

---

Федеральное агентство по техническому регулированию  
и метрологии

---

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
СТАНДАРТ  
РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

**ГОСТ Р**  
*(ПРОЕКТ,  
ПЕРВАЯ  
РЕДАКЦИЯ)*

---

**Государственная система обеспечения единства  
измерений**

**МИКРОСКОПЫ СКАНИРУЮЩИЕ  
ЗОНДОВЫЕ АТОМНО-СИЛОВЫЕ  
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ**

**Методика поверки**

**Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его утверждения**

**ГОСТ Р**  
*(проект, первая  
редакция)*

**ПРЕДИСЛОВИЕ**

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН ОАО «Научно-исследовательский центр по исследованию свойств поверхности и вакуума»

2 ВНЕСЕН ТК по стандартизации № 441 «Научоемкие технологии.»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок – в ежемесячно издаваемых указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет.*

© ИПК Издательство стандартов, 200\_\_

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения национального органа Российской Федерации по стандартизации

II

Содержание

1	Область применения.....	1
2	Нормативная ссылка.....	2
3	Термины и определения.....	2
4	Средство поверки микроскопов.....	4
5	Порядок проведения измерений при поверке микроскопов.....	5
6	Порядок обработки результатов измерений.....	7
7	Оформление результатов поверки.....	9
	Приложение А.....	11
	Библиография.....	13

# НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

Государственная система обеспечения единства измерений

## МИКРОСКОПЫ СКАНИРУЮЩИЕ ЗОНДОВЫЕ АТОМНО-СИЛОВЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ

### Методика поверки

State system for ensuring the uniformity of measurements.  
Atomic-force scanning probe measuring microscopes.  
Verification procedure

---

Дата введения \_\_\_\_\_

## 1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящий стандарт устанавливает методику поверки сканирующих зондовых атомно-силовых микроскопов измерительных (далее - микроскопы), применяемых для измерений линейных размеров в диапазоне от  $10^{-9}$  до  $10^{-6}$  м.

Настоящий стандарт предназначен для применения при проведении всех видов поверок микроскопов в сфере государственного метрологического контроля (надзора) и может быть использован при калибровке микроскопов (см. приложение А).

**ГОСТ Р**  
*(проект,  
первая редакция)*

## **2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ**

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р        Меры рельефные нанометрового диапазона. Общие требования

ГОСТ Р        Меры рельефные нанометрового диапазона с трапецидальным профилем элементов. Методика поверки

Примечание - При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования - на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

## **3 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями.

**3.1 рельеф поверхности твердого тела (рельеф поверхности):** Экспериментально наблюдаемая поверхность твердого тела, отклонения которой от идеально плоской поверхности обусловлены естественными причинами или специальной обработкой.

**3.2 элемент рельефа поверхности (элемент рельефа):** Пространственно локализованная часть рельефа поверхности.

**3.3 сканирующий зондовый атомно-силовой микроскоп измерительный:** Сканирующий зондовый атомно-силовой микроскоп, имеющий нормированные метрологические характеристики, предназначенный для измерения линейных размеров элементов рельефа поверхности образца и (или) расстояния между ними

**3.4 пиксель:** Наименьший дискретный элемент изображения, получаемый при математической обработке информативного сигнала.

**3.5 сканирование элемента исследуемого объекта (сканирование):** Осуществление штатными средствами микроскопа перемещения зонда вдоль выбранного отрезка на исследуемом объекте с одновременной регистрацией информативного сигнала.

**3.6 видеоизображение на экране монитора микроскопа (видеоизображение):** Изображение на экране монитора микроскопа в виде матрицы из  $n$  строк по  $m$  пикселей в каждой, яркость которых прямо пропорциональна значению величины сигнала в соответствующей точке матрицы.

Примечание - Яркость пикселя определяется силой света, излучаемой им в направлении глаза наблюдателя.

**3.7 видеопрофиль информативного сигнала (видеопрофиль):** Графическая зависимость значения величины информативного сигнала, поступающего с детектора микроскопа, от номера пикселя в данной строке видеоизображения.

**3.8 масштабный коэффициент видеоизображения микроскопа (масштабный коэффициент):** Отношение известного значения длины исследуемого элемента на объекте измерений к количеству пикселей этого элемента на видеоизображении.

Примечание - Масштабный коэффициент определяют для каждого конкретного экземпляра микроскопа.

