



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ПРИКЛАДНОЙ МЕТРОЛОГИИ – РОСТЕСТ»
(ФБУ «НИЦ ПМ – РОСТЕСТ»)

СОГЛАСОВАНО

Заместитель

Генерального директора
ФБУ «НИЦ ПМ - Ростест»

С.А. Денисенко

2024 г.

М.П.



Государственная система обеспечения единства измерений

ПРОФИЛОМЕТР СТИЛУСНЫЙ
KLA-Tencor P-17

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 203-45-2024

МОСКВА, 2024

1. Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на профилометр стилусный KLA-Tencor P-17 (далее - профилометр) и устанавливает методы и средства его первичной и периодической поверок.

1.1. Методика поверки распространяется на профилометр с диапазоном измерений параметра шероховатости R_a от 0,001 до 30 мкм.

1.2. Профилометр стилусный KLA-Tencor P-17 не относится к многоканальным измерительным системам, многопредельным и многодиапазонным средствам измерений, не состоят из нескольких автономных блоков и не предназначены для измерений (воспроизведения) нескольких величин. Поверка отдельных измерительных каналов и (или) отдельных автономных блоков из состава средства измерений для меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений не предусмотрена.

1.3. Профилометр до ввода в эксплуатацию, а также после ремонта подлежит первичной поверке, в процессе эксплуатации – периодической поверке.

1.4. Поверка профилометра в сокращенном объеме не предусмотрена.

1.5. Настоящая методика поверки применяется для поверки профилометра, используемого в качестве средства измерений в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений параметров шероховатости R_{max} , R_z в диапазоне от 0,001 до 12000 мкм и R_a в диапазоне от 0,001 до 3000 мкм, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 06.11.2019 г. № 2657.

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 - Метрологические требования к средствам измерений

Поверяемый параметр	Доверительные границы абсолютной погрешности	
	при применении в качестве средства измерений	при применении в качестве рабочего эталона
10.1 Пределы допускаемой относительной погрешности измерений параметра R_a , %	± 5	-
10.2 Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений высоты неровностей, мкм	$\pm(0,006 + H/20)$, где H - измеряемая высота неровностей, мкм	-
10.3 Повторяемость результатов измерений высоты неровности - для неровностей высотой не до 1 мкм, нм, не более - для неровностей высотой более 1 мкм, %	2,5 0,25	-

1.6. Обеспечение прослеживаемости поверяемого профилометра к Государственному первичному эталону ГЭТ 113-2014 осуществляется методом прямых измерений посредством эталонных мер шероховатости в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений параметров

шероховатости R_{max} , R_z в диапазоне от 0,001 до 12000 мкм и Ra в диапазоне от 0,001 до 3000 мкм, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 06.11.2019 г. № 2657.

2. Перечень операций поверки средства измерений

При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первой поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	7	да	да
Опробование	8	да	да
Проверка программного обеспечения	9	да	да
Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	10		
Определение относительной погрешности измерений параметра шероховатости R_a	10.1	да	да
Определение абсолютной погрешности измерений высот неровностей	10.2	да	да
Определение повторяемости результатов измерений высот неровностей	10.3	да	нет
Подтверждение соответствия метрологическим требованиям	10.4	да	да

3. Требования к условиям проведения поверки

Поверка проводится в нормальных условиях применения профилометров:

- температура окружающего воздуха, $^{\circ}\text{C}$ 20 ± 2
- относительная влажность окружающего воздуха, %, не более 80

Профилометры выдерживают не менее 1 ч в помещении, где проводят поверку.

4. Требования к специалистам, осуществляющим поверку

- 4.1 К проведению измерений при поверке и к обработке результатов измерений допускаются лица, имеющие квалификацию поверителя, изучившие порядок работы с профилометром, а также знающие требования настоящей методики, и работающие в организации, аккредитованной на право проведения

проверки средств измерений. Для проведения проверки профилометра достаточно одного поверителя.

5. Метрологические и технические требования к средствам поверки

При проведении проверки должны применяться средства поверки, указанные в таблице 3.

