

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ**

**НПО «ВНИИМ им. Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА»**

**МЕТОДИКА  
ПОВЕРКИ ОБРАЗЦОВЫХ  
И РАБОЧИХ СРЕДСТВ  
ИЗМЕРЕНИЙ МАГНИТНОГО МОМЕНТА  
МИ 191-79**

**Москва  
ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ  
1980**

**РАЗРАБОТАНА НПО «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»**

Генеральный директор Ю. В. Тарбеев  
Руководитель темы А. П. Щелкин  
Исполнители: Т. Г. Родичева, В. Н. Хорев

**ПОДГОТОВЛЕНА К УТВЕРЖДЕНИЮ лабораторией законодатель-  
ной метрологии**

Руководитель лаборатории М. Н. Селиванов  
Исполнитель ведущий инженер Е. А. Соколова

**УТВЕРЖДЕНА Научно-техническим советом НПО «ВНИИМ им.  
Д. И. Менделеева» 29 сентября 1978 г. (протокол № 19)**

**МЕТОДИКА****ПОВЕРКИ ОБРАЗЦОВЫХ И РАБОЧИХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ  
МАГНИТНОГО МОМЕНТА****МИ 191—79**

Настоящая методика распространяется на образцовые меры магнитного момента 1-го и 2-го разрядов с номинальным значением постоянных магнитов от  $1 \cdot 10^{-1}$  до  $10 \text{ А} \cdot \text{м}^2$  или с постоянными катушек, обеспечивающими воспроизведение магнитного момента в диапазоне от  $1 \cdot 10^{-4}$  до  $1 \cdot 10^{-1} \text{ А} \cdot \text{м}^2$ , на рабочие меры магнитного момента с номинальным значением от  $1 \cdot 10^{-1}$  до  $100 \text{ А} \cdot \text{м}^2$  или с постоянными, обеспечивающими воспроизведение магнитного момента в диапазоне от  $1 \cdot 10^{-4}$  до  $1 \cdot 10^{-1} \text{ А} \cdot \text{м}^2$ , а также на рабочие приборы для измерения магнитного момента в диапазоне от  $1 \cdot 10^{-5}$  до  $1 \text{ А} \cdot \text{м}^2$  и устанавливает методы и средства их периодической поверки.

**1. ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ**

1.1. При проведении поверки мер магнитного момента следует выполнять следующие операции:

внешний осмотр (п. 5.1.1);

опробование (п. 5.2.1);

определение действительного значения меры магнитного момента (постоянного магнита) или действительного значения постоянной меры (катушки) (п. 5.3; 5.4; 5.5).

1.2. При проведении поверки приборов для измерения магнитного момента выполняют следующие операции:

внешний осмотр (п. 5.1.2);

опробование (п. 5.2.2.);

определение цены деления (п. 5.6).

**2. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ**

2.1. Образцовые меры магнитного момента 1-го разряда поверяют по государственному первичному эталону единицы магнитного момента по ГОСТ 8.231—77.

2.2. При проведении поверки образцовых мер магнитного момента 2-го разряда магнитометрическим методом необходимо применять следующие средства поверки.

2.2.1. Образцовые меры магнитного момента 1-го разряда (катушки) с номинальным значением постоянной, обеспечивающим воспроизведение магнитного момента в диапазоне  $1 \cdot 10^{-3}$  —  $1 \cdot 10^{-1} \text{ А} \cdot \text{м}^2$ .

2.2.2. Образцовые меры магнитного момента 1-го разряда (постоянные магниты) с номинальными значениями  $1 \cdot 10^{-1} — 1,6 \text{ А} \cdot \text{м}^2$ .

2.2.3. Неастигматический компаратор магнитного момента, состоящий из: магнитомеханического тесламетра с постоянной не более  $100 \text{ нТл/дел}$ ; предметного стола (шины), позволяющего устанавливать меру в определенном фиксированном положении по отношению к тесламетру; специального приспособления (контейнера), предназначенного для установки сличаемых мер на предметном столе и совмещения их магнитных осей в процессе сличения; отсчетного устройства, включающего зрительную трубу и шкалу.