**3.9 эффективный радиус острия зонда микроскопа (эффективный радиус зонда):** Радиус сферы, характеризующей геометрические размеры острия зонда микроскопа.

Примечание - Эффективный радиус зонда определяют по значению радиуса сферы, вписанной в острие зонда микроскопа при одновременном касании острия боковой грани выступа и дна канавки меры рельефной малой длины - по ГОСТ Р.

**3.10 Z-сканер сканирующего зондового атомно-силового микроскопа (Z-сканер):** штатное техническое средство сканирующего зондового атомно-силового микроскопа, обеспечивающее в процессе сканирования вертикальное положение зонда, соответствующее условию постоянства расстояния зонд-поверхность исследуемого объекта.

**3.11 мера рельефная нанометрового диапазона:** Мера рельефная, содержащая элементы рельефа, линейный размер которых хотя бы по одному из измерений менее  $10^{-6}$  м.

**3.12 геометрический профиль элемента рельефа:** Стороны плоской геометрической фигуры, которая наиболее адекватно аппроксимирует форму сечения элемента рельефа плоскостью, перпендикулярной рельефу поверхности.

**3.13 элемент рельефа в форме выступа (выступ):** Элемент рельефа, расположенной выше, чем прилегающие области.

**3.14 геометрическая форма элемента рельефа:** Геометрическая фигура, которая характеризует форму геометрического профиля элемента рельефа.

Примечание - Например, трапецидальный выступ - элемент рельефа поверхности, геометрический профиль которого наиболее адекватно описывается трапецией.

## 4 СРЕДСТВО ПОВЕРКИ МИКРОСКОПОВ

4.1 Поверку микроскопов осуществляют с помощью меры рельефной нанометрового диапазона с трапецидальным профилем элементов (далее –рельефная мера), линейные размеры и материал для изготовления которой соответствуют требованиям ГОСТ Р . Сечение выступа рельефной меры с трапецидальным профилем приведено на рисунке 1.

4.2 Для проверки микроскопов применяют поверенную по ГОСТ Р рельефную меру, а в качестве исследуемого элемента используют указанный в ее паспорте выступ с трапецидальным профилем с известными значениями проекции боковой грани на плоскость нижнего основания  $a$ , ширины нижнего основания выступа  $b_p$ , высоты выступа  $h$  . В зависимости от величины ожидаемого эффективного радиуса зонда микроскопа  $r$  используют рельефную меру, для которой

$$\frac{a}{2r} \geq 1,5$$



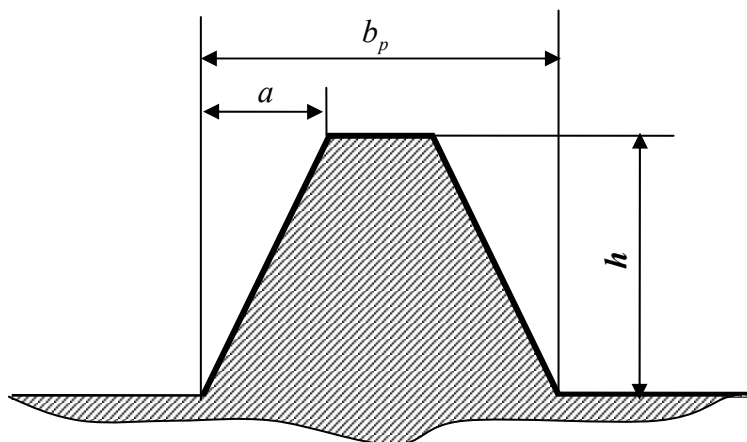


Рисунок 1 – Сечение исследуемого элемента рельефной меры с обозначением параметров

## 5 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ПОВЕРКЕ МИКРОСКОПОВ

5.1 Рельефную меру устанавливают на рабочий стол микроскопа, подлежащего поверке.

5.2 Зонд микроскопа подводят к основанию выступа рельефной меры, указанному в паспорте этой меры в качестве исследуемого элемента. При выполнении операции используют вспомогательный оптический микроскоп, входящий в комплект поверяемого микроскопа.

5.3 В соответствии с инструкцией по эксплуатации микроскопа выполняют сканирование исследуемого элемента и записывают видеоизображение.

На рисунке 2 приведен видеопрофиль, соответствующий элементу рельефа, показанному на рисунке 1.

