

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии имени Д.И. Менделеева»
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»



Согласовано
И.о. генерального директора ФГУП «ВНИИМ
им. Д.И. Менделеева»
А.Н. Пронин
«18» января 2021 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

ГИРИ МЕТТЛЕР ТОЛЕДО

Методика поверки
МП 2301-0190-2021

Руководитель лаборатории
госэталонов и научных исследований
в области измерений массы и силы
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

_____ А. Ф. Остривной

Ведущий научный сотрудник

_____ В. С. Снегов

Ведущий инженер

_____ В. И. Богданова

г. Санкт-Петербург
2021 г.

Содержание

1 Общие положения.....	3
2 Нормативные ссылки.....	3
3 Перечень операций поверки средства измерений	4
4 Требования к условиям поверки	4
5 Требования к специалистам, осуществляющим поверку	4
6 Метрологические и технические требования к средствам поверки	4
7 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки.....	5
8 Внешний осмотр	5
9 Подготовка к поверке и опробование.....	6
10 Определение метрологических характеристик.....	6
11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	10
12 Оформление результатов поверки	11
Приложение А (обязательное) Определение условной массы и абсолютной погрешности гирь класса M_1 номинальной массой 500 кг, 1000 кг, 2000 кг и 5000 кг методом замещающих грузов.....	12
Приложение Б (обязательное) Метрологические характеристики гирь Меттлер Толодо.....	15

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на гири Меттлер Толодо (далее - гири), изготавливаемые по документации «Mettler-Toledo GmbH», Швейцария, и устанавливает методы и средства их первичной поверки при ввозе в страну, после ремонта и периодической поверки в процессе эксплуатации.

1.2 При проведении поверки должна быть обеспечена прослеживаемость результатов к Государственному первичному эталону единицы массы ГЭТ 3-2020 в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений массы, утвержденной Приказом Росстандарта от 29 декабря 2018 г. № 2818.

1.3 Метод поверки основан на измерениях условной массы сличением с эталонными гирями при помощи компаратора и соответствует Приказу Росстандарта от 29.12.2018 г. № 2818 и ГОСТ OIML R 111-1 - 2009.

Если плотность окружающего воздуха ρ_a во время измерений отличается от нормальной плотности воздуха $\rho_0 = 1,2 \text{ кг/м}^3$ более чем на 10 %, то при поверке определяют значение массы гири m , а значение условной массы гири m_c вычисляют из значения массы гири m .

Условная масса гири m_c и масса гири m с фактической плотностью ρ связаны между собой соотношением

$$m_c = m \cdot \frac{1 - \frac{1,2}{\rho}}{0,99985} \quad (1)$$

1.4 Методикой поверки не предусмотрена возможность проведения поверки на меньшем числе поддиапазонов измерений.

Примечания:

1. При пользовании настоящей методикой поверки целесообразно проверить действие ссылочных документов по соответствующему указателю стандартов, составленному по состоянию на 1 января текущего года и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году.
2. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящей методикой следует руководствоваться заменяющим (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

2 Нормативные ссылки

В настоящей методике поверки использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ OIML R 111-1 - 2009 «Государственная система обеспечения единства измерений. Гири классов E₁, E₂, F₁, F₂, M₁, M₁₋₂, M₂, M₂₋₃, M₃. Часть 1. Метрологические и технические требования. Испытания»

Приказ Росстандарта от 29.12.2018 г. № 2818 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений массы» (далее – ГПС для СИ массы)

ГОСТ 6709-72 «Вода дистиллированная. Технические условия»

3 Перечень операций поверки средства измерений

3.1 При проведении поверки должны быть выполнены следующие операции, указанными в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень операций поверки

Наименование операции	Номер пункта методики	Обязательность проведения операции при поверке	
		первичной	периодической
1 Внешний осмотр	8	Да	Да
2 Подготовка к поверке и опробование	9	Да	Да
2 Определение метрологических характеристик	10	-	-
2.1 Определение шероховатости поверхности	10.1	Да (только визуальный контроль)	Да (только визуальный контроль)
2.2 Определение остаточной намагниченности	10.2	Да	Нет. Допускается проводить только в случае сомнения
2.3 Определение магнитной восприимчивости	10.3	Да только для E ₁ , E ₂ , F ₁ , F ₂	Нет
2.4 Определение плотности материала гирь	10.4	Да только для E ₁	Нет
2.5 Определение условной массы и абсолютной погрешности	10.5	Да	Да

3.2 При получении отрицательных результатов при проведении последовательных операций по пунктам 1, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 Таблицы 1 поверку прекращают. Оформляют извещение о непригодности. В случае получения последовательных положительных результатов по каждому пункту поверку продолжают.

