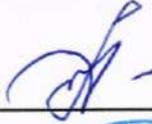


СОГЛАСОВАНО

**Первый заместитель генерального
директора – заместитель по научной
работе ФГУП «ВНИИФТРИ»**


_____ **А.Н. Щипунов**
_____ **2025 г.**



Государственная система обеспечения единства измерений

Нанотвердомеры TESTURION

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 360-024-2025

**р.п. Менделеево
2025 г.**

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на нанотвердомеры TESTURION (далее - нанотвердомеры), изготавливаемые ООО «НАУЧСПЕЦПРИБОР», г. Москва, г. Троицк, и устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок.

1.2 Первичной поверке подлежат нанотвердомеры до ввода их в эксплуатацию. Периодической поверке подлежат нанотвердомеры, находящиеся в эксплуатации, на хранении и после ремонта.

1.3 При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается прослеживаемость нанотвердомеров к Государственному первичному эталону твердости по шкалам Мартенса и шкалам индентирования ГЭТ 211 – 2014 в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений твердости по шкалам Мартенса и шкалам индентирования ГОСТ Р 8.907-2015 и Государственному первичному эталону твердости по шкалам Виккерса и шкалам Кнупа ГЭТ 31-2024 в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений твердости по шкалам Виккерса и шкалам Кнупа, утвержденной приказом Росстандарта от 14.08.2024 № 1898.

1.4 Передача нанотвердомеру чисел твердости по шкалам индентирования, Виккерса и Кнупа осуществляется методом прямых измерений.

1.5 При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается прослеживаемость модуля сканирующего зондового микроскопа, входящего в комплектность нанотвердомеров, к Государственному первичному специальному эталону единицы длины в области измерений параметров шероховатости R_{\max} , R_z и R_a ГЭТ 113-2014 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, утверждённой приказом Росстандарта от 06.11.2019 № 2657.

1.6 Передача микроскопу сканирующему зондовому единицы длины осуществляется методом прямых измерений.

1.7 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в таблицах 1 - 6.

Таблица 1 – Метрологические характеристики нагрузок по шкалам индентирования

| Диапазон испытательных нагрузок, мН | Пределы допускаемого относительного отклонения испытательных нагрузок, % |
|-------------------------------------|--|
| от 1 до 500 включ. | ± 1 |

Таблица 2 – Метрологические характеристики нанотвердомеров по шкалам индентирования

| Шкалы твердости | Диапазон измерений твердости H_{IT} | Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений твердости | Повторяемость показаний, H_{IT} , не более |
|-----------------|---------------------------------------|--|--|
| H_{IT} | от 0,1 до 70 | $\pm 0,1 \cdot H_{IT}$ | $0,05 \cdot H_{ITcp}$ |

Примечания:

1 Данные метрологические характеристики определены для максимальных глубин внедрения наконечника не менее 20 нм

2 H_{IT} – приписанное число твердости по шкалам индентирования

3 H_{ITcp} - среднее арифметическое значение 15 измерений числа твердости

4 Числа твердости индентирования вычисляются в ГПа

5 Метрологические характеристики действительны для 15 измерений

Таблица 3 - Метрологические характеристики испытательных нагрузок по шкалам Виккерса и Кнупа

| Испытательные нагрузки, Н | Пределы допускаемого относительного отклонения испытательных нагрузок, % |
|---|--|
| 0,09807; 0,2452; 0,4903; 0,9807 | ±1,5 |
| 1,961; 2,942; 4,903; 9,807; 19,61; 29,42; 49,03; 98,07; 196,1; 294,2; 490,4 | ±1,0 |
| Примечание: максимальная нагрузка для шкал Кнупа не превышает 19,61 Н | |