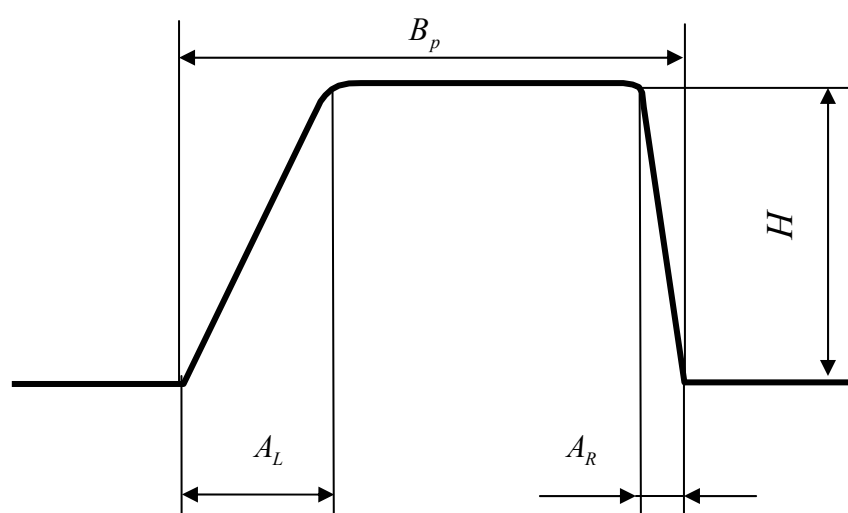


Рисунок 2 - Видеопрофиль, соответствующий сечению исследуемого элемента рельефной меры, приведенного на рисунке 1, с обозначением его параметров (направление сканирования слева направо)

Числовые значения параметров, указанных на рисунке 2 определяют экспериментально путем обработки полученного видеопрофиля.

5.4 При сканировании исследуемого элемента рельефной меры необходимо, чтобы наклон зонда микроскопа (если он имеется) располагался в плоскости, перпендикулярной направлению перемещения зонда. Величина этого наклона не должна превосходить  $20^\circ$ . В этом случае при соблюдении дополнительного условия об ортогональности вертикального перемещения зонда, регистрируемая кривая будет симметричной и  $A_L = A_R$ .

Примечание - Если значения  $A_L$  и  $A_R$  не равны, то это указывает на неортогональность вертикального перемещения зонда и необходимость определения значения отклонения Z-сканера поверяемого микроскопа по 6.4.

5.5 Результаты измерений параметров рельефной меры, приведенных на рисунке 2, оформляют в соответствии с [1].

## 6 ПОРЯДОК ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

### 6.1 Вычисление масштабного коэффициента видеоизображения микроскопа

Масштабный коэффициент видеоизображения микроскопа  $m_x$ , нм/пиксель, вдоль направления сканирования вычисляют по формуле

$$m_x = \frac{a}{A_R}$$

где  $a$  - значение проекции наклонной стенки рельефной меры, приведенное в паспорте, нм;

$A_R$  — измеренное по видеопрофилю значение проекции наклонной стенки рельефной меры, пиксель.

Примечание – При вычислении масштабного коэффициента видеоизображения используют значение проекции наклонной стенки  $A_R$ , соответствующее движению сканера от вершины выступа к дну канавки. Это значение при выполнении условия по 5.4 не зависит от величины наклона зонда микроскопа.

### 6.2 Вычисление эффективного радиуса острия зонда микроскопа

Эффективный радиус острия зонда микроскопа  $r$ , нм, вычисляют по формуле

$$r = 0,966(m_x B_p - b_p)$$

где  $m_x$  – масштабный коэффициент видеоизображения микроскопа, вычисленный по 6.1, нм/пиксель;

$B_p$  – измеренное по видеопрофилю значение ширины верхнего основания, пиксель;

$b_p$  – значение ширины верхнего основания рельефной меры, приведенное в паспорте, нм.

### 6.3 Вычисление цены деления вертикальной шкалы микроскопа

Цену деления вертикальной шкалы микроскопа  $m_z$ , нм/пиксель, вычисляют по формуле

$$m_z = \frac{h}{H}$$

где  $h$  – значение высоты выступа рельефной меры, приведенное в паспорте, нм;

$H$  – измеренное по видеопрофилю значение высоты выступа рельефной меры, пиксель.