4 Требования к условиям поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха от 18 °С до 27°С для гирь классов E₁, E₂;
- относительная влажность воздуха от 30 % до 80 %;
- изменение температуры и относительной влажности воздуха в помещении не более значений, указанных в таблице С.1 Приложения 1 ГОСТ OIML R 111-1–2009.

Примечание – Если компараторы массы имеют более узкий диапазон рабочих температур и относительной влажности, чем приведенные выше, то эти условия должны быть соблюдены.

5 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

Специалисты, осуществляющие поверку, должны иметь высшее или среднее техническое образование, должны изучить правила работы с поверяемым средством измерений и обладать соответствующей квалификацией для работы с эталонным оборудованием.

6 Метрологические и технические требования к средствам поверки

6.1 Перечень средств поверки представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень средств поверки

Номер пункта документа по поверке	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, метрологические и основные технические характеристики средства поверки
8	-
9	-
10.1	Образцы шероховатости по ГОСТ 9378-93. В соответствии с В.5 (приложение В) ГОСТ OIML R 111-1-2009.
10.2	Измеритель магнитной восприимчивости YSZ01C с пределами допускаемой относительной погрешности $\pm 15\%$
10.3	Измеритель магнитной восприимчивости YSZ01C с пределами допускаемой относительной погрешности $\pm 15\%$
10.4	ГОСТ 6709-72 «Вода дистиллированная. Технические условия» Средства поверки выбирают исходя из используемого метода определения плотности по В.7 Приложения В ГОСТ OIML R 111-1-2009
10.5	Для поверки микрограммовых гирь, гирь класса E ₁ и гирь E ₂ (применяемых в составе вторичных (рабочих) эталонов): Эталон-копия по ГПС для СИ массы. Для поверки гирь класса E ₂ : Вторичный (рабочий) эталон единицы массы по ГПС для СИ массы. Для поверки гирь класса F ₁ : Рабочий эталон единицы массы 1-го разряда по ГПС для СИ массы. Для поверки гирь класса F ₂ : Рабочий эталон единицы массы 2-го разряда по ГПС для СИ массы. Для поверки гирь класса M ₁ : Рабочий эталон единицы массы 3-го разряда по ГПС для СИ массы. Для поверки гирь класса M ₁ номинальной массой 500 кг, 1000 кг, 2000 кг, 5000 кг в случае применения методики по Приложению А: замещающие грузы – гири параллелепипедной формы, соответствующие по метрологическим и техническим характеристикам гирям класса точности M ₁ по ГОСТ OIML R 111-1-2009 массой, равной массе поверяемых гирь. Термометр с ценой деления не более 0,1 °С при поверке гирь класса E ₁ . Термометр с ценой деления не более 0,2 °С при поверке гирь класса E ₂ . Термометр с ценой деления не более 0,5 °С при поверке гирь F ₁ , F ₂ , M ₁ . Барометр с ценой деления не более 1 мбар (гПа). Психрометр (гигрометр) с погрешностью не более $\pm 5\%$.
Примечание –	Схема передачи размера единицы набору микрограммовых гирь предусматривает использование дополнительной вспомогательной гири номинальной массы 0,05 мг

6.2 Допускается применение средств поверки, не приведенных в перечне, обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик поверяемых средств измерений с требуемой точностью.

7 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться правила безопасности в соответствии с ГОСТ 12.2.003-91, а также правилами безопасности, определяемые при эксплуатации поверяемых средств измерений и используемых средств поверки, приведенных в эксплуатационной документации и нормативных документах, а также правилами технической эксплуатации и правил техники безопасности при работе на электроустановках, а также правила по охране труда, действующих на месте проведения поверки.

8 Внешний осмотр

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие следующим требованиям:

- сохранность пломб на крышках, закрывающих подгоночные полости гирь (при наличии);
- конструкция, форма, комплектность, маркировка и состав наборов гирь должны соответствовать требованиям ГОСТ OIML R 111-1–2009 и технической документации изготовителя;
- качество футляров должно соответствовать требованиям технической документации изготовителя;
- на поверхности гирь не должно быть трещин, сколов, следов коррозии, забоин, глубоких царапин.

9 Подготовка к поверке и опробование

При подготовке к проведению поверки должны быть выполнены следующие операции:

9.1 Перед проведением поверки гирь должны быть выполнены подготовительные работы в соответствии с ДА.5 Приложения ДА ГОСТ OIML R 111-1–2009.

9.2 Компараторы массы должны быть подготовлены к работе в соответствии с их руководством по эксплуатации.

9.3 Перед началом поверки следует выполнить 2-3 нагружения компаратора гирей, номинальная масса которой близка к максимальной массе поверяемых гирь, до достижения стабильных показаний.