Таблица 4 - Метрологические характеристики нанотвердомеров по шкалам Виккерса

| Диапазон измерений чисел твёрдости HV | Шкалы | Пределы допускаемых абсолютных погрешностей HV, (±) | Размах чисел твёрдости HV, не более |
|---------------------------------------|-------------------------------|---|-------------------------------------|
| От 50 до 75 включ. | HV20; HV30; HV50 | 3,0 | 2,4 |
| | HV3; HV5; HV10 | 3,0 | 3,0 |
| | HV0,2; HV0,3; HV0,5; HV1; HV2 | 3,0 | 2,9 |
| | HV0,1 | 4,7 | 4,3 |
| | HV0,05 | 6,2 | 5,8 |
| | HV0,01; HV0,025 | 7,8 | 7,2 |
| Св. 75 до 125 включ. | HV20; HV30; HV50 | 3,0 | 3,0 |
| | HV3; HV5; HV10 | 3,0 | 3,0 |
| | HV1; HV2 | 3 | 3 |
| | HV0,2; HV0,3; HV0,5 | 4 | 4 |
| | HV0,1 | 6 | 6 |
| | HV0,05 | 8 | 8 |
| | HV0,01; HV0,025 | 10 | 10 |
| Св. 125 до 250 включ. | HV20; HV30; HV50 | 6,0 | 7,0 |
| | HV3; HV5; HV10 | 8,0 | 10,0 |
| | HV1; HV2 | 9 | 8 |
| | HV0,3; HV0,5 | 12 | 10 |
| | HV0,2 | 16 | 10 |
| | HV0,1 | 18 | 15 |
| | HV0,05 | 20 | 19 |
| | HV0,01; HV0,025 | 20 | 20 |
| Св. 250 до 350 включ. | HV30; HV50 | 7,0 | 7,0 |
| | HV20 | 10,0 | 10,0 |
| | HV3; HV5; HV10 | 11,0 | 11,0 |
| | HV1; HV2 | 13 | 13 |
| | HV0,2; HV0,3; HV0,5 | 17 | 15 |
| | HV0,1 | 25 | 22 |
| | HV0,05 | 32 | 29 |
| | HV0,01; HV0,025 | 33 | 30 |
| Св. 350 до 525 включ. | HV30; HV50 | 10,0 | 10,0 |
| | HV3; HV5; HV10; HV20 | 15,5 | 15,5 |
| | HV1; HV2 | 21 | 19 |
| | HV0,2; HV0,3; HV0,5 | 25 | 22 |
| | HV0,1 | 36 | 33 |
| | HV0,05 | 47 | 43 |

Продолжение Таблицы 4

| Диапазон измерений чисел твёрдости HV | Шкалы | Пределы допускаемых абсолютных погрешностей HV, (\pm) | Размах чисел твёрдости HV, не более |
|---------------------------------------|----------------------|---|-------------------------------------|
| Св. 525 до 650 включ. | HV30; HV50 | 13,0 | 13,0 |
| | HV3; HV5; HV10; HV20 | 19,0 | 19,0 |
| | HV1; HV2 | 24 | 22 |
| | HV0,2; HV0,3; HV0,5 | 30 | 26 |
| | HV0,1 | 45 | 39 |
| Св. 650 до 750 включ. | HV30; HV50 | 15,0 | 15,0 |
| | HV5; HV10; HV20 | 22,0 | 22,0 |
| | HV1; HV2; HV 3 | 30 | 25 |
| | HV0,2; HV0,3; HV0,5 | 35 | 30 |
| | HV0,1 | 50 | 45 |
| Св. 750 до 850 включ. | HV30; HV50 | 17,0 | 19,0 |
| | HV5; HV10; HV20 | 25,0 | 25,0 |
| | HV1; HV2; HV3 | 35 | 31 |
| | HV0,2; HV0,3; HV0,5 | 50 | 40 |
| | HV0,1 | 70 | 60 |
| Св. 850 до 1000 включ. | HV30; HV50 | 20,0 | 20,0 |
| | HV10; HV20 | 30,0 | 30,0 |
| | HV3; HV5 | 40,0 | 38,0 |
| | HV1; HV2 | 45 | 36 |
| | HV0,2; HV0,3; HV0,5 | 60 | 45 |
| Св. 1000 до 1250 включ. | HV30; HV50 | 24,0 | 24,0 |
| | HV20; HV10 | 35,0 | 35,0 |
| | HV3; HV5 | 45,0 | 52,0 |
| | HV1; HV2 | 60 | 58 |
| | HV0,5 | 70 | 66 |
| Св. 1250 до 1500 включ. | HV30; HV50 | 26,0 | 26,0 |
| | HV10; HV20 | 39,0 | 39,0 |
| | HV3; HV5 | 65,0 | 65,0 |
| | HV1; HV2 | 70 | 60 |
| | HV0,5 | 78 | 72 |

Примечание - метрологические характеристики действительны для 5 измерений

Таблица 5 – Метрологические характеристики нанотвердомеров по шкалам Кнупа

| Диапазон измерений чисел твёрдости НК | Шкалы | Пределы допускаемых абсолютных погрешностей НК (\pm) | Размах чисел твёрдости НК, не более |
|---------------------------------------|---------------------|--|-------------------------------------|
| От 17 до 150 включ. | НК0,5; НК1; НК2 | 10,4 | 10,4 |
| | НК0,1; НК0,2; НК0,3 | 11,6 | 11,6 |
| | НК0,025; НК 0,05 | 12,8 | 12,8 |
| | НК0,01 | 14,0 | 14,0 |

