

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



УТВЕРЖДАЮ
И.о. директора ФГУП
«ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

А. Н. Пронин
М.п. «24» октября 2018 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**Гири 2000 кг
класса точности M_1**

**Методика поверки
МП 2301-0177-2018**

Руководитель лаборатории
госэталонов и научных
исследований в области
измерений массы и силы
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»
А.Ф. Остривной
«24» _____ 2018 г.

Разработчик
Ю.И. Каменских
«22» 10 2018 г.

г. Санкт-Петербург
2018 г.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	3
1. Операции и средства поверки	3
2. Требования безопасности	4
3. Условия поверки	4
4. Подготовка к поверке	5
5. Проведение поверки	8
5.1 Внешний осмотр	8
5.2 Определение метрологических характеристик	8
5.2.1 Определение абсолютной погрешности массы гири	8
6. Неопределенность результата измерений	9
7. Оформление результатов поверки	10
Приложение А. Форма протокола определение абсолютной погрешности суммарной массы комплекта замещающих грузов	11
Приложение Б. Форма протокола поверки гири 2000 кг класса точности M_1 Определение абсолютной погрешности массы гири по схеме цикла «ABBA»	12
Приложение В. Пример расчета неопределенности	13

Введение

Настоящая методика поверки распространяется на Гири 2000 кг класса точности M_1 (далее - гири) и устанавливает методику их первичной и периодической поверки.

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.

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.

Интервал между поверками – 1 год.

П р и м е ч а н и е – Настоящая методика относится к условной массе гирь, определение которой дано в рекомендации Международной организации законодательной метрологии OIML R 111-1-2004.

1 ОПЕРАЦИИ И СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

1.1 При проведении поверки должны быть выполнены следующие операции и применены средства измерений с характеристиками, указанными в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Средства поверки, их метрологические характеристики
1	2	3
1 Внешний осмотр	5.1	Визуально
2 Определение метрологических характеристик:	5.2	
2.1 Определение абсолютной погрешности гирь (отклонение от номинального значения)	5.2.	Гиря 2-го разряда по ГОСТ 8.021-2015 массой 20 кг ; Компаратор массы НПВ не менее 20 кг, СКО не более 33,3 мг , цена деления d не более 20 мг; комплект замещающих грузов – 100 гирь параллелепипедной формы каждая массой $20 \text{ кг} \pm 5 \text{ г}$ общей массой $2000 \text{ кг} \pm 500 \text{ г}$; Компаратор массы НПВ не менее 2000 кг, СКО не более 11,1 г , цена деления d не более 20 г.

Примечания:

1. Средства поверки, на которые дана ссылка в таблице 1, могут быть заменены аналогичными, обеспечивающими требуемую точность и пределы измерений.
2. Допускается взамен гири 20 кг -эталона 2- го разряда использовать две гири массой 10 кг класса точности F_1 по ГОСТ OIML R111-1-2009, соответствующих эталонам 2- разряда по ГОСТ 8.021-2015.
3. Допускается взамен комплекта замещающих грузов (100 шт.) применять гирю массой 2000 кг , либо четыре гири массой 500 кг, либо две гири массой 1000 кг класса точности F_2 по ГОСТ OIML R111-1-2009, соответствующих эталонам 3- го разряда по ГОСТ 8.021-2015.
4. Все используемые средства измерений должны быть поверены, а эталоны должны быть аттестованы в установленном порядке.

2 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

2.1 При проведении поверки должны быть соблюдены общие правила техники безопасности в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.003 «Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности», а также требования безопасности и меры предосторожности, указанные в эксплуатационной документации на применяемые средства измерений и оборудование.

3 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия.

3.1.1 Операции по всем пунктам настоящей методики проводят при любом сочетании значений влияющих факторов, соответствующим условиям эксплуатации поверяемых гирь.

3.1.2 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха от $+18$ до $+27^{\circ}\text{C}$;
- изменение температуры в помещении в течение 1 часа не должно превышать 2°C при выполнении операции по п. 4.1.7 настоящей методики;
- изменение температуры в помещении в течение 1 часа не должно превышать 3°C при выполнении операции по п. 5.2. настоящей методики;
- относительная влажность воздуха от 30 до 80 %.

3.1.3 При поверке плотность материала гирь принимают равной 8000 кг/м^3 и плотность окружающего воздуха равной $1,2 \text{ кг/м}^3$.

3.2 В помещении не должно быть воздушных потоков и ощутимых вибраций.

