

**КАЛИБРОВКА ГИРИ С
НОМИНАЛЬНЫМ ЗНАЧЕНИЕМ
МАССЫ 10 КГ**

*Бурмистрова Н.А.
ВНИИМ им. Д.И. Менделеева*

УСЛОВИЕ

Калибровка гири с номинальным значением массы 10 кг класса М1 МОЗМ производится методом сравнения с эталонной гирей (класс F2 МОЗМ) того же номинального значения при помощи компаратора, технические характеристики которого были предварительно определены.

Масса калибруемой гири m_x определяется по уравнению измерения:

$$m_x = m_s + \delta m_D + \delta m + \delta m_c + \delta B,$$

где:

m_s – масса эталонной гири;

δm_D – значения дрейфа эталонной гири после ее последней калибровки;

δm – наблюдаемая разность между массами калибруемой гири и эталонной;

δm_c – поправка на эксцентриситет и магнитное воздействие;

δB – поправка на выталкивающую силу в воздушной среде.

АПРИОРНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Эталонная гиря (m_s): в сертификате калибровки эталонной гири приводится значение 10 000,005 г с соответствующей расширенной неопределенностью 45 мг (коэффициент охвата $k = 2$).

Значение дрейфа эталонной гири (δm_D): отклонение значения эталонной гири оценено из предыдущих калибровок, как ноль ± 15 мг.

Компаратор (δm , δm_c): предыдущее определение разности между двумя гирями одинакового номинального значения дает **суммарную оценку стандартного отклонения 25 мг**. Для компаратора никакой коррекции не применяется. Таким образом, колебание из-за эксцентриситета и магнитного воздействия оценивается как жесткие пределы ± 10 мг.

Выталкивающая сила в воздушной среде: никаких поправок на выталкивающую силу в воздушной среде не производится, пределы отклонения оцениваются как $\pm 1 \times 10^{-6}$ от номинального значения.

Корреляция: ни одна из входных величин не считается коррелируемой в значительной степени.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ

Измерения: проводятся три наблюдения разности между значениями масс калибруемой и эталонной гирями методом замещения по схеме замещения АББА АББА АББА:

№	Условная масса гирь		Показания	Наблюдаемая разность
1	Эталонная		+ 0,010 г	
	Калибруемая		+ 0,020 г	
	Калибруемая		+ 0,025 г	
	Эталонная		+ 0,015 г	
2	Эталонная		+ 0,025 г	
	Калибруемая		+ 0,050 г	
	Калибруемая		+ 0,055 г	
	Эталонная		+ 0,020 г	
3	Эталонная		+ 0,025 г	
	Калибруемая		+ 0,035 г	
	Калибруемая		+ 0,040 г	
	Эталонная		+ 0,020 г	

УРАВНЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Условная масса калибруемой гири m_x выводится из выражения:

$$m_x = m_s + \delta m_D + \delta m + \delta m_c + \delta B ,$$

где:

m_s – условная масса эталонной гири;

δm_D – значение дрейфа эталонной гири после ее последней калибровки;

δm – разность показаний компаратора при измерении масс калибруемой и эталонной гирь;

δm_c – поправка на эксцентриситет и магнитное воздействие;

δB – поправка на выталкивающую силу в воздушной среде.

БЮДЖЕТ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

$$m_x = m_s + \delta m_D + \delta m + \delta m_c + \delta B$$

Входная величина, X_i	Оценка x_i, Γ	Стандартная неопределенность $u(x_i)$, МГ	Распределение вероятностей/тип оценивания	Коэффициент чувствительности, c_i	Вклад неопределенности $u_i(y)$, МГ
m_s					
δm_D					
δm					
δm_c					
δB					

ЗНАЧЕНИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ ВХОДНЫХ ВЕЛИЧИН

$$m_x = m_s + \delta m_D + \delta m + \delta m_c + \delta B$$

Эталонная гиря (m_s): в сертификате калибровки эталонной гири приводится значение 10 000,005 г с соответствующей расширенной неопределенностью 45 мг (коэффициент охвата $k = 2$).

$$u(m_s) = \frac{U(m_s)}{2} = \frac{45}{2} = 22,5 \text{ мг}$$

Входная величина, X_i	Оценка x_i , г	Стандартная неопределенность $u(x_i)$, мг	Распределение вероятностей/тип оценивания	Коэффициент чувствительности, c_i	Вклад неопределенности $u_i(y)$, мг
m_s	10000,005	22,5	Нормальное/В	1.0	22,5

ЗНАЧЕНИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ ВХОДНЫХ ВЕЛИЧИН

$$m_x = m_s + \delta m_D + \delta m + \delta m_c + \delta B$$

Значение дрейфа эталонной гири (δm_D): отклонение значения эталонной гири оценено из предыдущих калибровок, как ноль, а границы значений дрейфа эталонной гири как ± 15 мг.