Продолжение Таблицы 5

| Диапазон измерений чисел твёрдости НК | Шкалы | Пределы допускаемых абсолютных погрешностей НК (\pm) | Размах чисел твёрдости НК, не более |
|---|---------------------|--|-------------------------------------|
| Св. 150 до 350 включ. | НК0,5; НК1; НК2 | 26,0 | 26,0 |
| | НК0,1; НК0,2; НК0,3 | 27,0 | 27,0 |
| | НК0,025; НК0,05 | 28,4 | 28,4 |
| | НК0,01 | 29,8 | 29,8 |
| Св. 350 до 650 включ. | НК0,5; НК1; НК2 | 39,0 | 39,0 |
| | НК0,1; НК0,2; НК0,3 | 42,0 | 42,0 |
| | НК0,025; НК0,05 | 45,4 | 45,4 |
| Св. 650 до 800 включ. | НК0,5; НК1; НК2 | 44,2 | 44,2 |
| | НК0,1; НК0,2; НК0,3 | 46,8 | 46,8 |
| Св. 800 до 1000 включ. | НК0,5; НК1; НК2 | 65,0 | 65,0 |
| | НК0,1; НК0,2; НК0,3 | 80,6 | 80,6 |
| Св. 1000 до 1500 включ. | НК0,5; НК1; НК2 | 83,2 | 83,2 |
| | НК0,1; НК0,2; НК0,3 | 130,0 | 130,0 |
| Примечание - метрологические характеристики действительны для 5 измерений | | | |

Таблица 6 – Метрологические характеристики микроскопа сканирующего зондового

| Измеряемый параметр | Диапазон измерений, мкм | Пределы абсолютной погрешности измерений, мкм |
|---|-------------------------|---|
| Геометрическая длина | От 0,020 до 90 | $\pm (0,08 L + 0,004)$ |
| Примечание – L – измеряемая длина в мкм | | |

2 Перечень операций поверки

2.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 7.

Таблица 7 – Перечень операций поверки

| Наименование операций поверки | Обязательность выполнения операций поверки при | | Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки |
|---|--|-----------------------|--|
| | первичной поверке | периодической поверке | |
| 1 Внешний осмотр нанотвердомера | да | да | 7 |
| 2 Подготовка к поверке и опробование нанотвердомера | да | да | 8 |
| 3 Проверка программного обеспечения нанотвердомера | да | да | 9 |

Продолжение Таблицы 7

| Наименование операций поверки | Обязательность выполнения операций поверки при | | Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки |
|---|--|-----------------------|--|
| | первичной поверке | периодической поверке | |
| 4 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия нанотвердомера метрологическим требованиям | да | да | 10 |
| 4.1 Определение метрологических характеристик испытательных нагрузок по шкалам индентирования | да | да | 10.1 |
| 4.2 Определение метрологических характеристик испытательных нагрузок по шкалам Виккерса и шкалам Кнупа | да | да | 10.2 |
| 4.3 Определение метрологических характеристик нанотвердомера по шкалам индентирования | да | да | 10.3 |
| 4.4 Определение метрологических характеристик нанотвердомера по шкалам Виккерса | да | да | 10.4 |
| 4.5 Определение метрологических характеристик нанотвердомера по шкалам Кнупа | да | да | 10.5 |
| 4.6 Определение метрологических характеристик микроскопа сканирующего зондового | да | да | 10.6 |
| 5 Оформление результатов поверки | да | да | 11 |

2.2 В случае получения отрицательного результата при проведении одной из операций поверку прекращают, а нанотвердомер признают не прошедшим поверку.

2.3 Допускается проведение поверки отдельных модулей, по отдельным шкалам и поддиапазнам измерений твердости, которые используются при эксплуатации, по соответствующим пунктам настоящей методики поверки. Соответствующая запись должна быть сделана в эксплуатационных документах и свидетельстве о поверке на основании решения эксплуатирующей организации.

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха плюс 18 °С до плюс 28 °С;
- относительная влажность окружающего воздуха не более 50 %.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К работе допускаются лица, имеющие среднее или высшее техническое образование и аттестованные в качестве поверителя в данной области измерений, обученные правилам техники безопасности и изучившие руководство по эксплуатации (далее - РЭ) нанотвердомеров.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки должны быть применены средства, указанные в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень средств поверки

