2021 и к ГЭТ 113-2014, посредством использования в качестве средств поверки:

- меры ширины и периода специальной МШПС-2.0К (Госреестр № 33598-06) - эталона 2 разряда согласно Государственной поверочной схемы, утвержденной приказом Росстандарта от 29.12.2018 № 2840;

- мер длины концевых плоскопараллельных (Госреестр №74059-19) – эталона 3-го разряда согласно Государственной поверочной схемы, утвержденной приказом Росстандарта от 29.12.2018 № 2840;

- меры длины штриховой ПБ – эталона единицы длины 2 разряда (3.7 АЖД.0001.2021) согласно Государственной поверочной схемы, утвержденной приказом Росстандарта от 26.11.2018 № 2482;

- объект-микрометра типа ОМО (Госреестр №590-63) – эталона 2-го разряда согласно Государственной поверочной схемы, утвержденной приказом Росстандарта от 29.12.2018 № 2840;

- мер шероховатости эталонных ПРО-10 (Госреестр №66933-17) – эталона 1-го разряда согласно Государственной поверочной схемы, утвержденной приказом Росстандарта от 06.11.2019 № 2657.

1.4 Поверка микроскопов проводится методом непосредственного сличения со средствами поверки.

1.5 Межповерочный интервал – 1 год.

2 Перечень операций поверки

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

Таблица 1. Операции, выполняемые при проведении поверки.

№ п/п	Наименование операций	Номер пункта методики	Обязательность проведения операций при	
			первичной поверке	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		
4	Определение диапазона и относительной погрешности измерений линейных размеров в плоскости XY в пределах поля зрения объектива	10.1	да	да
5	Определение СКО случайной составляющей погрешности измерений линейных размеров в плоскости XY в пределах поля зрения объектива	10.2	да	да

6	Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений линейных размеров в плоскости XY на сшитых панорамных изображениях (для модификаций SAF и EAF)	10.3	да	да
7	Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений линейных размеров по оси Z, СКО случайной составляющей погрешности измерений линейных размеров по оси Z	10.4	да	да
8	Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений линейных размеров по оси Z на сшитых панорамных изображениях (для модификаций SAF и EAF)	10.5	да	да
9	Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений параметров шероховатости Ra и Rz	10.6	да	да
10	Подтверждение соответствия микроскопа метрологическим требованиям	11	да	да
11	Оформление результатов поверки	12	да	да

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

2.3 Проведение поверки не в полном объеме, для меньшего числа поддиапазонов измерений 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	Номинальное значение шага шаговой структуры 2,00 мкм. Допустимое отклонение от номинального значения шага шаговой структуры не более $\pm 0,05$ мкм Диапазон измерений 0-1 мм, 2 разряд	Мера ширины и периода специальная МШПС-2.0К, Госреестр №33598-06 (далее – ПО-1) Объект-микрометр типа ОМО, Госреестр №590-63 (далее – ПО-2)
п.10.2	Номинальное значение шага шаговой структуры 2,00 мкм. Допустимое отклонение от номинального значения шага шаговой структуры не более $\pm 0,05$ мкм	ПО-1
10.3	Мера длины штриховая, диапазон измерений от 0 до 200 мм, цена деления 1 мм, 2 разряд	Мера длины штриховая типа ПБ по ГОСТ 12069-90 (далее – ПО-3)

10.4 -10.5	Номинальное значение шага шаговой структуры 2,00 мкм. Допустимое отклонение от номинального значения шага шаговой структуры не более $\pm 0,05$ мкм. Меры длины концевые плоскопараллельные номинальным значением 1 мм (далее ПО-4), 2мм (далее ПО-5), 9 мм (далее – ПО-6) – эталон 3-го разряда	ПО-1 Меры длины концевые плоскопараллельные из набора Н-2 из 38 штук, Госреестр №74059-19
10.6	Меры шероховатости номинальным значением шероховатости по параметру R_a 0,025 мкм (далее – ПО-7) и R_a 0,63 мкм (далее – ПО-8) – эталоны 1 разряда	Меры шероховатости эталонные ПРО-10, Госреестр №66933-17.

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

При проведении поверки соблюдают требования ГОСТ 12.3.019-80 «Правила эксплуатации электроустановок потребителем».

5 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускаются лица:

- имеющие опыт работы с микроскопами конфокальными лазерными;
- прошедшие обучение и имеющие удостоверение поверителя;
- изучившие техническое описание и руководство по эксплуатации поверяемого микроскопа конфокального лазерного измерительного LEXT OLS5100 и методику его поверки.

6 Требования к условиям проведения поверки

6.1. При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающей среды, °С18-22
- атмосферное давление, кПа.....92-104
- относительная влажность воздуха, % не более.....80
- напряжение питания от сети переменного тока частотой 50/60 Гц, В.....220-240

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 Подготовку микроскопа к работе провести в соответствии с руководством по эксплуатации.

8.2 После включения микроскопа выдержать его во включенном состоянии не менее 2-х часов. На рабочем столе ПЭВМ нажать на иконку программного обеспечения (ПО) микроскопа, при этом откроется активное окно управления микроскопом.