10 Определение метрологических характеристик

10.1 Определение шероховатости

Определение шероховатости поверхности гирь массой более 500 мг проводят визуально в соответствии с разделом В.5.3.2 приложения В ГОСТ OIML R 111-1–2009, с применением образцов шероховатости.

Гири считают годными, если визуально установлено, что шероховатость поверхности гирь соответствует требованиям п. 11 ГОСТ OIML R 111-1–2009.

10.2 Определение остаточной намагниченности

Определение остаточной намагниченности проводят с помощью измерителя магнитной восприимчивости YSZ01С в соответствии с В.6.4 ГОСТ OIML R111-1-2009.

Гири считают годными, если полученные максимальные значения остаточной намагниченности гирь не превышают значений, приведенных в 9.1 ГОСТ OIML R111-1-2009.

10.3 Определение магнитной восприимчивости

Определение магнитной восприимчивости проводят для гирь кроме класса точности M_1 с помощью измерителя магнитной восприимчивости YSZ01С в соответствии с В.6.4 ГОСТ OIML R111-1-2009.

Гири считают годными, если магнитная восприимчивость гирь не превышает значений, приведенных в 9.2 ГОСТ OIML R111-1-2009.

10.4 Определение плотности материала гирь

Плотность материала гирь класса E_1 при первичной поверке определяют в соответствии с п. В.7 Приложения В ГОСТ OIML R 111-1–2009.

Гири считают годными, если плотность материала гирь не превышает значений, приведенных в п.10 ГОСТ OIML R111-1-2009.

10.5 Определение условной массы и абсолютной погрешности

10.5.1 Определение условной массы и абсолютной погрешности гирь классов E_1 , E_2 , F_1 , F_2

10.5.1.1 Определение условной массы и абсолютной погрешности гирь следует проводить методом прямого (непосредственного) сличения или методом подекадной калибровки (метод совокупных измерений) при помощи компаратора. Для этого применяют метод замещения, осуществляемый в виде трех типов циклов взвешивания в соответствии с

Приложением С ГОСТ OIML R 111-1–2009. Абсолютную погрешность гирь рассчитывают, как разность между условной массой и номинальным значением гирь.

Допускается условную массу одиночных гирь выполнять методом подекадной калибровки (совокупных измерений) путём введения поверяемой гири в набор гирь соответствующего класса точности или выше, чем поверяемая одиночная гиря.

10.5.1.2 Условную массу гирь класса точности E_1 номинальным значением 1 кг (1 кг E_1) определяют сличением с эталоном-копией при помощи компаратора в соответствии с ДА. 6.6.2 Приложения ДА ГОСТ OIML R 111-1–2009.

10.5.1.3 Условную массу гирь (1 г – 500 г) E_1 , (1 мг – 500 м) E_1 , микрограммовых гирь (0,05 мг – 0,5 мг) и гирь (1 кг – 50 кг) E_1 из наборов определяют методом подекадной калибровки, основанным на совокупных измерениях разностей масс различных комбинаций гирь с эталоном-копией или со старшей гирей в поверяемой декаде гирь в соответствие с п. 10.7 настоящей методики и С.3.2 приложения С ГОСТ OIML R 111-1–2009.

10.5.1.4 Условную массу гирь класса точности E_2 определяют прямым сличением с вторичными рабочими эталонами при помощи компаратора в соответствии с ДА. 6.6.3 Приложения ДА ГОСТ OIML R 111-1–2009.

10.5.1.5 Массу гирь класса точности F_1 определяют сличением с рабочими эталонами 1-го разряда при помощи компаратора в соответствии с ДА.6.6.4 Приложения ДА ГОСТ OIML R 111-1–2009.

10.5.1.6 Массу гирь класса точности F_2 определяют сличением с рабочими эталонами 2-го разряда при помощи компаратора в соответствии с ДА.6.6.4 Приложения ДА ГОСТ OIML R 111-1–2009.

10.5.2 Определение условной массы и абсолютной погрешности гирь класса M_1

Массу гирь класса точности M_1 определяют сличением с рабочими эталонами 3-го разряда при помощи компаратора в соответствии с ДА.6.6.4 Приложения ДА ГОСТ OIML R 111-1–2009.

Массу гирь класса точности M_1 номинальной массой 500 кг, 1000 кг, 2000 кг и 5000 кг допускается определять с применением замещающих грузов по методике, приведенной в Приложении А настоящей методики поверки.

10.6 Обработка результатов измерений при использовании метода прямого сличения

10.6.1 Вычисление условной массы поверяемых гирь выполняют в соответствии ДА.7.1 Приложения ДА ГОСТ OIML R 111-1–2009.

10.6.2 Расчет неопределенности условной массы гирь при непосредственном сличении выполняют в соответствии с ДА.7.2 Приложения ДА ГОСТ OIML R 111-1–2009.

