

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
« 28 » июня 2021 г.

Зам. генерального директора
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»
Константин Владимирович

Государственная система обеспечения единства измерений

ГИРЯ МОДУЛЬНАЯ МАССОЙ 500 КГ КЛАССА ТОЧНОСТИ F₂

Методика поверки
МП 2301-197-2021

И.о. руководителя лаборатории
государственных эталонов и
научных исследований в области
измерений массы и силы
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

С.А. Семенов
« 28 » 06 2021 г.

Руководитель сектора НИЛ 23011
Ю.И. Каменских
« 28 » 06 2021 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1 Общие положения.....	3
2 Нормативные ссылки.....	3
3 Перечень операций поверки.....	3
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.....	5
10 Определение метрологических характеристик.....	5
11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям.....	9
12 Оформление результатов поверки.....	9
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	10
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	11

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на гирию модульную массой 500 кг класса точности F₂, зав. № 8 (далее - гирия), изготовленную ФБУ «Воронежский ЦСМ», (г. Воронеж) и устанавливает методы и средства ее первичной поверки, после ремонта и периодической поверки в процессе эксплуатации.

1.2 Поверка гирии модульной массой 500 кг класса точности F₂ в соответствии с настоящей методикой поверки обеспечивает передачу единицы массы от рабочего эталона 2-го разряда согласно Государственной поверочной схеме для средств измерений массы (далее – ГПС для средств измерений массы), что обеспечивает прослеживаемость к Государственному первичному эталону единицы массы ГЭТ 3-2020.

1.3 Метод поверки основан на определениях условной массы, абсолютной погрешности и расширенной неопределенности гирии сличением с эталонной гирией при помощи компаратора массы (далее – компаратор).

Если плотность окружающего воздуха ρ 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 гирии m , а значение условной массы гирии m_c вычисляют из значения массы гирии m .

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

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

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. Гирии классов E₁, E₂, F₁, F₂, M₁, M₁₋₂, M₂, M₂₋₃, M₃. Часть 1. Метрологические и технические требования. Испытания»;

– Государственная поверочная схема для средств измерений массы, утвержденная Приказом Росстандарта от 29 декабря 2018 г. № 2818;

– ГОСТ 1012-2013 «Бензины авиационные. Технические условия (с Изменениями N 4-14)».

3 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

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

Таблица 1 – Перечень операций поверки

Наименование операции	Номер пункта документа по поверке	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	8.1	Да	Да
2 Подготовка к поверке и опробование	9	Да	Да
3 Определение метрологических характеристик гири	10	-	-
3.1 Определение шероховатости поверхности	10.1	Да	Нет
3.2 Определение остаточной намагниченности	10.2	Да	Нет
3.3 Определение магнитной восприимчивости	10.3	Да	Нет
3.4 Определение условной массы и абсолютной погрешности	10.4	Да	Да

3.2 При получении отрицательных результатов при проведении последовательных операций по пп. 1, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 Таблицы 1 поверку прекращают и оформляют извещение о непригодности. В случае получения последовательных положительных результатов по каждому пункту поверку продолжают.

4 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПОВЕРКИ

Условия проведения поверки гири должны соответствовать условиям эксплуатации компараторов, с помощью которых осуществляется поверка.

Изменение температуры в помещении в течение 1 часа не должно превышать 2 °С с максимумом $\pm 3,5$ °С за 12 часов, относительная влажность воздуха от 40 % до 60 % с максимумом ± 15 % за 4 часа.

5 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

К проведению поверки допускаются лица, имеющие квалификацию поверителей, изучивших описание типа, руководство по эксплуатации и настоящую методику поверки, обладающие соответствующей квалификацией для работ с эталонным оборудованием.

6 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

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
8.1	-
9	-
10.1	Образцы шероховатости по ГОСТ 9378-93
10.2	Измеритель магнитной восприимчивости YSZ01C, пределы допускаемой относительной погрешности ± 15 %
10.3	
10.4	Рабочий эталон 2-го разряда по ГПС для средств измерений массы; термогигрометр ИВА-6Н-Д, рег. № в ФИФ 46434-11.