2.2.4. Астатический компаратор магнитного момента, состоящий из: магнитомеханического астатического тесламетра с постоянной не более  $1 \cdot 10^{-2} \text{ нТл/дел}$ ; стабилизированных источников тока, предназначенных для питания мер магнитного момента (катушек) и обеспечивающих нестабильность тока не более  $0,01 \%$  за время поверки; потенциометра типа Р345 класса точности 0,001 с усилителем по ГОСТ 9245—68; двух образцовых сопротивлений типа Р321 по ГОСТ 6864—69, аттестованных с погрешностью не более  $0,001 \%$ ; предметного стола с перемещаемой кареткой и микроскопом, позволяющего устанавливать сличаемую меру магнитного момента в определенное фиксированное положение по отношению к астатическому тесламетру; специального приспособления (контейнера), предназначенного для установки сличаемых мер магнитного момента в каретке и совмещения их магнитных осей в процессе сличения; компенсирующей катушки, предназначенной для компенсации магнитной индукции, создаваемой сличаемыми мерами магнитного момента; колец Гельмгольца, обеспечивающих изменение чувствительности астатического магнитомеханического тесламетра; отсчетного устройства, включающего зрительную трубу и шкалу.

2.3. При проведении поверки рабочих мер магнитного момента магнитометрическим методом необходимо применять следующие средства поверки.

2.3.1. Образцовые меры магнитного момента 1-го разряда (постоянные магниты) с номинальными значениями  $1 \cdot 10^{-1} — 1,6 \text{ А} \cdot \text{м}^2$ .

2.3.2. Образцовые меры магнитного момента 1-го разряда (катушки) с номинальными значениями постоянных, обеспечивающими воспроизведение магнитного момента в диапазоне  $1 \cdot 10^{-3} — 1 \cdot 10^{-1} \text{ А} \cdot \text{м}^2$ .

2.3.3. Образцовые меры магнитного момента 2-го разряда (постоянные магниты) с номинальными значениями  $1 \cdot 10^{-1} — 10 \text{ А} \cdot \text{м}^2$ .

2.3.4. Образцовые меры магнитного момента 2-го разряда (катушки) с номинальными значениями постоянных, обеспечивающими воспроизведение магнитного момента в диапазоне  $1 \cdot 10^{-4} — 1 \cdot 10^{-1} \text{ А} \cdot \text{м}^2$ .

2.3.5. Неа статический компаратор магнитного момента по п. 2.2.3 или а статический компаратор магнитного момента по п.2.2.4.

2.4. При проведении поверки рабочих мер магнитного момента индукционно-баллистическим методом должны применяться следующие средства поверки.

2.4.1. Образцовые меры магнитного момента 2-го разряда по пп. 2.3.3, 2.3.4.

2.4.2. Поверочная баллистическая установка со всеми входящими в ее состав элементами. Установка описана в МИ 110-76.

2.4.3. Рабочая мера магнитной индукции по ГОСТ 8.095-73. Значение ее постоянной должно быть таким, чтобы в совокупности с помещенной внутри нее сличаемой мерой магнитного момента она создавала меру магнитного потока, обеспечивающую приращение потока, достаточное для отклонения указателя баллистического гальванометра не менее чем на 2/3 шкалы.

Неоднородность магнитного поля, создаваемого мерой магнитной индукции в объеме сличаемых мер, не должна превышать 1/3 доверительной погрешности образцовой меры магнитного момента.

2.4.4. Вспомогательные средства поверки: источник питания постоянного тока напряжением 120 В и емкостью не менее 120 А·ч или стабилизированный выпрямитель типа ВС-26 класса 1,5; приспособление для установки мер магнитного момента внутри меры магнитной индукции и совмещения направлений магнитной оси меры магнитного момента с направлением вектора магнитной индукции в мере магнитной индукции; приспособление для поворота на 180° меры магнитного момента (постоянного магнита), расположенной внутри меры магнитной индукции.