8.3 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.

8.4 Микроскоп считается годным к поверке, если результаты проверок по пп. 8.1 – 8.3 положительные.

9 Проверка программного обеспечения микроскопа

9.1 Для идентификации программного обеспечения (ПО) микроскопа необходимо:

- запустить рабочую программу микроскопа согласно руководству по эксплуатации;
- активировать пункт меню «Help»;
- активировать подменю «Version Information», откроется информационное окно, представленное на рисунке 1:

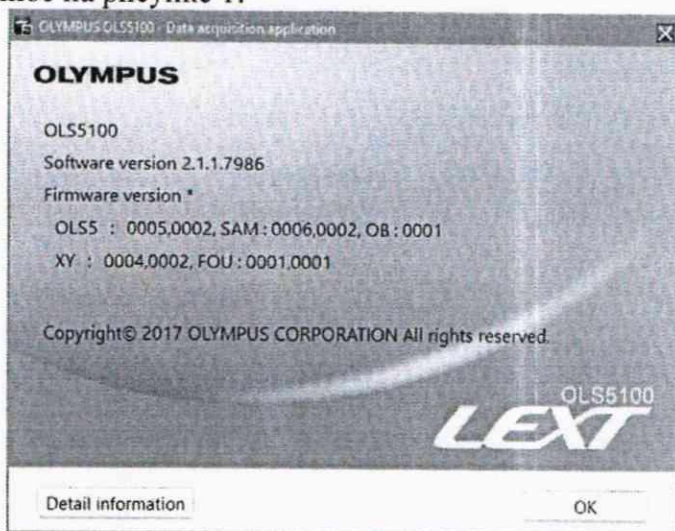


Рисунок 1 – Информационное окно в подменю «Version Information»

В открывшемся окне скачать:

- 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 2.

Таблица 2 - Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационное наименование ПО	OLYMPUS OLS5100
Номер версии (идентификационный номер) ПО	2.1.1.7986 или выше
Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода)	-

10 Определение метрологических характеристик

10.1 Определение диапазона и относительной погрешности измерений линейных размеров в плоскости ХУ в пределах поля зрения объектива

10.1.1 Установить на столик образцов микроскопа поверочный образец ПО-2 (объект-микрометр).

10.1.2 Последовательно провести измерения номинальных размеров объект-микрометра, указанных в таблице 3, вдоль осей сканирования X и Y, используя объективы, указанные в таблице 3 из имеющихся в наличии согласно комплекту поставки микроскопа. Для каждого номинального значения размера измерения провести 10 раз, результатом измерений считать среднее значение по 10-ти измерениям.

Таблица 3. Номинальные значения размеров объект-микрометра, подлежащие измерениям в зависимости от увеличения объектива.

Объектив	Номинальное значение размера объект-микрометра, мкм
10x	30
	200
	1000
20x	100
	600
	100
50x	250
	100
100x	60
	120

10.1.3 Определить относительную погрешность измерений линейных размеров для каждого номинального размера из таблицы 3 по формуле:

$$\frac{\Delta L_i}{L_i} = \frac{L_i - L_{ном}}{L_{ном}} \times 100\% \quad (1)$$

где $L_{ном}$ – номинальное значение размера объект-микрометра из числа указанных в таблице 3,

L_i – среднее измеренное значение, соответствующее номинальному значению.

10.1.4 Установить на столик образцов микроскопа поверочный образец ПО-1 (меру ширины и периода специальную МШПС-2.0К). Используя объектив с увеличением 50x, получить изображение рельефной шаговой структуры центрального модуля меры. Провести 10 раз измерения линейного размера, соответствующего 3-м шагам меры и определить его среднее значение $L_{(3)}$.

Определить относительную погрешность измерений по формуле:

$$\frac{\Delta L_{(3)}}{L_{(3)}} = \frac{L_{(3)} - 3T_{МШПС}}{3T_{МШПС}} \times 100\% \quad (2)$$

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

10.1.5 Используя объектив с увеличением 100х, получить изображение рельефной шаговой структуры центрального модуля меры. Провести 10 раз измерения линейного размера, соответствующего 1-му шагу меры и определить его среднее значение $L_{(1)}$.

Определить относительную погрешность измерений по формуле:

$$\frac{\Delta L_{(1)}}{L_{(1)}} = \frac{L_{(1)} - T_{\text{МШПС}}}{T_{\text{МШПС}}} \times 100\% \quad (3)$$

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

10.1.6 Используя объектив с увеличением 20х, получить изображение рельефной шаговой структуры центрального модуля меры. Провести 10 раз измерения линейного размера, соответствующего 8-ми шагам меры и определить его среднее значение $L_{(8)}$.

Определить относительную погрешность измерений по формуле:

$$\frac{\Delta L_{(8)}}{L_{(8)}} = \frac{L_{(8)} - 8T_{\text{МШПС}}}{8T_{\text{МШПС}}} \times 100\% \quad (4)$$

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

10.2 Определение СКО случайной составляющей погрешности измерений линейных размеров в плоскости ХУ в пределах поля зрения объектива

10.2.1 Установить объектив с увеличением 20х.