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 необходимо соблюдать следующие требования:

- правил безопасности при эксплуатации средств измерений, приведенных в таблице 2;
- правил по охране труда, действующих на месте проведения поверки.

8 ВНЕШНИЙ ОСМОТР

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие следующим требованиям:

- внешний вид гири должен соответствовать описанию типа;
- место нанесения знака утверждения типа должно соответствовать месту, указанному в описании типа;
- проверяют наличие оттиска поверительного клейма на подгоночном цилиндре (при периодической поверке), нанесенного по схеме, указанной в описании типа;
- конструкция, форма, комплектность и маркировка гири должны соответствовать требованиям ГОСТ OIML R 111-1–2009 и технической документации изготовителя;
- на поверхности гири 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 Поверяемую гирю следует разобрать на диски (38 штук), осевые штанги с фиксирующими гайками и пластину с отверстием (далее – крепление в сборе), подгоночный цилиндр.

9.2 Поверхности деталей поверяемой гири должны быть очищены от пыли и других загрязнений с помощью щетки или салфетки, смоченной бензином по ГОСТ 1012-2013. Время просушки гирь после очистки 1 час.

9.3 Очищенные гири должны пройти температурную стабилизацию в рабочем помещении не менее 8 часов.

9.4 Компаратор должен быть выдержан при температуре окружающего воздуха на рабочем месте не менее 12 часов.

9.5 Компаратор должен быть подготовлен к работе в соответствии с руководством по его эксплуатации.

9.6 Перед началом поверки следует выполнить 2-3 пробных нагружения компаратора гирями с номинальным значением массы 2, 3, 5 и 10 кг до достижения стабильных показаний.

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

10.1 Определение шероховатости поверхности

10.1.1 Шероховатость поверхности гири определить визуально в соответствии с ГОСТ OIML R111-1-2009, раздел В.5, с применением образцов шероховатости.

10.1.2 Гирю считают годной, если визуально установлено, что шероховатости всех поверхностей гири не превышают значений, приведенных в разделе 11, ГОСТ OIML R111-1-2009.

10.2 Определение остаточной намагниченности

10.2.1 Остаточную намагниченность гирь определить при первичной поверке.

10.2.2 При периодической поверке остаточную намагниченность гирь определить только в случае сомнения.

10.2.3 Остаточную намагниченность определить на одном диске из состава гири с применением измерителя магнитной восприимчивости YSZ0 методом, рекомендованным в ГОСТ OIML R111-1-2009, раздел В.6.4.

10.2.4 Гирю считают годной, если визуально установлено, что значение остаточной намагниченности не превышает значений, приведенных в разделе 9.1 ГОСТ OIML R111-1-2009.

10.3 Определение магнитной восприимчивости

10.3.1 Магнитную восприимчивость определить только при первичной поверке.

10.3.2 Магнитную восприимчивость определить на одном диске из состава гири с применением измерителя магнитной восприимчивости YSZ0 методом, рекомендованным в ГОСТ OIML R111-1-2009, раздел В.6.3 или раздел В.6.4.

Гирю считают годной, если значение магнитной восприимчивости не превышает значений, приведенных в разделе 9.2 ГОСТ OIML R111-1-2009.

10.4 Определение условной массы и абсолютной погрешности гири

Определение значения условной массы гири выполнить на основании единой условной плотности материала гирь 8000 кг/м^3 ; нормальной плотности окружающего воздуха $1,2 \text{ кг/м}^3$, без коррекции на выталкивающую силу воздуха.

Определение условной массы и абсолютной погрешности гири выполнить методом прямого (непосредственного сличения) при помощи компаратора методом замещения по схеме АВВА (А-эталонная гиря или сумма эталонных гирь, В-каждый i -ый диск, подгоночный цилиндр и крепление в сборе). При этом выполнить сличения каждого из 38 дисков (зав. №№ 2-1÷2-38), подгоночного цилиндра и крепления в сборе (всего 40 измерений) из состава поверяемой гири с эталонными гирями в соответствии с таблицей 3.