2.5. При поверке приборов для измерений магнитного момента следует применять образцовые меры магнитного момента 2-го разряда (катушки) по п. 2.3.4 и амперметр типа М1104 класса 0,2 по ГОСТ 8711-60.

2.6. При поверке образцовых и рабочих средств измерений магнитного момента необходимо использовать следующие вспомогательные средства поверки: лабораторный термометр группы 2 по ГОСТ 215-73; аспирационный психрометр по ГОСТ 6353-52; прибор типа Ц435 по ГОСТ 10374-74.

2.7. При поверке образцовых и рабочих мер магнитного момента допускается применять другие средства поверки с метрологическими параметрами, удовлетворяющими требованиям настоящей методики.

### 3. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

3.1. При проведении поверки необходимо соблюдать следующие условия: температура помещения  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ ; относительная влажность воздуха  $(60 \pm 15)\%$ ; напряжение питающей сети  $(200 \pm 4,4)$  В; частота питающей сети 50 Гц.

3.2. Компараторы магнитного момента и баллистический гальванометр должны быть установлены на фундаменте.

3.3. В процессе поверки не допускается перемещение магнитных масс, если оно приводит к изменению показаний тесламетров, входящих в состав компараторов или к изменению показаний баллистического гальванометра.

#### **4. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ**

4.1. Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы.

4.1.1. Приборы и меры, подлежащие поверке, должны быть выдержаны в условиях, соответствующих требованиям п. 3.1 настоящей методики, не менее 4 ч до начала работы.

4.1.2. Меры магнитного момента, поверяемые магнитометрическим методом с помощью компараторов, должны быть помещены в специальные приспособления (контейнеры), позволяющие совместить направления магнитных осей сличаемых мер в процессе сличения.

4.1.3. Рабочие меры магнитного момента, поверяемые индукционно-баллистическим методом, должны быть помещены в приспособление, позволяющее установить их внутри рабочей меры магнитной индукции и совместить направление магнитной оси меры магнитного момента с направлением вектора магнитной индукции.

4.1.4. Компаратор магнитного момента или баллистическая установка должны быть приведены в рабочее состояние (прогрев приборов под током, установка нулевого сигнала тесламетра или баллистического гальванометра и т. д.), предусмотренное инструкциями по эксплуатации.

#### **5. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ**

##### **5.1. Внешний осмотр**

5.1.1. При внешнем осмотре мер магнитного момента должно быть установлено соответствие их следующим требованиям: на каждой мере должен быть указан ее номер или должна быть прикреплена этикетка с номером; витки мер магнитного момента (катушек) должны быть намотаны плотно.

5.1.2. При внешнем осмотре приборов для измерений магнитного момента должно быть установлено соответствие комплектности, маркировки, обозначений на шкалах и переключателях требованиям технического условия и технического описания поверяемого прибора, а также отсутствие механических повреждений.

##### **5.2. Опробование**

5.2.1. Проверяют целостность обмотки мер магнитного момента при помощи прибора типа Ц435.

5.2.2. Проверяют действие органов контроля и регулирования приборов для измерения магнитного момента.

5.3. Определение действительного значения меры магнитного момента (постоянного магнита) или действительного значения постоянной меры (катушки).

5.3.1. Определение действительных значений образцовых мер магнитного момента 1-го разряда (постоянных магнитов) и действительных значений постоянных образцовых мер магнитного момента 1-го и 2-го разрядов (катушек).