Таблица 3– Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п.8 Контроль условий поверки	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне от +15 °C до +25 °C, абсолютная погрешность не более 1°C	Термогигрометр ИВА-6Н, модификации ИВА-6НР, рег. № 13561-01
10.1 Определение относительной погрешности измерений параметра шероховатости Ra	Эталонные меры шероховатости поверхности 1-го разряда по Государственной поверочной схеме для средств измерений параметров шероховатости R _{max} , R _z в диапазоне от 0,001 до 12000 мкм и Ra в диапазоне от 0,001 до 3000 мкм, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 06.11.2019 г. № 2657	Меры шероховатости эталонные ПРО-10, Рег. № 66933-17 Номинальные значения параметра шероховатости Ra от 0,001 до 400 мкм, пределы допускаемой относительной погрешности параметра Ra ±3%
10.2 Определение погрешности измерений высот неровностей		Мера для поверки приборов для измерений шероховатости поверхности PEN-10-1, Рег № 52740-13 Номинальное значение параметра шероховатости R _{max} 10 мкм. Пределы допускаемого отклонения параметра R _{max} ±0,05 мкм.
10.3 Определение повторяемости результатов измерений высот неровностей	Эталонные меры шероховатости поверхности 1-го разряда по Государственной поверочной схеме для средств измерений параметров шероховатости R _{max} , R _z в диапазоне от 0,001 до 12000 мкм и Ra в диапазоне от 0,001 до 3000 мкм, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 06.11.2019 г. № 2657	Мера для поверки приборов для измерений шероховатости поверхности PEN-10-1, Рег № 52740-13 Номинальное значение параметра шероховатости R _{max} 10 мкм. Пределы допускаемого отклонения параметра R _{max} ±0,05 мкм. Мера периода и высоты линейная TGZ1, рег. № 41678-09. Пределы допускаемых значений абсолютной погрешности определения высоты неровностей в рельефе шаговых структур ±2 нм

Примечание: Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные,

удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.

6. Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки профилометра должны соблюдаться следующие требования:

- при подготовке к проведению поверки должны быть соблюдены требования безопасной работы с летучими жидкостями, к которым относятся этиловый спирт (ректификат) с этиловым эфиром, используемые для промывки мер;
- этиловый спирт (ректификат) хранят с плотно закрытой металлической крышкой, в количестве не более однодневной нормы, требуемой для промывки.

7. Внешний осмотр

7.1 При внешнем осмотре СИ должно быть установлено соответствие профилометра следующим требованиям:

- на наружных поверхностях профилометра не должно быть дефектов, влияющих на его эксплуатационные характеристики;
 - наличие четкой маркировки;
 - наличие надежной фиксации съемных элементов зажимными устройствами.
- 7.2 Профилометр считается поверенным в части внешнего осмотра, если выполнены все требования пункта 7.1.

8. Подготовка к поверке и опробование

Поверяемый профилометр и средства поверки следует подготовить к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на них.

Опробование профилометра произвести согласно Руководству по эксплуатации на профилометр стилусный KLA-Tencor P-17.

Произвести осмотр иглы датчика на наличие сколов и дефектов и промывку алмазной иглы спиртом методом полива.

9. Проверка программного обеспечения

Провести проверку программного обеспечения (ПО) по следующей методике:

- произвести запуск доступного ПО;
- проверить наименование программного обеспечения и его версию.

Результат проверки ПО считается положительным, если полученные на дисплее идентификационные данные ПО и номер версии соответствуют указанным в описании типа.

10. Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Определение относительной погрешности измерений параметра шероховатости Ra.

Определение относительной погрешности измерений параметра шероховатости Ra производить при помощи эталонных мер шероховатости 1-го разряда по Государственной поверочной схеме для средств измерений параметров шероховатости R_{max}, R_z в диапазоне от 0,001 до 12000 мкм и Ra в диапазоне от 0,001 до 3000 мкм, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 06.11.2019 г. № 2657.

Установить эталонную меру ПРО-10 на профилометр и выбрать режимы измерения параметра шероховатости Ra (отсечку шага λ_c, скорость измерения, длину измерения L) в зависимости от номинального значения параметра Ra. Провести

измерения параметра Ra на 10 равномерно расположенных длинах измерений в пределах рабочего участка эталонной меры.