10.2.2 Установить на столик образцов поверочный образец ПО-1 (Мера ширины и периода специальная МШПС-2.0К). Получить изображение рельефной структуры ПО-1 в конфокальном режиме (режим сканирования 3D Fine, количество пикселей на изображении 1945x1024), содержащее выступы меры с №1 по №9. Запомнить полученное изображение.

10.2.3 Повторить операции по п.10.2.2, так чтобы общее количество изображений составило 10.

10.2.4 На изображениях, полученных по п.п.10.2.2 и 10.2.3, провести измерения расстояния в мкм, соответствующего 8 шагам (16 мкм) меры ПО-1, обозначив результат измерений как L_i , где i – номер изображения. Определить СКО случайной составляющей погрешности измерений линейных размеров (в мкм) в плоскости ХУ в пределах поля зрения объектива 20х по формуле:

$$СКО_1 = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (L_j - \bar{L})^2}{n-1}} \quad (5)$$

где $\bar{L} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n}$, $n = 10$.

10.2.5 Установить объектив с увеличением 50х. Получить изображение рельефной структуры ПО-1 в конфокальном режиме (режим сканирования 3D Fine, количество пикселей на изображении 1945x1024), содержащее выступы меры с №1 по №9. Запомнить полученное изображение.

10.2.6 Повторить операции по п.10.2.5, так чтобы общее количество изображений составило 10.

10.2.7 На изображениях, полученных по п.п.10.2.5 и 10.2.6, провести измерения расстояния в мкм, соответствующего 8 шагам (16 мкм) меры ПО-1, обозначив результат изме-

рений как L_i , где i – номер изображения. Определить СКО случайной составляющей погрешности измерений линейных размеров (в мкм) в плоскости XY в пределах поля зрения объектива 50x по формуле:

$$CKO_2 = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (L_j - \bar{L})^2}{n-1}} \quad (6)$$

где $\bar{L} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n}$, $n = 10$.

10.2.8 Установить объектив с увеличением 100x. Получить изображение рельефной структуры ПО-1 в конфокальном режиме (режим сканирования 3D Fine, количество пикселей на изображении 1945x1024), содержащее выступы меры с №1 по №9. Запомнить полученное изображение.

10.2.9 Повторить операции по п.10.2.8, так чтобы общее количество изображений составило 10.

10.2.10 На изображениях, полученных по п.п.10.2.8 и 10.2.9, провести измерения расстояния в мкм, соответствующего 8 шагам (16 мкм) меры ПО-1, обозначив результат измерений как L_i , где i – номер изображения. Определить СКО случайной составляющей погрешности измерений линейных размеров (в мкм) в плоскости XY в пределах поля зрения объектива 100x по формуле:

$$CKO_3 = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (L_j - \bar{L})^2}{n-1}} \quad (7)$$

где $\bar{L} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n}$, $n = 10$.

10.3 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений линейных размеров в плоскости XY на сшитых панорамных изображениях (для модификаций SAF и EAF)

10.3.1 Установить на столик образцов микроскопа поверочный образец ПО-3, установить объектив с увеличением 10x.

10.3.2 Получить изображение, включающее два соседних штриха с номерами 0 и 1 шкалы штриховой меры в конфокальном режиме (режим сканирования 3D Fine, количество пикселей на изображении 1945x1024). Запомнить полученное изображение.

10.3.3 Получить изображение, включающее два соседних штриха с номерами 1 и 2 шкалы штриховой меры.

10.3.4 В соответствии с руководством по эксплуатации микроскопа произвести сшивку изображений по пп. 10.3.2 и 10.3.3.

10.3.5 На полученном изображении измерить расстояние (в мкм) между штрихами с номерами 0 и 2, обозначив результат измерений как L_2 .

10.3.6 Получить последовательно 10 изображений, каждое из которых включает штрихи меры с номерами m и $m+1$, где $m=0, 1, 2, \dots, 9$.

10.3.7 Произвести сшивку изображений, полученных по п.10.3.6.

10.3.8 На изображении, полученном по п.10.3.7, произвести измерение расстояния (в мкм) между штрихами с номерами 0 и 10, обозначив результат измерений как L_{10} .

10.3.9 Определить абсолютную погрешность измерений (в мкм) расстояния между двумя штрихами штриховой меры с номерами 0 и 2 для двух сшитых изображений для объектива 10x по формуле:

$$\Delta_{2(10x)} = L_2 - L_{0-2} \quad (8)$$

где L_{0-2} - действительное значение интервала 0-2 (в мкм), указанное паспорте ПО-3.

10.3.10 Определить абсолютную погрешность измерений (в мкм) расстояния между двумя штрихами штриховой меры с номерами 0 и 10 для 10 сшитых изображений для объектива 10x по формуле:

$$\Delta_{10(10x)} = L_{10} - L_{0-10} \quad (9)$$

где L_{0-10} - действительное значение интервала 0-10 (в мкм), указанное паспорте ПО-3.

