

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии
УРАЛЬСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ –
ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИТАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ
им.Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА»
(УНИИМ – ФИЛИАЛ ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»)



**«ГСИ. Толщиномеры обратного рассеяния радиоизотопные РТО-1К.
Методика поверки»**

МП 95-221-2023

Екатеринбург
2024

Предисловие

- 1 Разработана: Уральский научно-исследовательский институт метрологии - филиал Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им.Д.И.Менделеева» (УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»)
- 2 Исполнители: М.В. Шипицына, ведущий инженер УНИИМ - филиала ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»
- 3 Согласована: УНИИМ - филиал ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева» в 2024 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1 Общие положения	4
2 Нормативные ссылки	4
3 Перечень операций поверки	5
4 Требования к условиям проведения поверки	5
5 Требования к специалистам, осуществляющим поверку	5
6 Метрологические и технические требования к средствам поверки	5
7 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки	6
8 Внешний осмотр средства измерений	6
9 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	7
10 Проверка программного обеспечения средства измерений	7
11 Проверка мощности эквивалентной дозы	7
12 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	7
13 Оформление результатов поверки	10
Приложение А (обязательное) Структура Локальной поверочной схемы для средств измерений поверхностной плотности листовых и плёночных материалов	12

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на толщиномеры обратного рассеяния радиоизотопные РТО-1К (далее - толщиномеры) и устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок. Поверка толщинометров должна производиться в соответствии с требованиями настоящей методики.

1.2 При проведении поверки должна обеспечиваться прослеживаемость толщинометров к государственным первичным эталонам: ГЭТ 2 «Государственный первичный эталон единицы длины - метра», ГЭТ 3 «Государственный первичный эталон единицы массы - килограмма» - в соответствии с Локальной поверочной схемой для средств измерений поверхностной плотности листовых и плёночных материалов, структура которой приведена в Приложении А настоящей методики поверки.

1.3 В настоящей методике поверки реализована поверка методом косвенных измерений.

1.4 Настоящая методика поверки применяется для поверки толщинометров, используемых в качестве средств измерений в соответствии с Локальной поверочной схемой для средств измерений поверхностной плотности листовых и плёночных материалов. В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений поверхностной плотности, г/м ²	от 90 до 500
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений поверхностной плотности, %	±10

2 Нормативные ссылки

2.1 В настоящей методике поверки использованы ссылки на следующие документы:

Приказ Минтруда России от 15.12.2020 № 903н Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок.

Приказ Минпромторга России от 31.07.2020 № 2510 Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке.

ГОСТ 12.2.007.0-75 ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.

ГОСТ Р 53228-2008 Весы неавтоматического действия. Часть 1. Метрологические и технические требования. Испытания.

МИ 2083-90 Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей.

СП 2.6.1.2612-10 Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010).

СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009).

СанПиН 2.6.1.3287-15 Санитарно-эпидемиологические требования к обращению с радиоизотопными приборами и их устройству.

3 Перечень операций поверки

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

Таблица 2 - Операции поверки

Наименование операции	Обязательность проведения операций при поверке при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которыми выполняется операция поверки
	первой проверке	периодической проверке	
Внешний осмотр	Да	Да	8
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	9
Проверка программного обеспечения	Да	Да	10
Проверка мощности эквивалентной дозы	Да	Да	11
Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	12

3.2 В случае невыполнения требований хотя бы к одной из операций, поверка прекращается, толщиномер признают непригодным к эксплуатации.

4 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающей среды, °С от 15 до 25;
 - относительная влажность окружающей среды, %, не более 80.

5 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению работ по поверке толщиномеров допускаются лица, изучившие руководство по эксплуатации на поверяемый толщиномер, эксплуатационную документацию на средства поверки, настоящую методику поверки и работающие в качестве поверителей в организации, аккредитованной на право поверки средств измерений геометрических величин.