| Операция поверки, требующие применение средств поверки | Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки | Перечень рекомендуемых средств поверки |
|---|--|---|
| п. 8.4 Определение отклонения показаний оптического измерительного устройства нанотвердомера | Объект-микрометр, диапазон (0 - 1) мм, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,1$ мкм Мера длины штриховая, диапазон от 0 до 30 мм, пределы допускаемой абсолютной погрешности: $\pm 0,2$ мкм. | Объект-микрометр ОМ-О (рег. № 28962-16) Мера длины штриховая высокоточная МШВ-О (рег. № 60060-15) |
| п. 10.1 Определение метрологических характеристик испытательных нагрузок по шкалам индентирования | Весы лабораторные, диапазон (6 - 1000) г, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,03$ г | Весы лабораторные ВЛТЭ 1100 (рег. № 21370-02) |
| п. 10.2 Определение метрологических характеристик испытательных нагрузок по шкалам Виккерса и шкалам Кнупа | Весы лабораторные, диапазон (10 - 1000) г, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,03$ г | Весы лабораторные ВЛТЭ 1100 (рег. № 21370-02) |
| | Динамометры сжатия в диапазоне от 1 Н до 500 Н, пределы допускаемой относительной погрешности не более 0,24 % | Динамометры электронные переносные АЦДМ (рег. № 87777-22). Динамометры электронные переносные АЦД, (рег. № 49465-12) |
| п. 10.3 Определение метрологических характеристик нанотвердомера по шкалам индентирования | Рабочие эталоны твердости по шкалам Мартенса и шкалам индентирования из поликарбоната, плавленого кварца, сапфира по ГОСТ Р 8.907-2015, СКО ряда измерений по шкалам индентирования не более $0,05 \cdot H_{IT}$. | Эталонные меры твердости из поликарбоната, плавленого кварца, сапфира из состава эталона ГЭТ 211-2014 |

| Операция поверки, требующие применение средств поверки | Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки | Перечень рекомендуемых средств поверки |
|--|--|---|
| <p>п. 10.4 Определение метрологических характеристик нанотвердомера по шкалам Виккерса</p> | <p>Рабочие эталоны твердости не ниже 2-го разряда и микротвердости по шкалам Виккерса по ГПС для средств измерений твердости по шкалам Виккерса и шкалам Кнупа, приказ Росстандарта от 14.08.2024 № 1898, со значениями твердости: (225±75) HV; (450±75) HV; (800±50) HV</p> | <p>Меры твёрдости (микротвердости) эталонные Виккерса МТВ-МЕТ и ММТВ-МЕТ (рег. № 65701-16)</p> |
| <p>п. 10.5 Определение метрологических характеристик нанотвердомера по шкалам Кнупа</p> | <p>Рабочие эталоны твердости по шкалам Кнупа по ГПС для средств измерений твердости по шкалам Виккерса и шкалам Кнупа, приказ Росстандарта от 14.08.2024 № 1898, со значениями твердости: (250±50) НК; (550±75) НК; (800±50) НК</p> | <p>Меры твёрдости по шкалам Кнупа из состава ГЭТ 31-2024 со значениями твердости НК: от 150 до 350 включ., размах не более 14,9; св. 350 до 650 включ., размах не более 22,7; св. 650 до 800 включ., размах не более 23,4; св. 800 до 1000 включ., размах не более 40,3</p> |
| <p>п.10.6 Определение метрологических характеристик микроскопа сканирующего зондового</p> | <p>Меры периода и высоты линейные не ниже 2 разряда, приказ Росстандарта от 06.11.2019 № 2657. Номинальное значение высоты выступов в рельефе шаговых структур 110 нм; пределы допускаемых значений абсолютной погрешности ± 10 нм. Номинальное значение шага шаговой структуры меры 3,00 мкм, допустимое отклонение от номинального значения шага периодической структуры ± 0,01 мкм. Номинальное значение высоты выступов в рельефе шаговых структур 520 нм; пределы допускаемых значений абсолютной погрешности ± 20 нм. Номинальное значение шага шаговой структуры меры 3,00 мкм, допустимое отклонение от номинального значения шага периодической структуры ± 0,01 мкм.</p> | <p>Мера периода и высоты линейная TGZ1 (рег. № 41678-09), Мера периода и высоты линейная TGZ2 (рег. № 41678-09), Мера периода и высоты линейная TGZ3 (рег. № 41678-09)</p> |

5.2 Допускается использовать аналогичные средства поверки, удовлетворяющие метрологическим требованиям, приведенным в таблице 8.

5.3 Все применяемые средства поверки должны быть поверены или аттестованы в установленном порядке и иметь соответствующие записи в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

6 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены требования согласно приказу Минтруда России от 15.12.2020 № 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок».

7 Внешний осмотр нанотвердомера

7.1. При проведении внешнего осмотра нанотвердомера проверить:

- соответствие внешнего вида и комплектности требованиям нормативно-технической документации (РЭ и описанию типа);
- наличие маркировки, подтверждающей тип и серийный номер;
- отсутствие видимых дефектов и повреждений, препятствующих работе нанотвердомера;
- целостность рабочей части наконечников (отсутствие рисок, сколов и других дефектов).
- отсутствие механических повреждений соединительных кабелей и сетевых разъемов;

7.2 Результат внешнего осмотра считать положительным, если выполняются все вышеперечисленные требования.