### 6.4 Вычисление относительной величины составляющей отклонения Z-сканера микроскопа от ортогональности

Если измеренные значения  $A_L$  и  $A_R$  не равны в пределах заданной точности измерений, то относительную величину составляющей Z-сканера микроскопа от ортогональности по отношению к направлению сканирования  $Z_x$ , безразмерная величина, вычисляют по формуле

$$Z_x = \frac{m_x(A_L - A_R)}{2Hm_z}$$

где  $m_x$  – масштабный коэффициент видеоизображения микроскопа, вычисленный по 6.1, нм/пиксель;

$A_L$  — измеренное по видеопрофилю значение проекции наклонной

стенки рельефной меры, пиксель;

$A_R$  — измеренное по видеопрофилю значение проекции наклонной стенки рельефной меры, пиксель;

$H$  — измеренное по видеопрофилю значение высоты выступа рельефной меры, пиксель.

$m_z$  — цена деления вертикальной шкалы микроскопа, вычисленная в п. 6.4, нм/пиксель;

## 7. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.

7.1 Результаты поверки оформляют выдачей свидетельства установленной формы или записью в паспорте микроскопа и нанесением оттиска поверительного клейма, по формам, установленным в [1,2].

7.2 В свидетельстве о поверке и паспорте микроскопа должны быть указаны значения масштабного коэффициента видеоизображения микроскопа  $m_x$ , цены деления вертикальной шкалы микроскопа  $m_z$ , относительной величины составляющей отклонения Z-сканера микроскопа от ортогональности по отношению к направлению сканирования  $Z_x$ , а также значение эффективного радиуса острия зонда  $r$ .

Приложение А  
(обязательное)

**Калибровка микроскопов сканирующих атомно-силовых измерительных**

1. Микроскопы, не подлежащие государственному контролю и надзору, должны подвергаться периодической калибровке.
2. Калибровку микроскопов проводят аккредитованные на право проведения таких работ государственные научные метрологические центры и органы Государственной метрологической службы России, а также метрологические службы юридических лиц, аккредитованные в соответствии с [3].
3. Для калибровки микроскопов используют средства по пп. 4.1-4.2 настоящего стандарта.
4. Порядок проведения измерений при калибровке микроскопов должен соответствовать пп. 5.1-5.4 настоящего стандарта. Результаты измерений оформляют в соответствии с [4].
5. Порядок обработки результатов при калибровке микроскопов должен соответствовать пп. 6.1-6.4 настоящего стандарта.
6. Межкалибровочный интервал устанавливают по результатам исследования изменения со временем метрологических характеристик конкретного типа микроскопа, но не более 1 года.
7. Для калибровки конкретного экземпляра микроскопа в соответствии с [4] разрабатывают соответствующую нормативную документацию, учитывающую конкретную специфику средства измерения, но не противоречащую пп. 3 – 5 настоящего приложения.
8. Результаты калибровки оформляют в соответствии с [4], удостоверяют ка-

**ГОСТ Р**  
*(проект, первая  
редакция)*

либровочным знаком, наносимым на средство измерения или сертификатом о калибровке, а также записью в эксплуатационных документах.

## Библиография

- |   |  |
|---|--|
| [1] Правила по метрологии. ПР 50.2.006-94 | Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок проведения поверки средств измерений   |
| [2] Правила по метрологии. ПР 50.2.007    | Государственная система обеспечения единства измерений. Поверительные клейма   |
| [3] Правила по метрологии. ПР 50.2.018-95 | Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок аккредитации метрологических служб юридических лиц на право проведения калибровочных работ |
| [4] Правила по метрологии. ПР 50.2.016-94 | Государственная система обеспечения единства измерений. Требования к выполнению калибровочных работ  |





УДК 531.711.7.089

ОКС 17.040.01

Ключевые слова: длина, меры рельефные нанометрового диапазона с трапециевидным профилем элементов, микроскопы сканирующие зондовые атомно-силовые измерительные, диапазон измерений от  $10^{-9}$  до  $10^{-6}$  м, методика поверки

---

Руководитель организации-разработчика,  
генеральный директор ОАО «Научно-исследовательский центр по исследованию свойств поверхности и вакуума» (ОАО «НИЦПВ»),  
доктор физ.-мат.наук, профессор \_\_\_\_\_ П.А.Тодуа  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 200\_ г.

Главный метролог ОАО «НИЦПВ» \_\_\_\_\_ Ю.П.Фролов

Руководитель разработки  
гл.научный сотрудник ОАО «НИЦПВ»,  
доктор физ.-мат.наук, профессор \_\_\_\_\_ А.В.Раков

Исполнитель  
гл.научный сотрудник ОАО «НИЦПВ»,  
доктор физ.-мат.наук, профессор \_\_\_\_\_ М.Н.Филиппов