6 Метрологические и технические требования к средствам поверки

6.1 При проведении поверки применяют средства поверки, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – Требования к средствам поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
9	Средство измерений температуры окружающей среды: диапазон измерений температуры от 15 °C до 25 °C, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,7$ °C.	Термогигрометр электронный «CENTER», модель 313, рег. № 22129-09
	Средство измерений относительной влажности окружающей среды: диапазон измерений влажности от 10 до 80 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 2,5$ %.	

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
11	Средство измерений мощности эквивалентной дозы: диапазон измерений мощности дозы гамма-излучения от 0,1 до 100 мкЗв/ч, основная относительная погрешность $\pm 20\%$.	Дозиметр-радиометр МКС-АТ6130, рег. № 25206-03
12	Средство измерений длины: диапазон измерений от 0 до 200 мм, абсолютная погрешность $\pm 0,03$ мм.	Штангенциркуль ШЦЦ-I-300-0,01, рег. № 72189-18
	Весы неавтоматического действия II класса точности по ГОСТ Р 53228-2008, диапазон измерений массы от 0,1 до 30,0 г.	Весы лабораторные электронные MS (торговая марка Cubis), рег. № 42502-09
	Образцы-имитаторы поверхностной плотности листовых материалов: диапазон измерений поверхностной плотности от 90 до 500 г/м ² , относительная погрешность $\pm 1,5\%$.	Образцы-имитаторы поверхностной плотности листовых материалов, входящие в комплектность толщиномера

6.2 Эталоны, применяемые для поверки, должны быть поверены, если представлены средствами измерений утвержденного типа или аттестованы, если представлены средствами измерений неутвержденного типа; средства измерений должны быть поверены, данные о их поверке должны быть внесены в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений (далее - ФИФ ОЕИ).

6.3 Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений в соответствии с Локальной поверочной схемой для средств измерений поверхностной плотности в области измерений поверхностной плотности листовых и плёночных материалов, структура которой приведена в Приложении А настоящей методики поверки.

7 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки необходимо соблюдать требования ГОСТ 12.2.007.0, Приказ Минтруда России № 903н, СП 2.6.1.2612-10, СанПиН 2.6.1.2523-09, СанПиН 2.6.1.3287-15 и требования безопасности, установленные в руководстве по эксплуатации на толщиномер и эксплуатационной документации на средства поверки.

8 Внешний осмотр средства измерений

8.1 При внешнем осмотре установить соответствие толщиномера следующим требованиям:

- соответствие внешнего вида толщиномера сведениям, приведенным в описании типа;
- комплектность должна соответствовать сведениям, приведенным в описании типа;
- наличие маркировки с ясным указанием типа, заводского номера и года выпуска толщиномера;
- наличие предусмотренных пломб;
- отсутствие внешних повреждений, влияющих на работоспособность толщиномера.

8.2 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если выполняются требования, указанные в 8.1 настоящей методики.

9 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

9.1 Проводят контроль условий поверки с помощью термогигрометра в соответствии с таблицей 3.

9.2 Перед проведением поверки выполняют подготовительные работы, указанные в руководстве по эксплуатации толщиномера и в эксплуатационных документах на средства поверки.

9.3 При опробовании проверить правильность функционирования толщиномера. Необходимо подключить толщиномер к сети питания, установить исправность работы индикаторов.

9.4 Результаты считают положительными, если индикаторы работают исправно.

10 Проверка программного обеспечения средства измерений

10.1 Идентификационное наименование и номер версии программного обеспечения (далее – ПО) толщиномеров идентифицируется на дисплее блока обработки информации при включении режима настройки толщиномеров.

10.2 Сравнить полученные данные с идентификационными данными, указанными в описании типа толщиномеров.

10.3 Результат подтверждения соответствия встроенного ПО считать положительным, если идентификационные данные соответствуют указанным в описании типа толщиномеров, приведенным в ФИФ ОЕИ.

11 Проверка мощности эквивалентной дозы

11.1 Используя дозиметр, измерить мощность эквивалентной дозы гамма-излучения на расстоянии 10 см и 1 м от поверхности толщиномера.