10.3.11 Установить объектив с увеличением 20x.

10.3.12 Получить изображение, включающее два соседних штриха с номерами 0 и 1 шкалы штриховой меры в конфокальном режиме (режим сканирования 3D Fine, количество пикселей на изображении 1945x1024). Запомнить полученное изображение.

10.3.13 Получить изображение, включающее два соседних штриха с номерами 1 и 2 шкалы штриховой меры.

10.3.14 В соответствии с руководством по эксплуатации микроскопа произвести сшивку изображений по пп. 10.3.12 и 10.3.13.

10.3.15 На полученном изображении измерить расстояние (в мкм) между штрихами с номерами 0 и 2, обозначив результат измерений как L_2 .

10.3.16 Получить последовательно 10 изображений, каждое из которых включает штрихи меры с номерами m и $m+1$, где $m=0, 1, 2, \dots, 9$.

10.3.17 Произвести сшивку изображений, полученных по п.10.3.16.

10.3.18 На изображении, полученном по п.10.3.17, произвести измерение расстояния (в мкм) между штрихами с номерами 0 и 10, обозначив результат измерений как L_{10} .

10.3.19 Определить абсолютную погрешность измерений (в мкм) расстояния между двумя штрихами штриховой меры с номерами 0 и 2 для двух сшитых изображений для объектива 20x по формуле:

$$\Delta_{2(20x)} = L_2 - L_{0-2} \quad (10)$$

где L_{0-2} - действительное значение интервала 0-2 (в мкм), указанное паспорте ПО-3.

10.3.20 Определить абсолютную погрешность измерений (в мкм) расстояния между двумя штрихами штриховой меры с номерами 0 и 10 для 10 сшитых изображений для объектива 20x по формуле:

$$\Delta_{10(20x)} = L_{10} - L_{0-10} \quad (11)$$

где L_{0-10} - действительное значение интервала 0-10 (в мкм), указанное паспорте ПО-3.

10.3.21 Установить объектив с увеличением 50x.

10.3.22 Получить изображение, включающее два соседних штриха с номерами 0 и 1 шкалы штриховой меры в конфокальном режиме (режим сканирования 3D Fine, количество пикселей на изображении 1945x1024). Запомнить полученное изображение.

10.3.23 Получить изображение, включающее два соседних штриха с номерами 1 и 2 шкалы штриховой меры.

10.3.24 В соответствии с руководством по эксплуатации микроскопа произвести сшивку изображений по пп. 10.3.22 и 10.3.23.

10.3.25 На полученном изображении измерить расстояние (в мкм) между штрихами с номерами 0 и 2, обозначив результат измерений как L_2 .

10.3.26 Получить последовательно 10 изображений, каждое из которых включает штрихи меры с номерами m и $m+1$, где $m=0, 1, 2, \dots, 9$.

10.3.27 Произвести сшивку изображений, полученных по п.10.3.26.

10.3.28 На изображении, полученном по п.10.3.27, произвести измерение расстояния (в мкм) между штрихами с номерами 0 и 10, обозначив результат измерений как L_{10} .

10.3.29 Определить абсолютную погрешность измерений (в мкм) расстояния между двумя штрихами штриховой меры с номерами 0 и 2 для двух сшитых изображений для объектива 50x по формуле:

$$\Delta_{2(50x)} = L_2 - L_{0-2} \quad (12)$$

где L_{0-2} - действительное значение интервала 0-2 (в мкм), указанное в паспорте ПО-3.

10.3.30 Определить абсолютную погрешность измерений (в мкм) расстояния между двумя штрихами штриховой меры с номерами 0 и 10 для 10 сшитых изображений для объектива 50x по формуле:

$$\Delta_{10(50x)} = L_{10} - L_{0-10} \quad (13)$$

где L_{0-10} - действительное значение интервала 0-10 (в мкм), указанное в паспорте ПО-3.

10.3.31 Установить объектив с увеличением 100x.

10.3.32 Получить изображение, включающее два соседних штриха с номерами 0 и 1 шкалы штриховой меры в конфокальном режиме (режим сканирования 3D Fine, количество пикселей на изображении 1945x1024). Запомнить полученное изображение.

10.3.33 Получить изображение, включающее два соседних штриха с номерами 1 и 2 шкалы штриховой меры.

10.3.34 В соответствии с руководством по эксплуатации микроскопа произвести сшивку изображений по пп. 10.3.32 и 10.3.33.

10.3.35 На полученном изображении измерить расстояние (в мкм) между штрихами с номерами 0 и 2, обозначив результат измерений как L_2 .

10.3.36 Получить последовательно 10 изображений, каждое из которых включает штрихи меры с номерами m и $m+1$, где $m=0, 1, 2, \dots, 9$.

10.3.37 Произвести сшивку изображений, полученных по п.10.3.36.

10.3.38 На изображении, полученном по п.10.3.37, произвести измерение расстояния (в мкм) между штрихами с номерами 0 и 10, обозначив результат измерений как L_{10} .