Структурная схема для определения действительного значения постоянной или действительного значения меры магнитного момента нулевым методом одновременного сравнения с помощью астатического компаратора приведена на рис. 1. Поверяемую меру 4, помещенную в контейнер, устанавливают в каретке предметного стола в определенное положение по отношению к астатическому тесламетру 3, которое фиксируют с помощью микроскопа. Если проверяют меру (катушку), то ее обмотку соединяют со стабилизатором тока 7 при помощи разъема и соединительного кабеля.

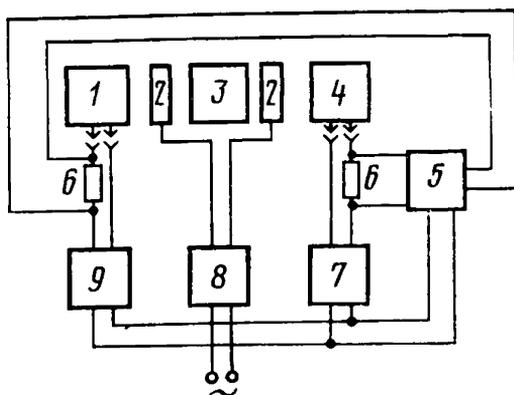


Рис. 1

В кольца Гельмгольца 2 от источника питания 8 подают ток порядка 30—100 мА для уменьшения чувствительности астатического тесламетра.

При проверке меры 4 магнитного момента (катушки) в компенсационной катушке 1 при помощи стабилизатора тока 9 устанавливают определенный ток, неизменный в процессе сличений.

Регулируя ток в обмотке поверяемой меры, добиваются грубой взаимной компенсации магнитной индукции, создаваемой поверяемой мерой и компенсационной катушкой в месте расположения астатического тесламетра. Выключают ток в кольцах Гельмгольца и добиваются точной компенсации магнитной индукции.

Указанную операцию повторяют восемь раз, последовательно поворачивая меру вокруг своей оси на 90° при двух противополож-

ных направлениях ее магнитной оси по отношению к тесламетру. При изменении направления магнитной оси меры (развороте контейнера на 180°) одновременно изменяют и направление тока.

Значение силы тока, протекающего по обмотке поверяемой меры, измеряют каждый раз с помощью потенциометра  $\delta$  и образцового сопротивления  $b$ .

Затем в каретку устанавливают контейнер с эталоном или образцовой мерой и производят все вышеописанные операции.

При проверке меры магнитного момента (постоянного магнита), регулируя ток в обмотке компенсационной катушки, добиваются вначале грубой, а затем точной взаимной компенсации магнитной индукции, создаваемой поверяемой мерой и компенсационной катушкой в месте расположения астатического тесламетра.

Вместо поверяемой меры (постоянного магнита) в каретку помещают контейнер с катушкой, входящей в состав эталона единицы магнитного момента, и, регулируя ток в ее обмотке, снова добиваются взаимной компенсации магнитной индукции. Эту операцию повторяют восемь раз, последовательно поворачивая катушку, входящую в состав эталона, вокруг своей оси на 90° при двух противоположных направлениях ее магнитной оси по отношению к тесламетру. Значение силы тока каждый раз измеряют с помощью потенциометра и образцового сопротивления.

Затем цикл измерений повторяют еще раз при измененном на противоположное направление магнитной оси поверяемой образцовой меры (постоянного магнита).

Результаты измерений заносят в протокол проверки, форма которого приведена в приложениях 1 и 2.

5.3.2. Действительное значение постоянной поверяемой меры магнитного момента (катушки), являющееся отношением магнитного момента к силе тока, протекающего по обмотке меры,  $K_{sw_x}$  в м<sup>2</sup> вычисляют по формуле

$$K_{sw_x} = K_{sw_0} \cdot \frac{\bar{I}_0}{\bar{I}_x} \cdot A_1, \quad (1)$$

где  $K_{sw_0}$  — постоянная катушки, входящей в состав эталона, или образцовой меры магнитного момента 1-го разряда (катушки), м<sup>2</sup>;  $\bar{I}_x = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 I_{i_x}$ ;  $\bar{I}_0 = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 I_{i_0}$  — средние значения силы токов, протекающих через поверяемую и образцовую меры,  $A$ ;  $A_1$  — поправочный коэффициент, обусловленный отличием магнитного поля, создаваемого сличаемыми мерами, от поля диполя.