8 Подготовка к поверке и опробование нанотвердомера

8.1 Перед проведением поверки необходимо привести в рабочее состояние средства поверки в соответствии с указаниями, изложенными в их эксплуатационной документации.

8.2 Проверить состояние рабочей части наконечников. Поверхность рабочей части наконечников должна быть чистой и обезжиренной.

8.3. Провести опробование нанотвердомера в соответствии с главой 7 РЭ.

Результат опробования считать положительным, если на дисплее отобразилась полная информация об измерении.

8.4 Определение отклонения показаний оптического измерительного устройства нанотвердомера.

8.4.1 Отклонение показаний измерительного устройства определить при помощи объект-микрометра или меры длины штриховой для интервалов длин, больших 1 мм. Измерения проводить, как минимум, на трех разных интервалах для каждого рабочего диапазона.

8.4.2 Установить объект-микрометр на рабочий столик нанотвердомера так, чтобы деления шкалы измерительного устройства оказались между горизонтальными маркерами.

8.4.3 Определить отклонение показаний оптического измерительного устройства нанотвердомера \check{A}_1 для длин диагонали менее и равной 0,08 мм по формуле (1):

$$\check{A}_1 = 1 - l_0, \quad (1)$$

где l – интервал между делениями шкалы оптического измерительного устройства по показаниям нанотвердомера,

l_0 – приписанное значение интервала шкалы объект-микрометра, присвоенное ему поверяющей организацией по результатам последней поверки.

8.4.4 Определить отклонение показаний оптического измерительного устройства нанотвердомера $\check{A}_1, \%$, для длин диагонали более 0,08 мм по формуле (2):

$$\check{A}_1 = ((1 - l_0) / l_0) \cdot 100, \quad (2)$$

8.4.5 Повторить операции п.п. 8.4.3 – 8.4.4 настоящей методики поверки, установив объект-микрометр или меру длины штриховую на рабочий столик нанотвердомера так, чтобы деления шкалы измерительного устройства оказались между вертикальными маркерами.

8.4.6 Результат поверки по данному пункту считать положительным, если отклонение показаний измерительного устройства не превышают значений, указанных в таблице 9, в соответствии с требованиями пункта 5.3 документа ГОСТ Р ИСО 6507-1-2007 «Металлы и сплавы. Измерение твёрдости по Виккерсу. Часть 1. Метод измерения».

Таблица 9

| Длина диагонали, d, мм | Предельные отклонения показаний оптической системы |
|---------------------------|---|
| $d \leq 0,080$ | $\pm 0,0008$ мм |
| $d > 0,080$ | $\pm 1,0$ % от d |

8.5 Все меры, используемые при поверке микроскопа сканирующего зондового, необходимо выдерживать в течение не менее 4 часов в помещении, где будет происходить поверка микроскопа. Осмотреть их на предмет наличия внешних повреждений и загрязнений. При необходимости очистить поверхность от пыли в потоке чистого и сухого воздуха.

9 Проверка программного обеспечения нанотвердомера

9.1 Проверку программного обеспечения (далее - ПО) нанотвердомера (идентификацию) проводить для нанотвердомеров, оснащенных персональным компьютером, следующим образом:

- o включить твердомер и ПК, запустить ПО;
- o ПО и номер версии будут доступны в меню ПК по следующему пути:
> "О программе",

9.2 Результат проверки по данному пункту считать положительным, если идентификационные данные ПО соответствуют данным, приведенным в таблице 10.

Таблица 10 – Идентификационные данные ПО

| Идентификационные данные (признаки) | Значение | | |
|---|-------------------|-----------------|------------------|
| | Testurion Control | Testurion Video | Testurion Viewer |
| Идентификационное наименование ПО | | | |
| Номер версии (идентификационный номер) ПО | не ниже v.202 | не ниже v.202 | не ниже v.202 |
| Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода) | - | - | - |

10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия нанотвердомера метрологическим требованиям

10.1 Определение метрологических характеристик испытательных нагрузок по шкалам индентирования

10.1.1 Измерить следующие испытательные нагрузки: 60 мН; 80 мН; 100 мН; 200 мН; 300 мН; 500 мН. Измерения величины каждой нагрузки необходимо проводить три раза при помощи весов.