3.3 Требования к квалификации поверителей

Специалисты, проводящие поверку, должны иметь высшее или среднее техническое образование и быть аттестованными в качестве поверителей в соответствующей области измерений, должны изучить правила работы с поверяемым средством измерений и обладать соответствующей квалификацией для работы с эталонным оборудованием.

4 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

4.1 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы.

4.1.1 Поверхность поверяемых гирь и замещающих грузов должна быть очищена от пыли и других загрязнений с помощью щетки и ветоши, смоченной бензином по ГОСТ 1012-72 «Бензины авиационные. Технические условия».

4.1.2 До проведения измерений очищенные гири и замещающие грузы должны пройти температурную стабилизацию рядом с применяемыми компараторами.

4.1.3 Применяемые компараторы должны быть выдержаны при температуре окружающего воздуха на рабочем месте не менее 2 часов.

4.1.4 Применяемые компараторы должны быть подготовлены к работе в соответствии с их Руководствами по эксплуатации.

4.1.5 Перед использованием компараторов массы необходимо выполнить несколько пробных нагружений до достижения стабильных показаний.

В рамках работ по подготовке к проведению поверки гирь, определяют СКО компараторов массы, применяемых при поверке. Полученные значения СКО компараторов не должны превышать метрологические характеристики, указанные в таблице 1.

4.1.6 Отбирают замещающие грузы (пронумерованные гири параллелепипедной формы), каждая массой около 20 кг и суммарной массой около 2000 кг; так, чтобы отклонение от номинальной массы 20 кг отдельных грузов не превышало ± 5 г.

4.1.7 Определение отклонения массы каждого замещающего груза, обозначенной «В», следует проводить на компараторе массы (НПВ не менее 20 кг, СКО не более 33,3 мг, цена деления d не более 20 мг), методом сличения каждого отдельного груза с эталонной гирей, обозначенной, «А», массой 20 кг класса точности F_1 по схеме « $A_1B_1B_2A_2$ ». Абсолютную погрешность каждого отдельного груза – отклонение от номинального значения (20 кг) определить по формуле

$$\Delta m_{ci} = \Delta m_a + \frac{1}{2} [(I_{b1i} - I_{a1}) + (I_{b2i} - I_{a2})], \quad (1)$$

где Δm_{ci} – абсолютная погрешность массы i -го груза;

Δm_a – абсолютная погрешность массы эталонной гири 20 кг F_1 , из свидетельства о поверке (сертификата калибровки);

I_{b1} и I_{b2} – показание компаратора массы для i -го груза; при первом и последнем

измерении по схеме цикла « $A_1B_1B_2A_2$ ».

I_{a1} и I_{a2} - показания компаратора массы для эталонной гири при первом и последнем измерении по схеме цикла « $A_1B_1B_2A_2$ ».

Абсолютную погрешность массы комплекта замещающих грузов рассчитывают по формуле

$$\Delta m_{cA} = \sum_{i=1}^n \Delta m_{ci}, \quad (2)$$

Суммарную массу комплекта замещающих грузов рассчитывают по формуле

$$m_c = 20 \cdot n + \sum_{i=1}^n \Delta m_{ci}, \quad (3)$$

где n – число замещающих грузов ($n=100$ шт.)

Стандартную неопределенность измерения суммарной массы комплекта замещающих грузов рассчитывают по формуле

$$u(m_c) = \sqrt{\frac{n^2 \times \delta_m^2}{3} + n \times u^2(I_{комп})}, \quad (4)$$

где δ_m -предел допускаемой погрешности эталонной гири 2-го разряда массой 20 кг;

$u(I_{комп})$ – стандартная неопределенность единичного измерения с помощью компаратора массы используемого при вычислении отклонения массы замещающих грузов от номинального значения.

$$u(I_{комп}) = \sqrt{u_{A20}^2 + \Theta_{20}^2}, \quad (5)$$

где u_{A20} - СКО компаратора из состава эталона 2-го разряда;

Θ_{20} -неисключенная систематическая составляющая погрешности компаратора;

4.2. Определение СКО компаратора и неисключенной систематической составляющей погрешности компаратора проводят многократными измерениями по методу замещения. При этом выполняют не менее 5 циклов измерений по схеме $ABBA$.

Процедуру определения СКО компаратора необходимо выполнить при значении массы нагрузки « A », соответствующей 20 кг. В качестве нагрузки « B » применяют ту же гирю « A » плюс дополнительную гирю с известной массой $m_{дон}$, равной 1 г (максимально допустимому значению погрешности поверяемой гири) « B » = « A » + $m_{дон}$.