10.7 Обработка результатов измерений при использовании метода подекадной калибровки наборов гирь (метода совокупных измерений)

10.7.1 Массу гирь из наборов определяют методом совокупных измерений сличением различных комбинаций гирь с эталонной гирей или со старшей гирей в поверяемой декаде гирь. При этом младшая гиря в старшей декаде используется в качестве опорной гирей последующей младшей по порядку младшей декаде.

Например, для набора гирь (1 г-500 г) класса E_1 эталонной гирей является эталон-копия 1 кг; для набора гирь (1 мг-500 мг) класса E_2 опорной эталонной гирей является гиря 1 г из состава вторичного (рабочего) эталона единицы массы) и т.д.

Схема измерений приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Схема калибровки набора с дополнительной гирей

№ п/п	1000	500	200	200*	100	50	20	20*	10	5	2	2*	1	1**	a
	x0	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	
1	1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	a1
2	0	1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	a2
3	0	0	1	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	a3
4	0	0	0	1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	a4
5	0	0	0	0	1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	a5
6	0	0	0	0	0	1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	a6
7	0	0	0	0	0	0	1	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	a7
8	0	0	0	0	0	0	0	1	-1	-1	-1	-1	-1	0	a8
9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-1	-1	-1	-1	0	a9
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-1	-1	-1	0	a10
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-1	-1	a11
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-1	-1	a12
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-1	a13

Здесь «1» означает опорную гирю (R), с которой сравнивают комбинацию гирь или отдельную гирю, «-1» означает гири (T), которые сравнивают, «0» означает гири не участвующие в данном сравнении. «a_i» - измеренная на компараторе разность массы T- R методом точного взвешивания по циклу RTTR. Значение a_i получают как среднее арифметическое значение из числа проведенных циклов

$$\bar{a}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{i,j} \quad (2)$$

где a_{i,j} – j – я измеренная разность массы в i – ом сравнении (i = 1, 2, ..., 13);

j – номер цикла взвешивания (j = 1, 2, ..., n);

n – число циклов не менее, указанного в С.4.3 Приложения С ГОСТ OIML R 111-1-2009.

$$a_{i,j} = \frac{1}{2} [(I_{T1} - I_{R1}) + (I_{T2} - I_{R2})]_j \quad (3)$$

где I_{T1} и I_{T2} – показания компаратора при 2-м и 3-м измерении в цикле RTTR для поверяемой гири T;

I_{R1} и I_{R2} – показания компаратора при 1-м и 4-м измерении в цикле RTTR для исходной гири R;

10.7.2 Набор гирь (1 г - 500 г)

В качестве исходного эталона применяют гирю номинальной массой 1000 г.

Условную массу гирь m_i с учетом коррекции на выталкивающую силу рассчитывают по следующим формулам

$$m_{500} = \frac{m_{1000} - (a_1 + a_2)}{2} + \rho_a \left(V_{500} - \frac{1}{2} V_{1000} \right);$$

$$m_{200} = \frac{2m_{500} - (2a_2 - 3a_3 + 2a_4 + a_5)}{5} + \rho_a \left(V_{200} - \frac{2}{5} V_{500} \right);$$

$$m_{200*} = \frac{2m_{500} - (2a_2 + 2a_3 - 3a_4 + a_5)}{5} + \rho_a \left(V_{200*} - \frac{2}{5} V_{500} \right);$$

$$m_{100} = \frac{m_{200} - (a_3 - a_5)}{2} + \rho_a \left(V_{100} - \frac{1}{2} V_{200} \right);$$

$$m_{50} = \frac{m_{100} - (a_5 - a_6)}{2} + \rho_a \left(V_{50} - \frac{1}{2} V_{100} \right);$$

$$m_{20} = \frac{2m_{50} - (2a_6 - 3a_7 + 2a_8 + a_9)}{5} + \rho_a \left(V_{20} - \frac{2}{5} V_{50} \right);$$

$$m_{20*} = \frac{2m_{50} - (2a_6 - 2a_7 - 3a_8 + a_9)}{5} + \rho_a \left(V_{20*} - \frac{2}{5} V_{50} \right);$$

$$m_{10} = \frac{m_{20} - (a_7 - a_9)}{2} + \rho_a \left(V_{10} - \frac{1}{2} V_{20} \right);$$

$$m_5 = \frac{m_{10} - (a_9 - a_{10})}{2} + \rho_a \left(V_5 - \frac{1}{2} V_{10} \right);$$

$$m_2 = \frac{2m_5 - (2a_{10} - 3a_{11} + 2a_{12} + a_{13})}{5} + \rho_a \left(V_2 - \frac{2}{5} V_5 \right);$$

$$m_{2*} = \frac{2m_5 - (2a_{10} + 2a_{11} - 3a_{12} + a_{13})}{5} + \rho_a \left(V_{2*} - \frac{2}{5} V_5 \right);$$

$$m_1 = \frac{m_2 - (a_{11} - a_{13})}{2} + \rho_a \left(V_1 - \frac{1}{2} V_2 \right);$$

$$m_{1**} = \frac{m_2 - (a_{11} + a_{13})}{2} + \rho_a \left(V_{1**} - \frac{1}{2} V_2 \right),$$

m_{1000} – условное значение массы эталонной гири в г, взятое из свидетельства о его аттестации;