Таблица 3 – Порядок сличения гири с эталонными гирями

Обозначение составляющей части гири	Номинальная масса эталонных гирь
Диски зав. №№ (2-1÷2-31), (2-33÷2-37)	5 кг, 10 кг
Диски зав. №№ (2-32; 2-38)	5 кг
Подгоночный цилиндр	5 кг
Крепление в сборе	1 кг, 2 кг

Разность масс эталонной гири и каждого диска из состава поверяемой гири вычислить по формуле (1):

$$\Delta m_i(c) = \frac{1}{2} \left((I_{B1i} - I_{A1i}) + (I_{B2i} - I_{A2i}) \right), \quad (1)$$

где I_{B1i} и I_{B2i} - показания компаратора для диска из состава поверяемой гири;

I_{A1i} и I_{A2i} - показания компаратора для эталонной гири;

i - порядковый номер диска поверяемой гири, $i=1 \dots 38$.

Разность масс эталонной гири и подгоночного цилиндра из состава поверяемой гири вычислить по формуле (2):

$$\Delta m(y) = \frac{1}{2} \left((I_{B1} - I_{A1}) + (I_{B2} - I_{A2}) \right), \quad (2)$$

где I_{B1} и I_{B2} - показания компаратора для цилиндра из состава поверяемой гири;

I_{A1} и I_{A2} - показания компаратора для эталонной гири.

Разность масс эталонной гири и крепления в сборе из состава поверяемой гири вычислить по формуле (3):

$$\Delta m(k) = \frac{1}{2} \left((I_{B1} - I_{A1}) + (I_{B2} - I_{A2}) \right), \quad (3)$$

где I_{B1} и I_{B2} - показания компаратора для крепления в сборе из состава поверяемой гири;

I_{A1} и I_{A2} - показания компаратора для эталонной гири.

Условную массу каждого диска вычислить по формуле (4):

$$m_i(c) = m_A + \Delta m(c), \quad (4)$$

где m_A – условная масса эталонной гири «А».

Суммарную условную массу дисков ($i=38$) вычислить по формуле (5):

$$m(c) = \sum_{i=1}^{38} m_i(c). \quad (5)$$

Условную массу подгоночного цилиндра из состава гири вычислить по формуле (6):

$$m(u) = m_A + \Delta m(u). \quad (6)$$

Условную массу крепления в сборе из состава гири вычислить по формуле (7):

$$m(\kappa) = m_A + \Delta m(\kappa). \quad (7)$$

Условную массу поверяемой гири определить путем арифметического сложения значений условной массы всех 38 дисков ($m(c)$), подгоночного цилиндра ($m(u)$) и крепления в сборе ($m(\kappa)$) по формуле (8):

$$m(v) = m(c) + m(u) + m(\kappa). \quad (8)$$

Абсолютную погрешность поверяемой гири определить по формуле (9):

$$\Delta m(v) = m(v) - 500 \text{ кг}. \quad (9)$$

10.5 Расчет неопределенности результатов измерения условной массы гири

10.5.1 Суммарную стандартную неопределенность $u_c(m_{cl})$ значения условной массы диска находят по формуле (10):

$$u_c(m_{cl}) = \sqrt{u_w^2(\overline{\Delta m_c}) + u^2(m_A) + u_b^2 + u_{ba}^2}, \quad (10)$$

где $u_w(\overline{\Delta m_c})$ – стандартная неопределенность процесса взвешивания (оценка по типу А);

$u(m_{cr})$ – стандартная неопределенность массы эталонной гири 13 кг (оценка по типу В);

u_b – стандартная неопределенность определения поправки на действие выталкивающей силы воздуха (оценка по типу В);

u_{ba} – стандартная неопределенность компаратора (оценка по типу В).