Измерения выполняют в следующей последовательности:

- устанавливают нулевые показания компаратора;
- помещают в центр платформы компаратора нагрузку « A »;
- после стабилизации показаний их обнуляют;
- снимают нагрузку « A » и после стабилизации показаний по истечении оптимального времени для считывания результата снова ставят в центр платформы нагрузку « A »;

- после стабилизации снимают показание и записывают показание A_1 ;
- снимают нагрузку «А» и после стабилизации показаний ставят в центр платформы нагрузку «В» = «А» + $m_{дон}$;
- после стабилизации записывают показание B_1 ;
- снимают нагрузку «В» и после стабилизации показаний снова ставят в центр платформы нагрузку «В»;
- после стабилизации записывают показание в графу B_2 ;
- снимают нагрузку «В» и после стабилизации показаний ставят в центр платформы нагрузку «А»;
- после стабилизации записывают показание в графу A_2 ;
- продолжают снимать показания, нагружая и разгружая компаратор через равные промежутки времени по схеме «АВВА». Количество циклов сличений «АВВА» $N=5$.

Вычисляют и записывают значение первых разностей $(B_i - A_i)$

где $i = 1...20$. Вычисляют двойные разности x_n по формулам:

$$x_1 = \frac{(B_1 - A_1) + (B_2 - A_2)}{2}; x_2 = \frac{(B_3 - A_3) + (B_4 - A_4)}{2}; \dots x_5 = \frac{(B_9 - A_9) + (B_{10} - A_{10})}{2}. \quad (6)$$

Затем вычисляют среднее арифметическое значение из 5 разностей x_n по формуле

$$\overline{x_N} = \frac{\sum_{N=1}^5 x_N}{5}. \quad (7)$$

Вычисляют СКО компаратора S по формуле

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{N=1}^5 (x_N - \overline{x_N})^2}{(N-1)}}, \quad (8)$$

где:

N - число циклов сличений;

x_n - разность значений массы сличаемых гирь, полученная по результату N -го цикла сличений по схеме АВВА (двойная разность);

$\overline{x_N}$ - среднее арифметическое значение из 5 разностей x_n где $N = 1...5$.

СКО компаратора должно не превышать значений, указанных в таблице 1.

Неисключенную систематическую составляющую погрешности соответствующего измеряемой нагрузки компаратора $\Theta_{НПВ}$ определяют по формуле

$$\Theta_{НПВ} = \overline{x_N} - m_{дон}, \quad (9)$$

Аналогично измеряют метрологические характеристики компаратора массы с НПВ не менее 2000 кг.

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

Показания компаратора при измерении отклонения массы каждого замещающего груза следует регистрировать. Форма протокола приведена в Приложении А.

По окончании определения суммарной массы комплекта замещающих грузов приступают к поверке гирь 2000 кг. Результаты измерений массы комплекта замещающих грузов актуальны только в период проведения поверки гирь 2000 кг класса точности M_1 .

5 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

5.1 Внешний осмотр

5.1.1 При внешнем осмотре поверяемой гири должно быть установлено ее соответствие следующим требованиям:

- поверхность гирь, форма, маркировка, комплектность гирь должны соответствовать требованиям ГОСТ OIML R111-1-2009;
- на поверхности гирь не должно быть трещин, сколов, следов коррозии.

5.2 Определение метрологических характеристик

5.2.1 Определение абсолютной погрешности массы гирь

Определение абсолютной погрешности гирь массой 2000 кг проводят, используя компаратор массы (НПВ не менее 2000 кг). Компарируют поверяемую гирю «В» с комплектом замещающих грузов «А» по схеме цикла «АВВА», выполняя не менее одного цикла взвешивания, снимая показания через равные промежутки времени.

Абсолютную погрешность поверяемой гири рассчитывают по формуле

$$\Delta M_B = \sum_{j=1}^N \frac{1}{2} (B_{1j} - A_{1j} - A_{2j} + B_{2j}) + \Delta m_{сА}, \quad (10)$$

где B_{1j} и B_{2j} - показания компаратора при измерении поверяемой гири для j -го цикла;
 A_{1j} и A_{2j} показания компаратора при измерении комплекта замещающих грузов для j -го цикла,

П р и м е ч а н и е: В случае применения в качестве эталона «А» гири массой 2000 кг или четырех гирь массой 500 кг, либо двух гирь массой 1000 кг класса точности F_2 по ГОСТ OIML R111-1-2009, соответствующих эталонам 3-го разряда по ГОСТ 8.021-2015, $\Delta m_{сА}$ — абсолютная погрешность массы (сумма погрешностей) эталонных гирь, приведенная в их свидетельствах о поверке.