ρ_a – плотность воздуха в мг/см³;

V_i – объем гири i -го номинального значения.

a_i – разность между массой наибольшей гири и массой соответствующей суммы гирь, измеренной на компараторах массы.

10.7.3 Набор гирь класса точности E_1 номинальных значений от 1 мг до 500 мг

В качестве исходного эталона в сравнении № 1 применяют гирю номинальной массой 1 г (1000) мг. Схема измерений – в соответствии с таблицей 2. Условную массу гирь рассчитывают по формулам (3) без учета поправки на выталкивающую силу.

10.7.4 Набор гирь класса точности E_1 номинальных значений от 1 кг до 50 кг

Передачу единицы набору гирь (1 кг - 50 кг) E_1 проводят по схеме, представленной в таблице 3.

Таблица 3 – Схема калибровки набора (1 кг – 50 кг) E_1

№ п/п	$1_{эк}$	1	2	2*	5	10	20	20*	50	a
1	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	a_1
2	-1	-1	1	0	0	0	0	0	0	a_2
3	-1	-1	0	1	0	0	0	0	0	a_3
4	0	-1	-1	-1	1	0	0	0	0	a_4
5	0	-1	-1	-1	-1	1	0	0	0	a_5
6	0	-1	-1	-1	-1	-1	1	0	0	a_6
7	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	0	a_7
8	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	1	

Здесь $1_{эк}$ – исходная эталонная гиря 1 кг из состава эталона-копии. Остальные – поверяемые гири массой соответственно 1, 2, 2*, 5, 10, 20, 20* и 50 кг.

На основании таблицы 3 составляют условные уравнения измерений

$$m_1 - m_{эк} + \rho_a (V_{эк} - V_1) = a_1$$

$$m_2 - m_{эк} - m_1 + \rho_a (V_{эк} + V_{13} - V_2) = a_2$$

$$m_{2*} - m_{эк} - m_1 + \rho_a (V_{эк} + V_{13} - V_{2*}) = a_3$$

$$m_5 - m_2 - m_{2*} - m_1 + \rho_a (V_2 + V_{2*} + V_1 - V_5) = a_4$$

$$m_{10} - m_5 - m_2 - m_{2*} - m_1 + \rho_a (V_5 + V_2 + V_{2*} + V_1 - V_{10}) = a_5$$

$$m_{20} - m_{10} - m_5 - m_2 - m_{2*} - m_1 + \rho_a (V_{10} + V_5 + V_2 + V_{2*} + V_1 - V_{20}) = a_6$$

$$m_{20*} - m_{10} - m_5 - m_2 - m_{2*} - m_1 + \rho_a (V_{10} + V_5 + V_2 + V_{2*} + V_1 - V_{20*}) = a_7$$

$$m_{50} - m_{20} - m_{20*} - m_{10} + \rho_a (V_{20} + V_{20*} + V_{10} - V_{50}) = a_8.$$

Ее решение получают методом последовательных подстановок

$$m_1 = a_1 + m_{эк} + \rho_a (V_1 - V_{эк})$$

$$m_2 = a_1 + a_2 + 2m_{эк} + \rho_a (V_2 - V_{эк} - V_1)$$

$$m_{2*} = a_1 + a_3 + 2m_{эк} + \rho_a (V_{2*} - V_{эк} - V_1)$$

$$m_5 = 3a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + 5m_{эк} + \rho_a (V_5 - \sum V_5)$$

$$m_{10} = 6a_1 + 2a_2 + 2a_3 + a_4 + a_5 + 10m_{эк} + \rho_a (V_{10} - \sum V_{10})$$

$$m_{20} = 12a_1 + 4a_2 + 4a_3 + 2a_4 + a_5 + a_6 + 20m_{эк} + \rho_a (V_{20} - \sum V_{20})$$

$$m_{20*} = 12a_1 + 4a_2 + 4a_3 + 2a_4 + a_5 + a_7 + 20m_{эк} + \rho_a (V_{20*} - \sum V_{20*})$$

$$m_{50} = 30a_1 + 10a_2 + 10a_3 + 5a_4 + 3a_5 + a_6 + a_7 + a_8 + 50m_{эк} + \rho_a (V_{50} - \sum V_{50}).$$

10.7.5 Определение массы микрограммовых гирь (0,05 мг – 0,5 мг) выполняют по схеме, представленной в таблице 4. Данная схема предусматривает использование дополнительной вспомогательной гири номинальной массы 0,05 мг, которая вводится в схему сличений и маркируется в таблице 4 как «0,05*».