10.1.2 Относительное отклонение испытательной нагрузки δ определить по формуле (3):

$$\delta = 100 \% \cdot (F_{\text{изм}} - F_0) / F_0, \quad (3)$$

где $F_{\text{изм}}$ – значение измеренной испытательной нагрузки;

F_0 – номинальное значение нагрузки.

10.1.3 Результат поверки по данному пункту считать положительным, если значение относительного отклонения каждой измеренной нагрузки находится в допусковых пределах, указанных в таблице 1.

10.2 Определение метрологических характеристик испытательных нагрузок по шкалам Виккерса и шкалам Кнупа

Определение метрологических характеристик испытательных нагрузок заключается в определении относительного отклонения испытательных нагрузок.

10.2.1 Все используемые в нанотвердомере испытательные нагрузки, указанные в таблице 1, должны быть измерены с помощью весов и динамометров сжатия. Должны быть выполнены по три измерения для каждой испытательной нагрузки.

10.2.2 Определить относительное отклонение δ , %, прикладываемой испытательной нагрузки по формуле (3).

где $F_{\text{изм}}$ – значение испытательной нагрузки, измеренной весами или динамометром;
 F_0 – номинальное значение испытательной нагрузки.

10.2.3 Результат поверки по данному пункту считать положительным, если значение относительного отклонения каждой измеренной нагрузки находится в допустимых пределах, указанных в таблице 3.

10.3 Определение метрологических характеристик нанотвердомера по шкалам индентирования

10.3.1 Поверку нанотвердомеров выполнить при следующих нагрузках:

- для мер твёрдости из поликарбоната – 1 мН;
- для мер твердости из плавленого кварца – 1 мН; 10 мН; 100 мН; 500 мН;
- для мер твердости из сапфира – 10 мН; 50 мН; 100 мН.

10.3.2 Определение абсолютной погрешности измерений твёрдости нанотвердомером по шкалам индентирования проводить при той же нагрузке, для которой присвоено значение эталонной меры. На каждой из мер провести по 15 измерений. Определить среднее арифметическое значение $H_{\text{Гср}}$.

Вычислить погрешность Δ нанотвердомера по формуле (4):

$$\Delta = H_{\text{Гср}} - H_{\text{Гн}}, \quad (4)$$

где $H_{\text{Гср}}$ – среднее арифметическое значение твердости меры, измеренное нанотвердомером;

$H_{\text{Гн}}$ – номинальное значение твердости меры

10.3.3 Повторяемость показаний определить как среднеквадратическое отклонение ряда из 15 измерений твёрдости по шкалам индентирования.

Повторяемость показаний определить для каждой нагрузки.

10.3.4 Результаты поверки нанотвердомера считать положительными, если значения абсолютной погрешности и повторяемости показаний находятся в допустимых пределах, указанных в таблице 2.

10.4 Определение метрологических характеристик нанотвердомера по шкалам Виккерса

Определение метрологических характеристик нанотвердомера по шкалам Виккерса состоит из определения абсолютной погрешности и размаха показаний.

10.4.1 Поверку нанотвердомеров выполнить при следующих нагрузках: 0,09807 Н (шкала HV 0,01); 0,4903 Н (шкала HV0,05); 1,961 Н (шкала Н 0,2); 9,807 Н (шкала HV1); 49,03 Н (шкала HV5), 98,07 Н (шкала HV10), 490,4 Н (шкала HV50).

10.4.2 Меры твердости выбирать в соответствии с таблицей 11.

П р и м е ч а н и е - В случае, если в процессе эксплуатации не все вышеуказанные нагрузки реализуются в нанотвердомере, допускается поверка по мерам твёрдости при других прикладываемых нагрузках. Меры твёрдости и шкалы выбираются таким образом, чтобы длины диагоналей полученных отпечатков укладывались во все диапазоны длин, приведенные в таблице 11, при этом должны быть задействованы максимальная и минимальная нагрузки.