Значение  $A_1$  вычисляют по формуле

$$A_1 = \frac{1 + 0,5(4\lambda_0^2 - 3)g_{2_0} \left(\frac{R_0}{r}\right)^2 + \frac{3}{8}(8\lambda_0^4 - 20\lambda_0^2 + 5)g_{4_0} \left(\frac{R_0}{r}\right)^4}{1 + 0,5(4\lambda_x^2 - 3)g_{2_x} \left(\frac{R_x}{r}\right)^2 + \frac{3}{8}(8\lambda_x^4 - 20\lambda_x^2 + 5)g_{4_x} \left(\frac{R_x}{r}\right)^4}, \quad (2)$$

где  $\lambda_0 = l_0/R_0$ ,  $\lambda_x = l_x/R_x$  — отношение половины длины катушки ( $l_0, l_x$ ) образцовой и поверяемой мер к ее радиусу ( $R_0, R_x$ );  $r$  — расстояние от магнитного центра сличаемых мер до геометрического центра преобразователя астатического тесламетра, м; коэффициенты  $g_2$  и  $g_4$  определяются отношением  $L/r$  и не зависят от формы обмотки катушки

$$\left. \begin{aligned} g_2 &= \frac{1 - \frac{1}{8} \cos^5 \theta (35 \cos^4 \theta - 30 \cos^2 \theta + 3)}{1 - \frac{1}{2} \cos^3 \theta (3 \cos^2 \theta - 1)} \\ g_4 &= \frac{1 - \frac{1}{16} \cos^7 \theta (231 \cos^6 \theta - 315 \cos^4 \theta + 105 \cos^2 \theta - 5)}{1 - \frac{1}{2} \cos^3 \theta (3 \cos^2 \theta - 1)} \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

где  $\cos^2 \theta = \frac{r^2}{r^2 + L^2}$ ;  $L$  — расстояние между магнитами в магнитомеханическом преобразователе, м.

На рис. 2 представлен график зависимости коэффициентов  $g_2$  и  $g_4$  от отношения  $L/r$ .

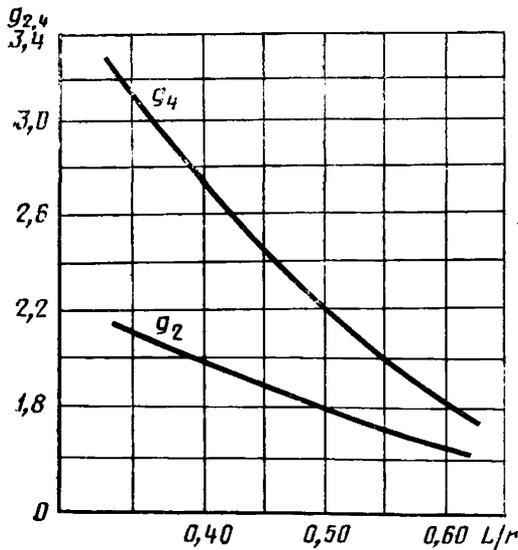


Рис. 2

Верхнюю и нижнюю границы диапазона магнитного момента в  $A \cdot m^2$  определяют по формуле

$$\left. \begin{aligned} M_{\min} &= K_{sw} \cdot I_{\min} \\ M_{\max} &= K_{sw} \cdot I_{\max} \end{aligned} \right\}, \quad (4)$$

где  $I_{\min}$ ,  $I_{\max}$  — допустимые значения силы тока, пропускаемого по обмотке поверяемой меры, А.