Таблица 4.

№ п/п	Номинальная масса гирь, мг							a
	1,0	0,5	0,2	0,2*	0,1	0,05	0,05*	
	m_s	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	m_6	
1	1	-1	-1	-1	-1	0	0	a_1
2	0	1	-1	-1	0	-1	-1	a_2
3	0	0	1	-1	-1	-1	-1	a_3
4	0	0	0	1	-1	-1	-1	a_4
5	0	0	0	0	1	-1	-1	a_5
6	0	0	0	0	0	1	-1	a_6

В таблице 4 введены обозначения: m_s – условная массы эталонной гири; m_i – условная масса i -ой поверяемой гири; a_i – измеренная на компараторе разность массы гирь, соответствующая i -ой строке таблицы 4 ($i = 1, 2, \dots, 6$).

На основании таблицы 4 составляют 6 условных уравнений с 6 неизвестными (массами поверяемых гирь):

$$m_s - m_1 - m_2 - m_3 - m_4 = a_1$$

$$m_1 - m_2 - m_3 - m_5 - m_6 = a_2$$

$$m_2 - m_4 - m_5 - m_6 = a_3$$

$$m_3 - m_4 - m_5 - m_6 = a_4$$

$$m_4 - m_5 - m_6 = a_5$$

$$m_5 - m_6 = a_6$$

Условные значения массы поверяемых гирь находят по формулам:

$$m_6 = \frac{1}{20} [m_s - (a_1 + a_2 + 2a_3 + 2a_4 + 5a_5 + 10a_6)]$$

$$m_5 = a_6 + m_6$$

$$m_4 = a_5 + a_6 + 2m_6$$

$$m_3 = a_4 + a_5 + 2a_6 + 4m_6$$

$$m_2 = a_3 + a_5 + 2a_6 + 4m_6$$

$$m_1 = a_2 + a_3 + a_4 + 2a_5 + 5a_6 + 10m_6.$$

10.7.6 Схемы сличения гирь и формулы для вычисления их массы при подекадной калибровке также приведены в Приложении ДГ ГОСТ OIML R 111-1–2009.

10.8 Расчет неопределенности измерений условной массы гирь

Расширенную неопределенность измерений рассчитывают в соответствии с ДА.7.2 Приложения ДА ГОСТ OIML R 111-1–2009.

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 Процедура обработки результатов измерений приведена в п.10.8 настоящей методики. Для гирь, поверяемых в качестве эталонов единицы массы, оформляют протокол по форме, принятой у аккредитованных на поверку юридических лиц с учетом требований ГОСТ OIML R 111-1–2009.

11.2 Гирию считают выдержавшей испытание, если:

- полученные значения метрологических характеристик соответствуют значениям, установленным в описании типа СИ и приведенным в Приложении Б.

- значение расширенной неопределенности условной массы гирь при доверительной вероятности 0,95 не превышает значений, приведенных в п.5.2 ГОСТ OIML R 111-1–2009.

- значение условной массы гирь, полученное при поверке, соответствует неравенству, приведенному п.5.3 ГОСТ OIML R 111-1–2009.

11.3 Гири Меттлер Толодо могут использоваться в качестве эталонов единицы массы при условии выполнения требований, приведённых в п.11.2 настоящей методики и выполнения требований, установленных в Государственной поверочной схеме для средств измерений массы.

12 Оформление результатов поверки

12.1 Результаты поверки признают положительными при условии положительных результатов выполнения всех условий поверки.

12.2 Положительные результаты поверки подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений и оформляют в соответствии с ДА.8 Приложения ДА ГОСТ OIML R 111-1–2009.

Клеймение гирь выполняется в соответствии с ГОСТ OIML R 111-1–2009.

12.3 В случае отрицательных результатов поверки гири к применению не допускают и выдают извещение о непригодности.

Отрицательные результаты поверки подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Приложение А

(обязательное)

Определение условной массы и абсолютной погрешности гирь класса М1 номинальной массой 500 кг, 1000 кг, 2000 кг и 5000 кг методом замещающих грузов

А.1 Определение суммарной массы замещающих грузов

А.1.1 Подберите замещающие грузы, каждый массой около 20 кг или 500 кг, суммарной массой соответствующей массе поверяемой гири так, чтобы относительное отклонение массы отдельных грузов от номинала не превышало $\pm 0,025\%$.