10.3.39 Определить абсолютную погрешность измерений (в мкм) расстояния между двумя штрихами штриховой меры с номерами 0 и 2 для двух сшитых изображений для объектива 100x по формуле:

$$\Delta_{2(100x)} = L_2 - L_{0-2} \quad (14)$$

где L_{0-2} - действительное значение интервала 0-2 (в мкм), указанное в паспорте ПО-3.

10.3.40 Определить абсолютную погрешность измерений (в мкм) расстояния между двумя штрихами штриховой меры с номерами 0 и 10 для 10 сшитых изображений для объектива 100x по формуле:

$$\Delta_{10(100x)} = L_{10} - L_{0-10} \quad (15)$$

где L_{0-10} - действительное значение интервала 0-10 (в мкм), указанное в паспорте ПО-3.

10.4 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений линейных размеров по оси Z, СКО случайной составляющей погрешности измерений линейных размеров по оси Z.

10.4.1 Установить на столик образцов микроскопа поверочный образец ПО-1 (меру ширины и периода специальную МШПС-2.0К). Используя объектив с увеличением 100x, получить изображение рельефной шаговой структуры центрального модуля меры с увеличением 8000 крат. 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 $n=10$ раз в разных местах в пределах поля зрения, каждый раз регистрируя значение h_i высоты (в мкм).

10.4.2 Определить среднее значение высоты выступов по формуле:

$$\bar{h} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} h_i \quad (16)$$

10.4.3 Определить абсолютную погрешность измерений высоты выступов меры по формуле

$$\Delta_1 = \bar{h} - H_{\text{МШПС}} \quad (17)$$

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

10.4.4 Определить СКО случайной составляющей погрешности измерений по оси Z для объектива 100x по формуле

$$СКО_{(100x)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h})^2}{n-1}}, \quad (18)$$

где $n = 10$.

10.4.5 Установить объектив с увеличением 50x. Получить изображение рельефной шаговой структуры центрального модуля меры ПО-1 с увеличением 8000 крат. Запомнить полученное изображение на жесткий диск управляющего компьютера микроскопа. Зарегистрировать полученное изображение на жесткий диск. В соответствии с руководством по эксплуатации микроскопа произвести измерения высоты выступа рельефной структуры меры в количестве $n = 10$ раз в разных местах в пределах поля зрения, каждый раз регистрируя значение h_j высоты (в мкм).

10.4.6 Определить среднее значение высоты выступов по формуле:

$$\tilde{h} = \frac{1}{10} \sum_{j=1}^{10} h_j \quad (19)$$

10.4.7 Определить СКО случайной составляющей погрешности измерений по оси Z для объектива 50x по формуле

$$СКО_{(50x)} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (h_j - \tilde{h})^2}{n-1}}, \quad (20)$$

где $n = 10$.

10.4.8 Установить на концевую меру номинальным размером 2 мм (ПО-5) концевую меру номинальным размером 1 мм (ПО-4) таким образом, чтобы их рабочие поверхности соприкасались и взаимно перекрывались примерно на 50%. Произвести притирку мер друг к другу.

10.4.9 Установить объектив с увеличением 20x, установить концевые меры на столик образцов микроскопа таким образом, чтобы перепад высоты 1 мм, создаваемый концевой мерой 1 мм, находился в поле зрения микроскопа примерно в центральной его части. Получить данное изображение в конфокальном режиме. Зарегистрировать полученное изображение на жесткий диск.

10.4.10 В соответствии с руководством по эксплуатации микроскопа произвести измерения высоты ступеньки 1 мм в количестве $n = 10$ раз в разных местах в пределах поля зрения, каждый раз регистрируя значение H_i высоты, выраженное в мкм.

10.4.11 Определить среднее значение высоты ступеньки по формуле:

$$\bar{H} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} H_i \quad (21)$$

10.4.12 Определить абсолютную погрешность измерений высоты ступеньки номинальным значением 1 мм по формуле

$$\Delta_2 = \bar{H} - H_{\text{к.м.}} \quad (22)$$

где $H_{к.м.}$ – паспортное значение длины концевой меры номинальным значением 1 мм, выраженное в мкм.

10.4.13 Определить СКО случайной составляющей погрешности измерений по оси Z для объектива 20x по формуле

$$CKO_{(20x)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (H_i - \bar{H})^2}{n-1}}, \quad (23)$$

где $n = 10$.

10.4.14 Установить на концевую меру номинальным размером 2 мм (ПО-5) концевую меру номинальным размером 9 мм (ПО-6) таким образом, чтобы их рабочие поверхности соприкасались и взаимно перекрывались примерно на 50%. Произвести притирку мер друг к другу.

10.4.15 Установить объектив с увеличением 10x, установить на столик образцов микроскопа концевые меры по п.10.4.14 таким образом, чтобы перепад высоты 9 мм, создаваемый концевой мерой 9 мм, находился в поле зрения микроскопа примерно в центральной его части. Получить данное изображение в конфокальном режиме. Зарегистрировать полученное изображение на жесткий диск.

10.4.16 В соответствии с руководством по эксплуатации микроскопа произвести измерения высоты ступеньки 9 мм в количестве $n = 10$ раз в разных местах в пределах поля зрения, каждый раз регистрируя значение H_j высоты, выраженное в мкм.