11.2 Результаты считают положительными, если мощность эквивалентной дозы гамма-излучения на расстоянии 10 см от поверхности толщиномера не превышает 100 мкЗв/ч и на расстоянии 1 м от поверхности толщиномера не превышает 3 мкЗв/ч.

12 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

12.1 Проверку диапазона измерений поверхностной плотности и определение относительной погрешности измерений поверхностной плотности провести с помощью образцов-имитаторов поверхностной плотности, входящих в комплектность толщиномера, в трех точках, равномерно распределенных в диапазоне измерений толщиномера.

12.2 Провести измерения геометрических размеров образцов-имитаторов с помощью штангенциркуля в четырех сечениях плоскости рабочей поверхности образца-имитатора, равномерно расположенных соответственно по длине и ширине. В каждом сечении провести пять измерений. За результат измерений длины и ширины образца-имитатора принять среднее арифметическое двадцати измерений длины и ширины соответственно.

12.3 Измерение массы образцов-имитаторов провести с помощью весов лабораторных электронных MS225S. За результат измерений массы образцов-имитаторов принять среднее арифметическое четырех результатов измерений массы.

12.4 Рассчитать действительное значение поверхностной плотности каждого образца-имитатора (ρ_{ii} , г/м²), по формуле

$$\rho_{ii} = \frac{\bar{m}_i}{\bar{a}_i \cdot \bar{b}_i}, \quad (1)$$

где \bar{m}_i – среднее арифметическое значение результатов измерений массы i -го образца-имитатора, г, рассчитанное по формуле (2);

\bar{a}_i – среднее арифметическое значение результатов измерений длины i -го образца-имитатора, м, рассчитанное по формуле (3);

\bar{b}_i – среднее арифметическое значение результатов измерений ширины i -го образца-имитатора, м, рассчитанное по формуле (4):

$$\bar{m}_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_m} m_{ij}}{n_m}, \quad (2)$$

$$\bar{a}_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_a} \bar{a}_{kij}}{n_a}, \quad (3)$$

$$\bar{b}_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_b} \bar{b}_{kij}}{n_b}, \quad (4)$$

где m_{ij} – j -ое значение массы i -го образца-имитатора, г;

\bar{a}_{kij} – j -ое среднее арифметическое значение длины i -го образца-имитатора в k -сечении, м;

\bar{b}_{kij} – j -ое среднее арифметическое значение ширины i -го образца-имитатора в k -сечении, м;

n_m – количество измерений массы, $n_m \geq 4$;

n_a – количество измерений длины, $n_a \geq 4$;

n_b – количество измерений ширины, $n_b \geq 4$.

12.5 Рассчитать среднее квадратическое отклонение результата измерений массы каждого образца-имитатора (S_{mi} , г) по формуле

$$S_{mi} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_m} (m_{ij} - \bar{m}_i)^2}{n_m \cdot (n_m - 1)}}. \quad (5)$$

12.6 Рассчитать среднее квадратическое отклонение результата измерений длины каждого образца-имитатора (S_{ai} , м) по формуле

$$S_{ai} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_a} (\bar{a}_{kij} - \bar{a}_i)^2}{n_a \cdot (n_a - 1)}}. \quad (6)$$

12.7 Рассчитать среднее квадратическое отклонение результата измерений ширины каждого образца-имитатора (S_{bi} , м) по формуле

$$S_{bi} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_b} (\bar{b}_{kij} - \bar{b}_i)^2}{n_b \cdot (n_b - 1)}}. \quad (7)$$

12.8 Рассчитать среднее квадратическое отклонение результата измерений поверхностной плотности каждого образца-имитатора ($S_{\rho i}$, г/м²) по формуле

$$S_{\rho i} = \sqrt{\left(\frac{s_{mi}}{\bar{a}_i \cdot \bar{b}_i}\right)^2 + \left(\frac{-\bar{m}_i \cdot s_{ai}}{\bar{a}_i^2 \cdot \bar{b}_i}\right)^2 + \left(\frac{-\bar{m}_i \cdot s_{bi}}{\bar{b}_i^2 \cdot \bar{a}_i}\right)^2}. \quad (8)$$