Определение отклонения массы от номинала каждого отдельного замещающего груза, обозначенного «*b*», следует проводить на компараторе массы, методом сличения каждого груза с эталонной гирей 2-го разряда, обозначенной «*a*» (массой 20 кг или 500 кг) по схеме «*ab₁b₂...b_qa*». Для каждого отдельного замещающего груза определяют отклонение его массы от номинала по уточненной формуле, учитывающей линейный дрейф показаний компаратора (в отличие от формулы для этого типа цикла, приведенной в ГОСТ OIML R 111-1-2009)

$$\Delta m_{bi} = \Delta m_a + I_{bi} - \frac{1}{n+1} [(n+1-i)I_{a0} + iI_{aE}], \quad (\text{A.1})$$

где Δm_{bi} - отклонение массы *i*-го замещающего груза от номинального значения (20 кг или 500 кг);

Δm_a - отклонение от номинального значения массы эталонной гири 2-го разряда, взятое из свидетельства;

i = 1, 2, ..., *q* - номер калибруемого груза;

q - количество замещающих грузов, необходимое для замещения массы поверяемой гири;

I_{bi} - показание компаратора массы для *i*-го замещающего груза (*i* = 1, 2, ..., *n*);

I_{a0} и I_{aE} - показания компаратора массы для эталонной гири при первом и последнем измерении по схеме цикла «*ab₁b₂...b_qa*».

П р и м е ч а н и е: Измерения следует проводить без перерывов, соблюдая примерно равные промежутки времени между ними.

Отклонение суммарной массы комплекта замещающих грузов от номинального значения массы поверяемой гири $\Delta m_{\Sigma b}$ рассчитывают как сумму отклонений массы отдельных замещающих грузов от их номинального значения

$$\Delta m_{\Sigma b} = \sum \Delta m_{bi}$$

или

$$\Delta m_{\Sigma u} = q \cdot \Delta m_a + \sum_{i=1}^q \left(I_{bi} - \frac{1}{q+1} [(q+1-i)I_{a0} + iI_{aE}] \right) \quad (\text{A.2})$$

Перед началом поверки следует выполнить 2-3 предварительных нагружения компаратора поверяемой гирей до достижения стабильных показаний.

A.1.2 Определение условной массы и абсолютной погрешности поверяемых гирь δ_m

A.1.2.1 Используя компаратор массы с максимальной нагрузкой, соответствующей массе поверяемой гири, сличают поверяемую гирю «**B**» с комплектом замещающих грузов «**A**» по схеме цикла «**АВА**», выполняя не менее трех циклов взвешивания. В качестве эталонной гири «**A**» применяют комплект замещающих грузов «**b_i**», суммарное значение условной массы которых определено в 4.2.1.

Замещающие грузы следует устанавливать на платформу компаратора по возможности ближе к центру и симметрично относительно центра платформы, при необходимости устанавливая грузы в несколько рядов.

A.1.2.2 Отклонение условной массы поверяемой гири от её номинального значения рассчитывают по формуле:

$$\Delta m_{Bi} = \Delta m_{\Sigma} + (I_{Bi} - \bar{I}_{Ai}), \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (\text{A.3})$$

где Δm_{Bi} - отклонение условной массы поверяемой гири от номинального значения, полученное в i -ом цикле взвешивания;

I_{Bi} - показание компаратора массы для поверяемой гири в i -ом цикле взвешивания;

$\bar{I}_{Ai} = \frac{1}{2}(I_{Ai} + I_{AKi})$ - среднее арифметическое из двух показаний компаратора массы для комплекта замещающих грузов «**A**» в i -ом цикле взвешивания;

I_{Ai} и I_{AKi} - показания компаратора массы для комплекта замещающих грузов при первом и последнем измерениях по схеме цикла «**АВА**»;

N - количество циклов взвешивания.

A.1.2.3 За результат определения отклонения условной массы i -ой поверяемой гири от номинального значения принимают среднее значение из проведенных циклов измерений.

$$\Delta m_{Bi} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \Delta m_{Bij} \quad (\text{A.4})$$

Значения СКО компарирования $S_{\Delta i}$, необходимые для расчета каждой i -ой поверяемой гири, находят из полученного ряда N измерений отклонения массы поверяемой гири от ее номинального значения Δ_{B_i} по формуле

$$S_{\Delta i} = \frac{1}{2} \cdot R_{Ni}, \quad (\text{A.5})$$

где R_{Ni} – размах из N измерений отклонения от номинального значения массы поверяемой гири;

$$R_{Ni} = [\text{Max}(\Delta m_{ij}) - \text{Min}(\Delta m_{ij})], \quad i, = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, N. \quad (\text{A.6})$$

Приложение Б

(обязательное)

Метрологические характеристики гирь Меттлер Толодо

Таблица 1 – Пределы допускаемой абсолютной погрешности гирь $\pm \delta m$.