Таблица 11

| Обозначение шкалы твердости | Значение твердости меры, HV | Диапазон длин диагоналей отпечатка, мм | Количество мер, используемых для поверки, шт. |
|---|---------------------------------------|--|---|
| HV 0,01 | (225±75) HV | не более 0,04 | 1 |
| HV 0,025 | (225±75) HV | не более 0,04 | 1 |
| HV 0,05 | (225±75) HV; (450±75) HV | не более 0,04 | 1 |
| HV 0,1 | (225±75) HV; (800±50) HV | не более 0,04 | 1 |
| HV 0,2 | (450±75) HV; (800±50) HV | не более 0,04 | 2 |
| HV 0,3 | (800±50) HV | не более 0,04 | 1 |
| | (225±75) HV | от 0,04 до 0,2 | 1 |
| HV 0,5 | (800±50) HV | не более 0,04 | 1 |
| | (225±75) HV | от 0,04 до 0,2 | 1 |
| HV 1 | (225±75) HV; (450±75) HV; (800±50) HV | от 0,04 до 0,2 | 1 |
| HV 2 | (225±75) HV; (450±75) HV; (800±50) HV | от 0,04 до 0,2 | 1 |
| HV 3 | (225±75) HV; (450±75) HV; (800±50) HV | от 0,04 до 0,2 | 1 |
| HV 5 | (450±75) HV, (800±50) HV | от 0,04 до 0,2 | 1 |
| HV 10 | (800±50) HV | от 0,04 до 0,2 | 1 |
| | (225±75) HV | не менее 0,2 | 1 |
| HV 20 | (225±75) HV; (450±75) HV; (800±50) HV | не менее 0,2 | 1 |
| HV 30 | (225±75) HV; (450±75) HV; (800±50) HV | не менее 0,2 | 1 |
| HV 50 | (225±75) HV; (450±75) HV; (800±50) HV | не менее 0,2 | 1 |
| Примечание: если в нанотвердомере реализуются не более 5 шкал, то поверяется каждая шкала | | | |

10.4.3 Измерения твердости проводить при той же нагрузке, для которой присвоено значение эталонной меры.

На эталонную меру твердости (п. 5.1) нанести пять отпечатков, располагая их равномерно по всей поверхности меры. Определить медиану 5-ти измерений H_m .

10.4.4 Вычислить абсолютную погрешность нанотвердомера Δ по формуле (5).

$$\Delta = H_m - H_n, \quad (5)$$

где H_m – значение медианы меры твердости, определенное по результатам пяти измерений нанотвердомера;

H_n – приписанное значение меры твердости, присвоенное ей поверяющей организацией по результатам последней поверки.

10.4.5 Вычислить размах показаний твердомера R по формуле (6):

$$R = R_{\max} - R_{\min}, \quad (6)$$

где R_{\max} – максимальное значение твердости, полученное по результатам пяти измерений нанотвердомера;

R_{\min} – минимальное значение твердости, полученное по результатам пяти измерений нанотвердомера.

10.4.6 Результаты поверки нанотвердомера считать положительными, если значения абсолютной погрешности и размаха показаний нанотвердомера находятся в допусках, указанных в таблице 4.

10.5 Определение метрологических характеристик нанотвердомера по шкалам Кнупа

Определение метрологических характеристик нанотвердомера по шкалам Кнупа состоит из определения абсолютной погрешности и размаха показаний.

10.5.1 Поверку нанотвердомеров выполнить при следующих нагрузках: 0,09807 Н (шкала НК 0,01); 0,2452 Н (шкала НК 0,025); 0,9807 Н (шкала НК 0,1); 2,942 Н (шкала НК 0,3); 19,61 Н (шкала НК 2).

10.5.2 Меры твердости выбирать в соответствии с таблицей 12.

П р и м е ч а н и е - В случае, если в процессе эксплуатации не все вышеуказанные нагрузки реализуются в нанотвердомере, допускается поверка по мерам твердости при других прикладываемых нагрузках. Меры твердости и шкалы выбираются таким образом, чтобы длины диагоналей полученных отпечатков укладывались во все диапазоны длин, приведенные в таблице 12, при этом должны быть задействованы максимальная и минимальная нагрузки.

Таблица 12

| Обозначение шкалы твердости | Значение твердости меры, НК | Диапазон длин диагоналей отпечатка, мм | Количество мер, используемых для поверки, шт. |
|---|---------------------------------------|--|---|
| НК 0,01 | (250±50) НК | не более 0,04 | 1 |
| НК 0,025 | (250±50) HV; (550±75) НК | не более 0,04 | 2 |
| НК 0,05 | (250±50) HV; (550±75) НК | не более 0,04 | 2 |
| НК 0,1 | (250±50) HV; (800±50) НК | не более 0,04 | 2 |
| НК 0,2 | (550±75) HV; (800±50) НК | не более 0,04 | 2 |
| НК 0,3 | (800±50) НК | не более 0,04 | 1 |
| | (250±50) НК | от 0,04 до 0,2 | 1 |
| НК 0,5 | (800±50) НК | не более 0,04 | 1 |
| | (250±50) НК | от 0,04 до 0,2 | 1 |
| НК 1 | (250±50) НК; (550±75) НК; (800±50) НК | от 0,04 до 0,2 | 1 |
| НК 2 | (250±50) НК; (550±75) НК; (800±50) НК | от 0,04 до 0,2 | 1 |
| П р и м е ч а н и е: если в нанотвердомере реализуются не более 5 шкал, то поверяется каждая шкала | | | |

10.5.3 Измерения твердости проводить при той же нагрузке, для которой присвоено значение эталонной меры.