Среднее значение параметра $\bar{R}a_{np}$ определить по формуле:

$$\bar{R}a_{np} = \frac{\sum_{i=1}^n Ra_{np}^i}{n}, \quad (1)$$

где n- количество измерений,

Ra_{np} – измеренное i-тое значение параметра шероховатости.

Относительную погрешность в процентах определить по формуле:

$$\bar{R}a_{np} = \frac{\bar{R}a_{np} - Ra_{obp}}{Ra_{obp}} \cdot 100, \quad (2)$$

где Ra_{obp} - действительное значение параметра шероховатости Ra эталонной меры, взятое из протокола о поверке на меру, мкм.

10.2 Определение погрешности измерений высот неровностей.

Определение погрешности измерений высоты неровностей осуществляется методом прямых измерений с использованием меры для поверки приборов для измерений шероховатости поверхности PEN 10-1.

Установить эталонную меру шероховатости и провести измерения высоты неровности Hi в 10 равномерно расположенных участках в пределах рабочей зоны меры.

Определить среднее значение высоты неровности меры по формуле:

$$Hcp = \frac{\sum_{i=1}^n Hi}{n}. \quad (3)$$

Определить абсолютную погрешность измерений высоты неровностей по формуле:

$$\Delta H = Hcp - Hdc, \quad (4)$$

где Hdc - действительное значение высоты неровностей меры, указанное в протоколе о поверке на неё.

Профилометр считается прошедшим поверку в части определения погрешности измерений высот неровностей, если относительная погрешность измерений параметра шероховатости Ra находится в пределах $\pm 5\%$, а абсолютная погрешность измерений высоты неровностей находится в пределах $\pm(0,006+H/20)$ мкм, где H – измеряемая высота неровностей в мкм.

10.3 Определение повторяемости результатов измерений высоты неровностей

Определение повторяемости результатов измерений высоты неровностей менее 1 мкм осуществляется методом прямых измерений меры периода и высоты линейной TGZ1, высоты неровностей более 1 мкм с помощью меры для поверки приборов для измерений шероховатости поверхности PEN 10-1.

Повторяемость S результатов измерений высоты неровностей менее 1 мкм определить по формуле

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (H_i - H_{ср})^2}{n-1}}, \text{ нм, где} \quad (5)$$

H_i - результат измерений высоты меры при i -м измерении, нм

$H_{ср}$ - среднее значение высоты меры по n измерениям, нм

Повторяемость S результатов измерений высоты неровностей более 1 мкм определить по формуле

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (H_i - H_{ср})^2}{n-1}} \cdot \frac{100}{H_{ср}}, \% \quad (6)$$

Профилометр считается поверенным в части определения повторяемости результатов измерений высоты неровностей, если повторяемость результатов измерений высоты неровностей мер до 1 мкм не более 2,5 нм, а мер с высотой неровностей более 1 мкм не превышает 2,5 %.

10.4. Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

Профилометр считается прошедшим поверку, если по пунктам 7- 9, 10.3 его характеристики соответствуют установленным требованиям, а полученные результаты измерений по пунктам 10.1- 10.2 находятся в пределах допустимых значений. В случае подтверждения соответствия метрологических требований на профилометр, результаты поверки считаются положительными, и профилометр признают пригодным к применению.

В случае, если соответствие метрологическим требованиям на профилометр не подтверждено, результаты поверки считаются отрицательными и профилометр признают не пригодным к применению.

11. Оформление результатов поверки

11.1. Результаты поверки оформляются протоколом, составленным в произвольной форме и содержащим результаты по каждой операции, указанной в таблице 2.

11.2. При положительных результатах поверки сведения о результатах поверки средства измерений передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. В соответствии с действующим законодательством допускается по заявлению владельца выдача свидетельства о поверке на бумажном носителе.

11.3. При отрицательных результатах поверки сведения о результатах поверки средства измерений передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. В соответствии с действующим законодательством допускается выдача извещения о непригодности к применению средства измерений с указанием основных причин непригодности.

Начальник отдела 203
ИЦ ФГБУ «ВНИИМС»

М.Л. Бабаджанова

Ведущий инженер отдела 203

Н.А. Табачникова

Инженер отдела 203

Д.Р. Хуснетдинова