12.9 Рассчитать доверительные границы случайной составляющей погрешности измерений поверхностной плотности ($\varepsilon_{\rho i}$, г/м²) по формуле

$$\varepsilon_{\rho i} = t_{\rho} \cdot S_{\rho i}, \quad (9)$$

где t_{ρ} – коэффициент Стьюдента, соответствующий доверительной вероятности $P=0,95$, с ($n_m - 1$) степенями свободы.

12.10 Рассчитать границы неисключенной систематической составляющей погрешности результата измерений поверхностной плотности каждого образца-имитатора ($\theta_{\rho i}$, г/м²) по формуле

$$\theta_{\rho i} = k \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_m}{\bar{a}_i \cdot \bar{b}_i}\right)^2 + \left(\frac{-\bar{m}_i \cdot \Delta_a}{\bar{a}_i^2 \cdot \bar{b}_i}\right)^2 + \left(\frac{-\bar{m}_i \cdot \Delta_a}{\bar{b}_i^2 \cdot \bar{a}_i}\right)^2}, \quad (10)$$

где Δ_m – предел допускаемой абсолютной погрешности весов, г;

Δ_a - предел допускаемой абсолютной погрешности штангенциркуля, м;

k – поправочный коэффициент, определяемый принятой доверительной вероятностью, при $P=0,95$ равный 1,1.

12.11 Рассчитать абсолютную погрешность измерений поверхностной плотности каждого образца-имитатора ($\Delta_{\rho i}$, г/м²) по формуле

$$\Delta_{\rho i} = K_{\rho i} \cdot (\varepsilon_{\rho i} + \theta_{\rho i}), \quad (11)$$

где $K_{\rho i}$ – коэффициент, зависящий от соотношения случайной составляющей погрешности и неисключенной систематической составляющей погрешности измерений, в соответствии с п. 2.6 МИ 2083-90 при $P=0,95$.

12.12 Рассчитать относительную погрешность измерений поверхностной плотности каждого образца-имитатора ($\delta_{0\rho i}$, г/м²) по формуле

$$\delta_{0\rho i} = \frac{\Delta_{\rho i}}{\rho_{ni}} \cdot 100. \quad (12)$$

Значения относительной погрешности измерений поверхностной плотности образцов-имитаторов должны находиться в пределах $\pm 1,5 \%$, в случае невыполнения требования поверка прекращается.

12.13 Образец-имитатор и измерительный блок толщиномера поместить на стенд в соответствии с рисунком 1 настоящей методики поверки. Подготовить толщиномер к работе в соответствии с руководством по эксплуатации толщиномера. Провести 10 измерений поверхностной плотности каждого образца-имитатора, время каждого измерения не менее 90 с.