10.5.2 Стандартная неопределенность результата взвешивания $u_w(\overline{\Delta m_c})$ представляет собой среднее квадратическое отклонение разности масс для n циклов измерений и вычисляется по формуле (11):

$$u_w(\overline{\Delta m_c}) = \frac{s(\Delta m_{ci})}{\sqrt{n}}, \quad (11)$$

где $s_{(\Delta m_{ci})} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta m_{ci} - \overline{\Delta m_c})^2}{n-1}}$ – СКО результатов единичных измерений на компараторе массы (СКО компаратора).

10.5.3 Стандартная неопределенность результата измерения условной массы эталонной гири $u(m_{cr})$ (оценка по типу В) рассчитывается по формуле (12):

$$u(m_{cr}) = \sqrt{\left(\frac{U}{k}\right)^2 + u_{inst}^2(m_A)}, \quad (12)$$

где U – расширенная неопределенность результата измерения условной массы эталонной гири, $k=2$;

$u_{inst}(m_A)$ – неопределенность, обусловленная нестабильностью эталонной гири.

В соответствии с ГОСТ OIML R 111-1-2009, пункт ДА.7.2.9 стандартную неопределенность поправки на действие выталкивающей силы воздуха u_b следует учитывать даже, если при определении условной массы расчеты выполняются на основании единой условной плотности материала гирь 8000 кг/м^3 и нормальной плотности окружающего воздуха $1,2 \text{ кг/м}^3$, без коррекции на выталкивающую силу воздуха.

При этом стандартную неопределенность поправки на действие выталкивающей силы воздуха u_b вычисляют по формуле (13):

$$u(b) = \sqrt{\frac{1}{3} \left[m_A (\rho_a - \rho_0) \cdot \left(\frac{1}{\rho'_i} - \frac{1}{\rho'_r} \right) \right]^2} \quad (13)$$

где ρ_a – плотность воздуха во время измерений, кг/м^3 ;

ρ_0 – нормальная плотность воздуха, равная $1,2 \text{ кг/м}^3$;

ρ'_i, ρ'_r – значения плотностей материала поверяемой и эталонной гири, при которых

разность $\left(\frac{1}{\rho'_r} - \frac{1}{\rho'_i} \right)$ может достигать максимального значения.

Плотность воздуха во время измерений ρ_a определяется в соответствии с рекомендацией МКМВ и приведенным в ней «уравнением для определения плотности влажного воздуха 1981/91». Формула МКМВ приведена в международной рекомендации ГОСТ OIML R111-1-2009, Приложение Е.

В соответствии с ГОСТ OIML R111-1-2009 стандартную неопределенность поправки на действие выталкивающей силы воздуха u_b следует учитывать даже, если поправка на выталкивающую силу воздуха пренебрежимо мала и не учитывается при определении условной массы гири.

10.5.4 Суммарную стандартную неопределенность измерений на компараторе u_{ba} вычисляют по формуле (14):

$$u_{ba} = \sqrt{u_s^2 + u_d^2}, \quad (14)$$

10.5.5 Неопределенность, обусловленная чувствительностью компаратора u_s , вычисляется по формуле (15):

$$u_s^2 = \left(\overline{\Delta m_c} \right)^2 \left(\frac{u^2(m_s)}{m_s^2} \right), \quad (15)$$

где $\overline{\Delta m_c}$ – среднее значение разности масс сличаемых гирь;

m_s – масса гири, применяемой для юстировки компаратора;

$u(m_s)$ – неопределенность условной массы гири m_s .

10.5.6 Неопределенность, обусловленная разрешением дисплея компаратора u_d (действительным интервалом шкалы d), вычисляется по формуле (16):

$$u_d = \left(\frac{d/2}{\sqrt{3}} \right) \sqrt{2}. \quad (16)$$

10.5.7 Выполнить расчет стандартной неопределенности условной массы для цилиндра $u_c(m_u)$ и стандартной неопределенности условной массы для крепления в сборе $u_c(m_k)$ аналогично в соответствии с пп. 10.5.1-10.5.6.