5.3.3. Действительное значение магнитного момента поверяемой меры (постоянного магнита)  $M_x$  в А·м<sup>2</sup> вычисляют по формуле

$$M_x = K_{SW_0} \cdot \bar{I}_0 \cdot A_2; \quad \bar{I}_0 = \frac{1}{16} \sum_{i=1}^{16} I_{i_0}, \quad (5)$$

где  $A_2$  — поправочный коэффициент, вычисляемый для постоянного магнита в виде эллипсоида вращения по формуле

$$A_2 = \frac{1 + \frac{1}{2}(4\lambda_0^2 + 3)g_{2_0} \left(\frac{R_0}{r}\right)^2 + \frac{3}{8}(8\lambda_0^4 - 20\lambda_0^2 + 5)g_{4_0} \left(\frac{R_0}{r}\right)^4}{1 + \frac{6}{5} \cdot \frac{a_x^2 - b_x^2}{r^2} + \frac{9}{7} \cdot \frac{(a_x^2 - b_x^2)^2}{r^4}}, \quad (6)$$

где  $a_x, b_x$  — большая и малая полуоси эллипсоида, м.

5.3.4. Доверительную относительную погрешность меры магнитного момента определяют как разность между действительным и номинальным значениями меры, установленными в процессе поверки, и вычисляют по формуле

$$\delta_{0к} = \frac{K_{SW_x} - K_{SW_n}}{K_{SW_n}} \quad (\text{для катушек}); \quad (7)$$

$$\delta_{0м} = \frac{M_x - M_n}{M_n} \quad (\text{для постоянных магнитов}). \quad (8)$$

Действительное значение магнитного момента, воспроизводимое мерой, и доверительная относительная погрешность меры не должны превышать значений, указанных в ГОСТ 8.231—77.

5.3.5. Доверительную погрешность  $\delta$  определения действительного значения постоянной или действительного значения меры магнитного момента при доверительной вероятности 0,95 вычисляют по формуле

$$\delta = 2 \sqrt{S^2 + \frac{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2}{3}}, \quad (9)$$

где  $S$  — среднее квадратическое отклонение результата измерения, определяемое случайными погрешностями, возникающими из-за нестабильности стабилизаторов тока, нулевого сигнала тесламетра, неточности фиксации положения сличаемых мер относительно тесламетра, а также случайными погрешностями измерения силы тока (при поверке постоянных магнитов) или отношения токов (при поверке катушек);  $\delta_1$  — неисключенная систематическая погрешность определения действительного значения образцовой меры магнитного момента или ее постоянной;  $\delta_2$  — неисключенная систематическая погрешность измерения силы тока (при поверке постоянных магнитов) или отношения токов (при поверке катушек);  $\delta_3$  — установочная погрешность, обусловленная неточностью совпадения магнитных центров и магнитных осей сличаемых мер.

5.3.6. Соотношение доверительной погрешности определения действительного значения постоянной или действительного значения меры и доверительной относительной погрешности меры должно быть не более 1:3.

5.4. Действительные значения образцовых мер магнитного момента 2-го разряда (постоянных магнитов) определяют с помощью нестатического компаратора методом отклонения.

5.4.1. Поверяемую меру магнитного момента (постоянный магнит) устанавливают на шине предметного стола в фиксированном положении по отношению к тесламетру. Расстояние от меры до тесламетра выбирают таким, чтобы производимый по шкале отсчет показаний составлял не менее 0,5 максимального значения шкалы.

Разворачивают поверяемую меру (постоянный магнит) на  $180^\circ$  по отношению к тесламетру и производят следующий отсчет показаний.

Указанные операции повторяют  $n$  раз ( $n=3-5$ ). Затем вместо поверяемой меры на шину нестатического компаратора в то же положение устанавливают образцовую меру 1-го разряда (постоянный магнит) таким образом, чтобы магнитные центры образцовой и поверяемой мер (предполагаемое положение которых отмечено риской) совпадали, и повторяют процесс сличения. Результаты измерения заносят в протокол поверки (приложение 3).