На эталонную меру твердости (п. 5.1) нанести пять отпечатков, располагая их равномерно по всей поверхности меры. Определить медиану 5-ти измерений H_m .

10.5.4 Вычислить абсолютную погрешность нанотвердомера Δ по формуле (4).

10.5.5 Вычислить размах показаний нанотвердомера R по формуле (5).

10.5.6 Результаты поверки нанотвердомера считать положительными, если значения абсолютной погрешности и размаха показаний нанотвердомера находятся в допускаемых пределах, указанных в таблице 5.

10.6 Определение метрологических характеристик микроскопа сканирующего зондового

10.6.1 Определение пределов допускаемой относительной погрешности измерений линейных размеров.

10.6.2 Установить в камеру образцов микроскопа меру периода и высоты линейную TGZ1 и получить ее изображение, следуя указаниям в руководстве по эксплуатации.

10.6.3 Руководствуясь геометрией рельефной меры, найти участок меры с шаговой структуры. В соответствии с руководством по эксплуатации поворотом изображения добиться приблизительной параллельности периодов мер с вертикальными границами изображения.

10.6.4 Получить снимок меры периода и высоты линейной TGZ1 и, используя встроенный режим измерений, провести 5 измерений одного периода меры и высоты меры.

10.6.5 Среднее значение результата измерений линейного размера элемента меры (\bar{P}) рассчитать по формуле 7:

$$\bar{P} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n P_i \quad , \quad (7)$$

где n – количество измерений периода меры ($n = 5$);

P_i – значение длины i -го измерения периода меры линейного размера элемента меры мкм.

10.6.6 Абсолютную погрешность измерений линейного размера элемента меры рассчитать по формуле (8):

$$\Delta = \bar{P} - P_{CO} \quad , \quad (8)$$

где P_{CO} – опорное значение линейного размера, воспроизводимого мерой, мкм;

\bar{P} – среднее значение измерений линейного размера элемента меры, мкм.

10.6.7 Пределы допускаемой относительной погрешности измерений линейного размера элемента меры (δ) рассчитать по формуле (9):

$$\delta = \frac{\Delta}{P_{CO}} \cdot 100 \% \quad , \quad (9)$$

где Δ – пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений линейного размера элемента меры, мкм;

P_{CO} – действительное значение линейного размера, воспроизводимого мерой, мкм.

10.6.8 Установить в камеру образцов микроскопа меру периода и высоты линейную TGZ2 и получить ее изображение, следуя указаниям в руководстве по эксплуатации.

10.6.9 Найти участок меры с шаговой структурой. В соответствии с руководством по эксплуатации добиться приблизительной параллельности периодов мер с вертикальными границами изображения, поворачивая изображение.

10.6.10 Получить 5 снимков меры периода и высоты линейную TGZ2, на каждом снимке провести измерение десяти периодов меры, что соответствует 30 мкм, и высоты меры.

10.6.11 Провести обработку результатов измерений согласно пунктам 10.6.5–10.6.7.

10.6.12 Получить 5 изображений меры периода и высоты линейной TGZ3, на каждом из которых измерить двадцати периодов меры, что соответствует 60 мкм, и высоту меры.

10.6.13 Провести обработку результатов измерений согласно пунктам 10.6.1.5 – 10.6.1.7.

10.6.14 За значение относительной погрешности измерения линейных размеров элемента меры принять максимальное из полученных значение.

10.6.15 Результаты поверки нанотвердомера считать положительными, если относительная погрешность измерений линейных размеров находится в пределах, указанных в Таблице 6.

11 Оформление результатов поверки

11.1 Результаты поверки занести в протокол произвольной формы.

11.2 Результаты поверки нанотвердомера подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. При отрицательных результатах поверки выдается извещение о непригодности, оформленное в соответствии с действующими нормативными документами.

11.3 По заявлению владельца нанотвердомера или лица, представившего его на поверку, на средство измерений выдается свидетельство о поверке средства измерений или извещение о непригодности к применению средства измерений.

11.4 Нанесение знака поверки на нанотвердомер не предусмотрено.

11.5 В случае, если поверка была проведена по отдельным модулям, отдельным шкалам и поддиапазнам измерений твердости, в свидетельстве о поверке делается соответствующая запись.

Начальник НИО-3 ФГУП «ВНИИФТРИ»



Н.А. Назаров

Начальник лаборатории 360 НИО-3
ФГУП «ВНИИФТРИ»



А.Э. Асланян

В части геометрических измерений:
Начальник лаборатории 670 НИО-6
ФГУП «ВНИИФТРИ»



А.А. Стахеев