$$u(\delta m_D) = \frac{15}{\sqrt{3}} = 8,67 \text{ мг}$$

Входная величина, X_i	Оценка x_i , г	Стандартная неопределенность $u(x_i)$, мг	Распределение вероятностей/тип оценивания	Коэффициент чувствительности, c_i	Вклад неопределенности $u_i(y)$, мг
δm_D	0,000	8,67	Прямоугольное/В	1.0	8,67

ИЗМЕРЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ КОМПАРАТОРА

$$m_x = m_s + \delta m_D + \delta m + \delta m_c + \delta B$$

Измерения: проводятся три наблюдения разности между значениями масс калибруемой и эталонной гирями методом замещения по схеме замещения АББА АББА АББА:

№	Условная масса гирь	Показания	
1	Эталонная	+ 0,010 г	$\frac{0,020 + 0,025 - 0,010 - 0,015}{2} = +0,01 \text{ г}$
	Калибруемая	+ 0,020 г	
	Калибруемая	+ 0,025 г	
	Эталонная	+ 0,015 г	
2	Эталонная	+ 0,025 г	+0,03 г
	Калибруемая	+ 0,050 г	
	Калибруемая	+0,055 г	
	Эталонная	+0,020 г	
3	Эталонная	+0,025 г	+0,02 г
	Калибруемая	+0,045 г	
	Калибруемая	+0,040 г	
	Эталонная	+0,020 г	

ЗНАЧЕНИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ ВХОДНЫХ ВЕЛИЧИН

$$m_x = m_s + \delta m_D + \delta m + \delta m_c + \delta B$$

Компаратор (δm): предыдущее определение разности между двумя гирями одинакового номинального значения дает суммарную оценку стандартного отклонения 25 мГ.

Среднее арифметическое:
$$\delta \bar{m} = \frac{0,01+0,03+0,02}{3} = 0,020 \text{ г}$$

Суммарная оценка стандартного отклонения, полученная из предыдущих вычислений:
$$S_P(\delta m) = 25 \text{ мГ}$$

Стандартная неопределенность:
$$u(\delta m) = s(\delta \bar{m}) = \frac{S_P(\delta m)}{\sqrt{3}} = \frac{25}{\sqrt{3}} = 14,4 \text{ мГ}$$

Входная величина, X_i	Оценка x_i , Г	Стандартная неопределенность $u(x_i)$, мГ	Распределение вероятностей/тип оценивания	Коэффициент чувствительности, c_i	Вклад неопределенности $u_i(y)$, мГ
δm	0,020	14,4	Нормальное/А	1.0	14,4

ЗНАЧЕНИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ ВХОДНЫХ ВЕЛИЧИН

$$m_x = m_s + \delta m_D + \delta m + \delta m_c + \delta B$$

Изменение значения массы из-за эксцентриситета и магнитного воздействия (δm_c) оценивается в пределах ± 10 мг.

$$u(\delta m_c) = \frac{10}{\sqrt{3}} = 5,77 \text{ мг}$$

Выталкивающая сила в воздушной среде: никаких поправок на выталкивающую силу в воздушной среде не вводится, влияние оценивается в пределах ± 10 мг

$$u(\delta B) = \frac{10}{\sqrt{3}} = 5,77 \text{ мг}$$

Входная величина, X_i	Оценка x_i , Г	Стандартная неопределенность $u(x_i)$, мг	Распределение вероятностей/тип оценивания	Коэффициент чувствительности, c_i	Вклад неопределенности $u_i(y)$, мг
δm_c	0,000	5,77	прямоугольное/В	1.0	5,77
δB	0,000	5,77	прямоугольное/В	1.0	5,77

БЮДЖЕТ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

$$m_x = m_s + \delta m_D + \delta m + \delta m_c + \delta B$$

Входная величина, X_i	Оценка x_i , Г	Стандартная неопределенность $u(x_i)$, МГ	Распределение вероятностей/тип оценивания	Коэффициент чувствительности, c_i	Вклад неопределенности $u_i(y)$, МГ
m_s	10000,005	22,5	Нормальное/В	1.0	22,5
δm_D	0,000	8,67	прямоугольное/В	1.0	8,67
δm	0,020	14,4	нормальное/А	1.0	14,4
δm_c	0,000	5,77	прямоугольное/В	1.0	5,77
δB	0,000	5,77	прямоугольное/В	1.0	5,77
m_x	10 000,025				29,2

Расширенная неопределенность: $U = k \times u(m_x) = 2 \times 29,2 \cong 59$ мг

Измеренная значение массы гири номинального значения 10 кг составляет 10,000025 кг \pm 59 мг ($k=2$, $P=0,95$).