10.5.8 Суммарную стандартную неопределенность $u(m_B)$ поверяемой гири рассчитать по формуле (17):

$$u_c(m_B) = u_c(m_{ct}) \cdot 38 + u_c(m_u) + u_c(m_k). \quad (17)$$

10.5.9 Расширенная неопределенность $U(m_B)$ измерения условной массы поверяемой гири при доверительной вероятности 0,95 ($k=2$) рассчитать по формуле (18):

$$U(m_B) = u_c(m_B) \cdot k. \quad (18)$$

10.5.10 Расширенная неопределенность результатов измерений условной массы $U(m_B)$ при доверительной вероятности 0,95 ($k=2$) не должна превышать одной трети пределов допускаемой абсолютной погрешности и должно выполняться условие:

$$U(m_B) \leq 1/3 \cdot \delta m$$

Условная масса гири m_s , определенная с расширенной неопределенностью $U(m_B)$, не должна отличаться от своего номинального значения массы гири m_0 более, чем на предел допускаемой погрешности δm минус расширенная неопределенность:

$$m_0 - (\delta m - U(m_s)) \leq m_s \leq m_0 + (\delta m - U(m_s)).$$

Результаты измерений и вычислений занести в Протокол, форма которого утверждена в установленном порядке.

11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 Обработка результатов измерений осуществляется по пп. 10.4-10.5 настоящей методики поверки.

11.2 Метрологические характеристики гири должны соответствовать требованиям, предъявляемым к рабочему эталону единицы массы 3 разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой 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, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений и оформляют в соответствии с ДА.8 Приложения ДА ГОСТ OIML R 111-1-2009.

Знак поверки на гирю наносится в виде оттиска на пломбу подгоночного цилиндра по 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 несоответствии гири требованиям, предъявляемым к рабочему эталону 3 разряда, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)

**Метрологические и основные технические характеристики
гири модульной массой 500 кг класса точности F₂**

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Класс точности по ГОСТ OIML R 111-1-2009	F ₂
Номинальное значение массы, кг	500
Пределы допускаемой абсолютной погрешности, г	±8,0

Таблица 2 – Основные технические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Значение остаточной магнитной индукции, мкТл, не более	80
Значение магнитной восприимчивости χ , не более	0,8
Диапазон допускаемых значений плотности материала гири, $10^3 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$	от 6,4 до 10,7
Значение шероховатости поверхности гири R_z/R_a , мкм, не более	5/1
Габаритные размеры, мм, не более (высота; диаметр)	660; 365
Средняя наработка до отказа, ч	4000
Средний срок службы, лет	30

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(рекомендуемое)

Всего листов ____ Лист ____

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ

№ _____ от _____ 20 ____ г. к свидетельству о поверке

№ ЛЛЛЛ/XXXX-20XX от _____ 20 ____ г.

Наименование средства измерений (эталона), тип	Гиря модульная массой 500 кг класса точности F₂
Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде	
Заводской, серийный, инвентарный или номенклатурный номер (если имеется информация)	8
Изготовитель (если имеется информация)	ФБУ «Воронежский ЦСМ»
Год выпуска (если имеется информация)	
Заказчик (наименование и юридический адрес)	ФБУ «Воронежский ЦСМ»
Дата предыдущей поверки	
Адрес места выполнения поверки (если поверка выполняется на территории Заказчика)	

Вид поверки _____

Методика поверки: «ГСИ. Гиря модульная массой 500 кг класса точности F₂. Методика поверки МП 2301-197-2021», согласованная ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» 25 мая 2021 г.

Средства поверки:

Наименование и регистрационные номера эталона, СИ, СО в Федеральном информационном фонде	

Условия поверки:

Условия проведения поверки гири должны соответствовать условиям эксплуатации компараторов, с помощью которых осуществляется поверка.

Изменение температуры в помещении в течение 1 часа не должно превышать 2 °С с максимумом ±3,5 °С за 12 часов, относительная влажность воздуха от 40 % до 60 % с максимумом ±15 % за 4 часа.