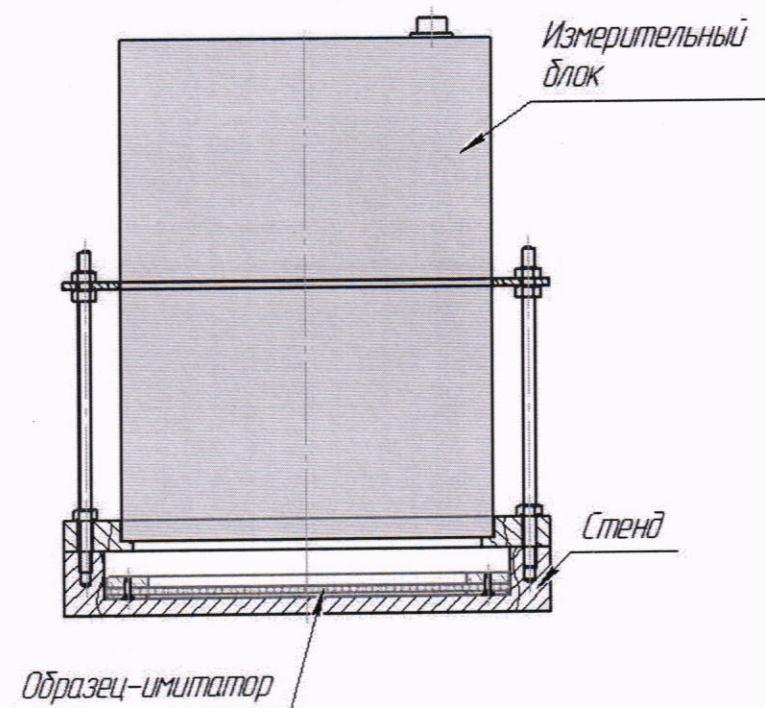


Рисунок 1 – Установка толщиномера и образцов-имитаторов на стенде

12.14 Рассчитать среднее квадратическое отклонение результатов измерений поверхностной плотности (S_i , г/м²) каждого образца-имитатора по формуле

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (\rho_{ij} - \bar{\rho}_i)^2}{n(n-1)}}, \quad (13)$$

где ρ_{ij} - j -ый результат измерений толщиномером i -ого образца-имитатора, г/м²;

$\bar{\rho}_i$ - среднее арифметическое значение результатов измерений толщиномером i -ого образца-имитатора, г/м², рассчитанное по формуле

$$\bar{\rho}_i = \frac{\sum_{j=1}^n \rho_{ij}}{n}. \quad (14)$$

12.15 Рассчитать доверительные границы случайной составляющей погрешности измерений поверхностной плотности (ε_i , г/м²) по формуле

$$\varepsilon_i = t \cdot S_i, \quad (15)$$

где t – коэффициент Стьюдента, соответствующий доверительной вероятности $P=0,95$, с $(n-1)$ степенями свободы.

12.16 Рассчитать границу неисключенной систематической составляющей погрешности результата измерений поверхностной плотности (θ_i , г/м²) по формуле

$$\theta_i = |\bar{\rho}_i - \rho_{ui}| + \Delta_{\rho i}. \quad (16)$$

12.17 Рассчитать значение относительной погрешности измерений поверхностной плотности ($\delta_{\rho i}$, г/м²) по формуле

$$\delta_{\rho i} = \frac{K_i \cdot \sqrt{\frac{\theta_i^2}{3} + S_i^2}}{\bar{\rho}_i} \cdot 100, \quad (17)$$

где K_i – коэффициент, зависящий от соотношения случайной и систематической составляющих погрешности, рассчитанный по формуле

$$K_i = \frac{\varepsilon_i + \theta_i}{S_i + \frac{\theta_i}{\sqrt{3}}}. \quad (18)$$

12.18 Результаты считают положительными, если значения относительной погрешности измерений поверхностной плотности во всем диапазоне измерений поверхностной плотности находятся в пределах $\pm 10\%$.

13 Оформление результатов поверки

13.1 Результаты поверки заносят в протокол поверки произвольной формы, сведения о результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

13.2 При положительных результатах поверки толщиномер признают пригодным к эксплуатации, по заявлению владельца толщиномера или лица, представившего толщиномер на поверку, оформляется свидетельство о поверке установленной формы.

13.3 Знак поверки наносится в свидетельство о поверке в соответствии с Приказом Минпромторга России от 31.07.2020 № 2510 или действующим на дату поверки нормативным правовым актом в области обеспечения единства измерений.

13.4 При отрицательных результатах поверки толщиномер к применению не допускают и по заявлению владельца толщиномера или лица, представившего толщиномер на поверку, оформляется извещение о непригодности установленной формы.

Ведущий инженер
УНИИМ - филиала ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»

М.В. Шипицына

Приложение А
(обязательное)

Структура Локальной поверочной схемы для средств измерений поверхностной плотности листовых и плёночных материалов