Номинальное значение массы гирь	Пределы допускаемой абсолютной погрешности гирь $\pm \delta m$, мг, для классов точности				
	E ₁	E ₂	F ₁	F ₂	M ₁
5000 кг	-	-	-	-	250000
2000 кг	-	-	10000	30000	100000
1000 кг	-	-	5000	16000	50000
500 кг	-	-	2500	8000	25000
200 кг	-	-	1000	3000	10000
100 кг	-	-	500	1600	5000
50 кг	25	80	250	800	2500
20 кг	10	30	100	300	1000
10 кг	5,0	16	50	160	500
5 кг	2,5	8,0	25	80	250
2 кг	1,0	3,0	10	30	100
1 кг	0,5	1,6	5,0	16	50
500 г	0,25	0,8	2,5	80	-
200 г	0,10	0,3	1,0	3,0	-
100 г	0,05	0,16	0,5	1,6	-
50 г	0,03	0,10	0,3	1,0	-
20 г	0,025	0,08	0,25	0,8	-

Продолжение таблицы 1 – Пределы допускаемой абсолютной погрешности гирь $\pm \delta m$.

Номинальное значение массы гирь	Пределы допускаемой абсолютной погрешности гирь $\pm \delta m$, мг, для классов точности				
	E ₁	E ₂	F ₁	F ₂	M ₁
10 г	0,020	0,06	0,20	0,6	-
5 г	0,016	0,05	0,16	0,5	1,6
2 г	0,012	0,04	0,12	0,4	1,2
1 г	0,010	0,03	0,10	0,3	1,0
500 мг	0,008	0,025	0,08	0,25	0,8
200 мг	0,006	0,020	0,06	0,20	0,6
100 мг	0,005	0,016	0,05	0,16	0,5
50 мг	0,004	0,012	0,04	0,12	0,4
20 мг	0,003	0,010	0,03	0,10	0,3
10 мг	0,003	0,008	0,025	0,08	0,25
5 мг	0,003	0,006	0,020	0,06	0,20
2 мг	0,003	0,006	0,020	0,06	0,20
1 мг	0,003	0,006	0,020	0,06	0,20

Таблица 2 – Диапазоны допускаемых значений плотности материала гирь

Номинальное значение массы гирь	Диапазоны допускаемых значений плотности материала гирь $\rho_{\min}, \rho_{\max}, 10^3 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$, для классов точности гирь				
	E ₁	E ₂	F ₁	F ₂	M ₁
≥ 100 г	7,934-8,067	7,81-8,21	7,39-8,73	6,4-10,7	$\geq 4,4$
50 г	7,92-8,08	7,74-8,28	7,27-8,89	6,0-12,0	-
20 г	7,84-8,17	7,50-8,57	6,6-10,1	4,8-24,0	-
10 г	7,74-8,28	7,27-8,89	6,0-12,0	$\geq 4,0$	-
5 г	7,62-8,42	6,9-9,6	5,3-16,0	$\geq 3,0$	-
2 г	7,27-8,89	6,0-12,0	$\geq 4,0$	$\geq 2,0$	-
1 г	6,9-9,6	5,3-16,0	$\geq 3,0$	-	-

Таблица 3 – Максимальные значения шероховатости поверхности гирь

Шероховатость поверхности	Класс точности гирь			
	E ₁	E ₂	F ₁	F ₂
R _z , мкм	0,5	1	2	5
R _a , мкм	0,1	0,2	0,4	1
Для гирь номинальной массой более 50 кг, значения шероховатости в два раза превышают значения, приведенных в настоящей таблице				

Таблица 4 – Пределы допускаемых абсолютных значений остаточной намагниченности M , выраженные в единицах остаточной магнитной индукции $\mu_0 M$.

Максимальная остаточная магнитная индукция $\mu_0 M$, мкТл	Класс точности гирь				
	E ₁	E ₂	F ₁	F ₂	M ₁
	2,5	8	25	80	250

Таблица 5 – Пределы допускаемых абсолютных значений магнитной восприимчивости χ .

Номинальное значение массы гирь m	Максимальные значения магнитной восприимчивости гирь χ в зависимости от их класса точности			
	E_1	E_2	F_1	F_2
$m \leq 1$ г	0,25	0,9	10	–
2 г $\leq m \leq 10$ г	0,06	0,18	0,7	4
20 г $\leq m$	0,02	0,07	0,2	0,8

Таблица 6 – Пределы допускаемой абсолютной погрешности микрограммовых гирь $\pm \delta m$.

Номинальное значение массы гирь, мкг	Пределы допускаемой абсолютной погрешности микрограммовых гирь, $\pm \delta m$, мкг
500	2
300	2
200	2
100	2
50	2