Для гирь класса точности M_1 корректирующий фактор на выталкивающую силу воздуха пренебрежимо мал и в соответствии с п. С.5.1.2 OIML R 111-1-2009 не учитывают.

Массу поверяемой гири находят по формуле

$$M_B = m_{\text{ном}} + \Delta M_B, \quad (11)$$

где $m_{\text{ном}}$ - номинальная масса поверяемой гири.

Результаты измерений заносятся в протокол поверки гири. Форма протокола приведена в Приложении Б.

Все измеренные значения массы поверяемой гири должны соответствовать требованиям раздела 5 ГОСТ OIML R 111-1-2009.

6. НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ РЕЗУЛЬТАТА ИЗМЕРЕНИЙ

6.1 В рамках работ по подготовке к проведению поверки гирь 2000 кг класса точности M_1 , определяют СКО компараторов массы, применяемых при поверке. Результаты измерений СКО компараторов используют для оценки неопределённости по типу А.

Суммарную неопределенность u_c рассчитывают по формуле

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u_B^2}, \quad (12)$$

где u_A и u_B - стандартные неопределенности по типу А и В соответственно.

Стандартная неопределенность u_A по типу А рассчитывается по формуле

$$u_A = \sqrt{u_{A2000}^2 + \Theta_{2000}^2 + u_{d2000}^2}, \quad (13)$$

где u_{A2000} - СКО компаратора (НПВ не менее 2000 кг);

Θ_{2000} - неисключенная систематическая составляющая погрешности компаратора

(НПВ не менее 2000 кг);

u_{d2000}^2 - неопределенность, связанная с дискретностью компаратора, определенная в соответствии с п. ДА.7.2.6.2 ГОСТ OIML R 111-1-2009.

При поверке гирь с применением эталона 3-го разряда суммарная стандартная неопределенность измерения массы (отраженная в их свидетельствах о поверке) принимается в качестве стандартной неопределенности по типу В.

Выбор средств поверки с тройным запасом по точности по отношению к поверяемой гире и применяемый метод компарирования масс позволяют считать составляющие неопределенности, связанные с дискретностью индикации компаратора на 20 кг, а так же составляющие неопределенности, связанные с плотностью окружающего воздуха и плотностью материала гирь пренебрежимо малыми. Стандартная неопределенность измерения суммарной массы комплекта заме-

щающих грузов, рассчитанная по формуле (4), вносит основной вклад в бюджет стандартной неопределенности по типу В.

$$u_B = u(m_c) \quad (14)$$

Расширенную неопределенность результата измерений абсолютной погрешности поверяемой гири рассчитывают по формуле

$$U(\Delta M_B) = 2u_c = 2\sqrt{u_A^2 + u^2(m_c)} \quad (15)$$

6.2 Расширенная неопределенность результата измерений абсолютной погрешности поверяемой гири (далее – расширенная неопределенность) $U(\Delta M_B)$ не должна превышать 1/3 предела допускаемой погрешности δm , указанной в таблице 1 ГОСТ OIML R111-1-2009.

6.3 Результат поверки считается положительным, если значение абсолютной погрешности гири не превышает предела допускаемой абсолютной погрешности минус расширенная неопределенность результата измерений

$$|\Delta M_B| \leq (\delta m - U(\Delta M_B)) \quad (16)$$

Пример расчета неопределенности представлен в Приложении В.

7 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

7.1 Результаты поверки оформляются протоколом поверки.

При положительных результатах поверки оформляется свидетельство о поверке установленного образца. Знак поверки наносится на закрепительные штифты, блокирующие доступ к подгоночным полостям гири, методом клеймения (пломбирования).

7.2 В случае отрицательных результатов поверки гирию к применению не допускают, поверительное клеймо гасят и выдают извещение о непригодности.

Форма протокола

Протокол № _____

*определение абсолютной погрешности суммарной массы комплекта замещающих грузов -
гирь 20 кг (100 шт.)*

Место проведения поверки: _____

Поверка проведена в соответствии с документом: МП № 2301-0177-2018

«ГСИ. Гири 2000 кг класса точности М₁. Методика поверки»

С применением эталонных средств :

гиря массой _____ кг s/n _____

Абсолютная погрешность массы эталонной гири (гирь) кг $\Delta m_a =$ _____

Компаратор массы: _____ ; Дискретность: _____ г; СКО: _____ г;

Условия проведения поверки:

Температура, t _____ °С; Относительная влажность, φ _____ %;

1. Определение метрологических характеристик:

№ груза	Показания компаратора				Значение разности	Абсолютная погрешность массы
	$I_{a1},$ г	$I_{b1},$ г	$I_{b2},$ г	$I_{a2},$ г	$\frac{1}{2}[(I_{b1} - I_{a1}) + (I_{b2} - I_{a2})]$ г	$\Delta m_{ci},$ г
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
...		...			...	...
i						

Абсолютная погрешность массы комплекта замещающих грузов, г	$\Delta m_{cA} = \sum_{i=1}^n \Delta m_{ci}$	г
Суммарная масса комплекта замещающих грузов, кг	$m_c = 20 \cdot n + \sum_{i=1}^n \Delta m_{ci}$	кг

Поверитель:

Дата: “ _____ ” _____ 20 г.

Форма протокола поверки гири 2000 кг класса точности М₁
Определение абсолютной погрешности массы гири по схеме цикла «АВВА»

Протокол № _____

Средство измерений: гиря массой 2000 кг класс точности М₁

Заводской номер : _____

Место проведения поверки: _____

Поверка проведена в соответствии с документом: МП № 2301-0177-2018

«ГСИ. Гиря 2000 кг класса точности М₁. Методика поверки»

С применением эталонных средств : _____

Компаратор массы: _____ ; Дискретность: _____ г;

СКО: _____ г ; НСП: _____ г;

Абсолютная погрешность массы эталонной гири (гирь) кг $\Delta m_a =$

Условия проведения поверки:

Температура, t _____ °С; Относительная влажность, φ _____ %;

Номинальная масса поверяемой гири $m_{ном} = 2000$ кг

2. Внешний осмотр: _____

3. Определение метрологических характеристик:

Показания компаратора, г		$\frac{1}{2}(B_{1j} - A_{1j} - A_{2j} + B_{2j}) + \Delta m_a$	Абсолютная погрешность поверяемой гири, ΔM_B , г	Расширенная неопределенность измерения массы при k=2
A_1				
B_1				
B_2				
A_2				

Масса поверяемой гири $M_B = m_{ном} + \Delta M_B$ _____ кг

Заключение: _____

Поверитель: _____ Дата: “ _____ ” _____ 20 г.

Пример расчета неопределенности

Поверка гири массой 2000 кг класса точности М₁,
 пределы допускаемой погрешности ± 100 г.
 1/3 предела допускаемой погрешности $\delta_m = 33,3$ г

Средства поверки :

- гиря массой 20 кг соответствующая эталону 2-го разряда по ГОСТ 8.021-2015;

δ_m - пределы допускаемой погрешности $\pm 0,1$ г;

- компаратор массы WPM 25/КО

метрологические характеристики компаратора :

u_{A20} -неопределенность по типу А (СКО компаратора)= 0,014 г;

Θ_{20} -неисключенная систематическая составляющая погрешности компаратора = 0,017 г;

- замещающие грузы в количестве $n = 100$ шт;

- компаратор массы НХ2100/КО (d=20 г):

метрологические характеристики компаратора :

u_{A2000} -неопределенность по типу А (СКО компаратора)= 4,5 г;

Θ_{2000} -неисключенная систематическая составляющая погрешности компаратора = 8 г;

$u(I_{\text{комп}})$ – стандартная неопределенность единичного измерения с помощью компаратора массы с НПВ не менее 20 кг.

$$u(I_{\text{комп}}) = \sqrt{0,014^2 + 0,017^2} = 0,022 \text{ г}$$

Стандартную неопределенность измерения суммарной массы комплекта замещающих грузов

$$u(m_c) = \sqrt{\frac{100^2 \times 0,1^2}{3} + 100 \times 0,022^2} = 5,8 \text{ г}$$

Стандартная неопределенность u_A по типу А

$$u_A = \sqrt{4,5^2 + 8^2 + 8,2^2} = 12,31 \text{ г}$$

Стандартная неопределенность по типу В

$$u_B = 5,8 \text{ г}$$

Суммарная неопределенность u_c

$$u_c = \sqrt{12,31^2 + 5,8^2} = 13,6 \text{ г}$$

Расширенная неопределенность результата измерений абсолютной погрешности поверяемой гири $U(\Delta M_B)$

$$U(\Delta M_B) = 2u_c = 27,2 \text{ г}$$

$$27,2 \text{ г} < 33,3 \text{ г}$$

Вывод: Расширенная неопределенность результата измерений абсолютной погрешности поверяемой гири $U(\Delta M_B)$ не превышает 1/3 предела допускаемой погрешности δm , что соответствует требованиям ГОСТ OIML R111-1-2009 и п.6.2 настоящей методики.