10.4.17 Определить среднее значение высоты ступеньки по формуле:

$$\hat{H} = \frac{1}{10} \sum_{j=1}^{10} H_j \quad (24)$$

10.4.18 Определить абсолютную погрешность измерений высоты ступеньки номинальным значением 9 мм по формуле

$$\Delta_3 = \hat{H} - H_{(9)} \quad (25)$$

где $H_{(9)}$ – паспортное значение длины концевой меры номинальным значением 9 мм, выраженное в мкм.

10.5 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений линейных размеров по оси Z на сшитых панорамных изображениях (для модификаций SAF и EAF)

10.5.1 Установить объектив с увеличением 20x, установить концевые меры по п.10.4.8 на столик образцов микроскопа, расположив их таким образом, чтобы перепад высоты 1 мм, создаваемый концевой мерой 1 мм, находился в левой половине поля зрения микроскопа. Получить данное изображение в конфокальном режиме. Зарегистрировать полученное изображение на жесткий диск.

10.5.2 Переместить концевые меры по п.10.4.8 в плоскости XY таким образом, что перепад высоты 1 мм, создаваемый концевой мерой 1 мм, находился в правой половине поля зрения микроскопа. Получить данное изображение в конфокальном режиме. Зарегистрировать полученное изображение на жесткий диск.

10.5.3 Произвести сшивку изображений, полученных по п.п. 10.5.1-10.5.2.

10.5.4 На изображении, полученном по п.10.5.3, измерить значение высоты, создаваемой концевой мерой номинальным значением 1 мм, обозначив результат, выраженный в мкм, как H_1 .

10.5.5 Вычислить абсолютную погрешность измерений по формуле

$$\Delta'_1 = H_1 - H_{(1)} \quad (26)$$

где $H_{(1)}$ – действительное значение длины концевой меры номинальным значением 1 мм, выраженное в мкм.

10.5.6 Установить объектив с увеличением 10х, установить концевые меры по п.10.4.14 на столике образцов микроскопа таким образом, чтобы перепад высоты 9 мм, создаваемый концевой мерой 9 мм, находился в левой половине поля зрения микроскопа. Получить данное изображение в конфокальном режиме. Зарегистрировать полученное изображение на жесткий диск.

10.5.7 Переместить концевые меры по п.10.4.14 в плоскости ХУ таким образом, что перепад высоты 9 мм, создаваемый концевой мерой 9 мм, находился в правой половине поля зрения микроскопа. Получить данное изображение в конфокальном режиме. Зарегистрировать полученное изображение на жесткий диск.

10.5.8 Произвести сшивку изображений, полученных по п.п. 10.5.6-10.5.7.

10.5.9 На изображении, полученном по п.10.5.8, измерить значение высоты, создаваемой концевой мерой номинальным значением 9 мм, обозначив результат, выраженный в мкм, как H_2 .

10.5.10 Вычислить абсолютную погрешность измерений по формуле

$$\Delta'_2 = H_2 - H_{(9)} \quad (27)$$

где $H_{(9)}$ – действительное значение длины концевой меры номинальным значением 9 мм, выраженное в мкм.

10.5.11 Установить на столик образцов микроскопа поверочный образец ПО-1 (меру ширины и периода специальную МШПС-2.0К), объектив с увеличением 20х. Получить изображение в конфокальном режиме рельефной шаговой структуры центрального модуля ПО-1 с увеличением 1000 крат таким образом, чтобы выступ №5 рельефной структуры меры находился в левой половине поля зрения микроскопа. Запомнить полученное изображение на жесткий диск управляющего компьютера микроскопа.

10.5.12 Переместить поверочный образец ПО-1 в плоскости ХУ таким образом, чтобы выступ №5 рельефной структуры меры находился в правой половине поля зрения микроскопа. Получить изображение в конфокальном режиме и запомнить изображение на жесткий диск управляющего компьютера микроскопа.

10.5.13 Произвести сшивку изображений, полученных по п.п. 10.5.11-10.5.12.

10.5.14 На изображении, полученном по п.10.5.13, измерить значение высоты, соответствующее высоте выступа №5 ПО-1, обозначив результат, выраженный в мкм, как H_3 .

10.5.15 Вычислить абсолютную погрешность измерений по формуле

$$\Delta'_3 = H_3 - H_{ПО-1} \quad (28)$$

где $H_{ПО-1}$ – действительное значение высоты (в мкм) выступа №5 ПО-1, указанное в паспорте на ПО-1.

10.5.16 Установить объектив с увеличением 10х. Получить изображение в конфокальном режиме рельефной шаговой структуры центрального модуля ПО-1 с увеличением 1000 крат таким образом, чтобы выступ №5 рельефной структуры меры находился в левой половине поля зрения микроскопа. Запомнить полученное изображение на жесткий диск управляющего компьютера микроскопа.

10.5.17 Переместить поверочный образец ПО-1 в плоскости ХУ таким образом, чтобы выступ №5 рельефной структуры меры находился в правой половине поля зрения микроскопа. Получить изображение в конфокальном режиме и запомнить изображение на жесткий диск управляющего компьютера микроскопа.

10.5.18 Произвести сшивку изображений, полученных по п.п. 10.5.16-10.5.17.

10.5.19 На изображении, полученном по п.10.5.18, измерить значение высоты, соответствующее высоте выступа №5 ПО-1, обозначив результат, выраженный в мкм, как H_4 .

10.5.20 Вычислить абсолютную погрешность измерений по формуле

$$\Delta'_4 = H_4 - H_{ПО-1} \quad (29)$$

где $H_{ПО-1}$ – действительное значение высоты (в мкм) выступа №5 ПО-1, указанное в паспорте на ПО-1.

10.6 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений параметров шероховатости R_a и R_z

10.6.1 Установить на столик образцов микроскопа поверочный образец ПО-7 (меру шероховатости эталонную ПРО-10 с номинальным параметром шероховатости $R_a = 0,025$ мкм). Установить объектив с увеличением 50х.

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

10.6.3 По полученному изображению профиля провести измерения параметров шероховатости, используя значения фильтров профиля $\lambda_s = 2,5$ мкм и λ_c – указанный в паспорте поверочного образца. Определить значения параметров шероховатости $R_{a(1)}$ и $R_{z(1)}$, усредненные по результатам 10 измерений.

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

$$\Delta_{a(1)} = R_{a(1)} - R_{a(ПО-7)} \quad (30)$$

где $R_{a(ПО-7)}$ – аттестованное значение поверочного образца ПО-7 по параметру R_a .

10.6.5 Определить абсолютную погрешность измерений шероховатости по параметру R_z на нижней границе диапазона измерений

$$\Delta_{z(1)} = R_{z(1)} - R_{z(ПО-7)} \quad (31)$$

где $R_{z(ПО-7)}$ – аттестованное значение поверочного образца ПО-7 по параметру R_z .

10.6.6 Установить на столик образцов микроскопа поверочный образец ПО-8 (меру шероховатости эталонную ПРО-10 с номинальным параметром шероховатости $R_a = 0,63$ мкм). Установить объектив с увеличением 10х.

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

10.6.8 По полученному изображению профиля провести измерения параметров шероховатости, используя значения фильтров профиля $\lambda_s = 2,5$ мкм и λ_c – указанный в паспорте поверочного образца. Определить значения параметров шероховатости $R_{a(2)}$ и $R_{z(2)}$, усредненные по результатам 10 измерений.

10.6.9 Определить абсолютную погрешность измерений шероховатости по параметру R_a для поверочного образца ПО-8:

$$\Delta_{a(2)} = R_{a(2)} - R_{a(ПО-8)} \quad (32)$$

где $R_{a(ПО-8)}$ – аттестованное значение поверочного образца ПО-7 по параметру R_a .

10.6.10 Определить абсолютную погрешность измерений шероховатости по параметру R_z для поверочного образца ПО-8:

$$\Delta_{z(2)} = R_{z(2)} - R_{z(ПО-8)} \quad (33)$$

где $R_{z(ПО-8)}$ – аттестованное значение поверочного образца ПО-8 по параметру R_z .

10.7 Подтверждение соответствия микроскопа метрологическим требованиям

10.7.1 Результаты этапа поверки по п.10.1. методики поверки считать положительными, если для всех значений, полученных по п.10.1.3, выполняется условие $|\Delta L_i / L_i| < 1,5\%$, а также выполнены условия $|\Delta L_{(3)} / L_{(3)}| < 1,5\%$, $|\Delta L_{(1)} / L_{(1)}| < 1,5\%$, $|\Delta L_{(8)} / L_{(8)}| < 1,5\%$. При этом следует считать, что относительная погрешность измерений линейных размеров в плоскости ХУ в пределах поля зрения объектива находится в пределах $\pm 1,5\%$, а диапазон измерений соответствует значениям, указанным в таблице 4:

Таблица 4. Диапазон измерений линейных размеров в плоскости ХУ в пределах поля зрения объектива в зависимости от используемого объектива микроскопа

Объектив	Диапазон измерений линейных размеров в плоскости ХУ в пределах поля зрения объектива, мкм
-10х	от 30 до 1200
-20х	от 15 до 600
-50х	от 5 до 250
-100х	от 2 до 120

10.7.2 Результаты этапа поверки по п.10.2 методики поверки считать положительными, если для значений SKO , выраженных в мкм и определенных по формулам (5)-(7), выполнены требования: $SKO_1 \leq 0,05$, $SKO_2 \leq 0,04$, $SKO_3 \leq 0,02$

10.7.3 Результаты этапа поверки по п.10.3 методики поверки считать положительными, если результаты определений по формулам (8)-(15), выраженные в мкм, удовлетворяют требованиям:

$$|\Delta_{2(10x)}| \leq 25; \quad |\Delta_{10(10x)}| \leq 29; \quad |\Delta_{2(20x)}| \leq 16; \quad |\Delta_{10(20x)}| \leq 20;$$

$$|\Delta_{2(50x)}| \leq 10; \quad |\Delta_{10(50x)}| \leq 14; \quad |\Delta_{2(100x)}| \leq 8; \quad |\Delta_{10(100x)}| \leq 12.$$

При этом абсолютная погрешность измерений линейных размеров в плоскости ХУ на сшитых панорамных изображениях находится в пределах (в мкм):

$$\pm(24+L/4) \text{ для объектива } 10x;$$

$$\pm(15+L/4) \text{ для объектива } 20x;$$

$$\pm(9+L/4) \text{ для объектива } 50x;$$

$$\pm(7+L/4) \text{ для объектива } 100x$$

(где L – измеряемая длина, мм).

10.7.4 Результаты этапа поверки по п.10.4 методики поверки считать положительными, если выполнены требования:

$$SKO_{(100x)} \leq 0,012$$

$$SKO_{(50x)} \leq 0,012$$

$$SKO_{(20x)} \leq 0,03$$

и для значений $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3$, определенных по формулам (17), (22) и (25), выполнены требования $|\Delta_i| \leq 0,15 + L_i/100$ ($i=1,2,3$), где

$$L_1 = \bar{h}, \text{ определенный по (16),}$$

$$L_2 = \bar{H}, \text{ определенный по (21),}$$

$$L_3 = \hat{H}, \text{ определенный по (24).}$$

При этом диапазоном измерений линейных размеров по оси Z следует считать диапазон от 0 до 9500 мкм, а абсолютная погрешность измерений линейных размеров по оси Z находится внутри границ $\pm(0,15+L/100)$ мкм, где L - измеряемая длина по оси Z в мкм.

10.7.5 Результаты этапа поверки по п.10.5 методики поверки считать положительными, если для параметров $\Delta'_1, \Delta'_2, \Delta'_3, \Delta'_4$, определенных по формулам (26), (27), (28), (29) Методики поверки и выраженных в мкм, выполнены требования:

$$|\Delta'_1| \leq 1 + H_{(1)}/100$$

$$|\Delta'_2| \leq 5 + H_{(9)}/100$$

$$|\Delta'_3| \leq 1 + H_{(10-1)}/100$$

$$|\Delta'_4| \leq 5 + H_{(10-1)}/100$$

где $H_{(1)}$ и $H_{(9)}$ – действительные значения длин концевых мер номинальным значением 1 мм, и 9 мм соответственно, выраженные в мкм,

$H_{\text{ПО-1}}$ – действительное значение высоты (в мкм) выступа №5 ПО-1, указанное в паспорте на ПО-1.

При этом следует считать, что диапазон измерений линейных размеров по оси Z на сшитых панорамных изображениях составляет от 0 до 9500 мкм, абсолютная погрешность измерений линейных размеров по оси Z на сшитых панорамных изображениях для объектива 10x находится внутри границ $\pm(5,0+L/100)$ мкм, для объектива 20x или выше находится внутри границ $\pm(1,0+L/100)$ мкм, где L - измеряемая длина по оси Z в мкм.

10.7.6 Результаты этапа поверки по п.10.6 методики поверки считать положительными, если для параметров $\Delta_{a(1)}$, $\Delta_{a(2)}$, $\Delta_{z(1)}$, $\Delta_{z(2)}$, определенных по формулам (30)-(33), выполнены требования:

$$|\Delta_{a(1)}| \leq (0,003 + 0,04 \cdot R_{a(1)})$$

$$|\Delta_{a(2)}| \leq (0,003 + 0,04 \cdot R_{a(2)})$$

$$|\Delta_{z(1)}| \leq (0,006 + 0,04 \cdot R_{z(1)})$$

$$|\Delta_{z(2)}| \leq (0,006 + 0,04 \cdot R_{z(2)})$$

При этом абсолютная погрешность измерений шероховатости по параметру R_a находится внутри границ $\pm(0,003+0,04 \cdot R_a)$ мкм, по параметру R_z - внутри границ $\pm(0,006+0,04 \cdot R_z)$ мкм, где R_a , R_z - параметры шероховатости, мкм, диапазоном измерений шероховатости по параметру R_a следует считать диапазон от 0,005 до 50 мкм, а по параметру R_z от 0,01 до 100 мкм.

11 Оформление результатов поверки

11.1 Результаты поверки оформляются протоколом, в котором указывают результаты измерений по п.10.1-10.6 и выводы о соответствии метрологическим требованиям по п.10.7 настоящей методики. Протокол хранится в организации, проводившей поверку.

11.2 Микроскоп, удовлетворяющий требованиям настоящей методики, признают годным к применению. Сведения о результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. Свидетельство о поверке оформляется в соответствии с требованиями нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке и на лицевую панель микроскопа в виде наклейки в соответствии с рисунком общего вида, приведенным в описании типа.

11.3 При отрицательных результатах поверки микроскоп запрещают к применению и выдают извещение о непригодности с указанием причин по установленной форме.

Начальник отдела АО «НИЦПВ» к.ф.-м.н.



Митюхляев В.Б.