5.4.2. Действительное значение магнитного момента образцовой меры 2-го разряда  $M_x$  в  $A \cdot m^2$ , определяют по формуле

$$M_x = M_0 \frac{tg \varphi_x}{tg \varphi_0} \cdot A_3, \quad (10)$$

где  $M_0$  — значение магнитного момента образцовой меры,  $A \cdot m^2$ ;

$\varphi_x = \frac{1}{2} \arctg \frac{\bar{e}_x}{z}$ ;  $\varphi_0 = \frac{1}{2} \arctg \frac{\bar{e}_0}{z}$  — углы отклонения магнитомеханического преобразователя компаратора;

$\bar{e}_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_{xi}$ ;  $\bar{e}_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_{0i}$  — средние значения отсчетов по шкале, соответствующие расположению на шине поверяемой и образцовой мер:  $z$  — расстояние от зрительной трубы до тесламетра;  $m$ ;  $A_3$  — поправочный коэффициент.

Для эллипсоидальных постоянных магнитов  $A_3$  вычисляют по формуле

$$A_3 = \frac{1 + \frac{6}{5} \frac{a_0^2 - b_0^2}{r^2} + \frac{9}{7} \frac{(a_0^2 - b_0^2)^2}{r^4}}{1 + \frac{6}{5} \frac{a_x^2 - b_x^2}{r^2} + \frac{9}{7} \frac{(a_x^2 - b_x^2)^2}{r^4}}, \quad (11)$$

где  $a_0$ ,  $b_0$  и  $a_x$ ,  $b_x$  — полуоси образцовой и поверяемой мер (постоянных магнитов), м;  $r$  — расстояние от магнитного центра меры до магнитомеханического преобразователя, м.

5.4.3. Доверительную относительную погрешность меры ( $\delta_0$ ) определяют по формуле (8).

5.4.4. Доверительную погрешность  $\delta$  определения действительного значения меры магнитного момента при доверительной вероятности 0,95 находят по формуле

$$\delta = 2 \sqrt{S^2 + \frac{\delta_1^2 + \delta_3^2 + \delta_4^2}{3}}, \quad (12)$$

где  $S$  — среднее квадратическое отклонение результата измерения, определяемое случайными погрешностями, возникающими из-за нестабильности нулевого сигнала тесламетра и неточности фиксации положения сличаемых мер относительно тесламетра;  $\delta_1$  — неисключенная систематическая погрешность определения действительного значения образцовой меры магнитного момента;  $\delta_4$  — неисключенная систематическая погрешность определения отношения тангенса углов  $\varphi_x$  и  $\varphi_0$ .

5.4.5. Соотношение доверительной погрешности определения действительного значения меры и доверительной относительной погрешности меры должно быть не более 1:3.

5.5. Действительные значения рабочих мер (постоянных магнитов) и действительные значения постоянных (катушек) определяют методами, описанными в пп. 5.3, 5.4, а также с помощью поверочной баллистической установки нулевым методом или с нахождением отклонений баллистического гальванометра.

5.5.1. Принципиальная схема баллистической установки для проверки рабочих мер (катушек) приведена на рис. 3.

Поверяемую меру магнитного момента  $2$  помещают в геометрическом центре рабочей меры магнитной индукции  $1$  так, чтобы направления магнитных осей совпадали (рис. 3, а). Это достигается следующим образом: наблюдая отклонение указателя баллистического гальванометра, подключенного к поверяемой мере магнитного момента (катушки), в момент включения тока питания меры магнитной индукции, добиваются максимального отклонения указателя путем плавного поворота меры магнитного момента в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Переключают направление тока в обмотке меры магнитной индукции и производят отсчет  $m_i$  по шкале баллистического гальванометра. Указанную операцию повторяют  $n$  раз ( $n=3-5$ ).

Затем внутрь меры магнитной индукции  $1$  помещают образцовую меру магнитного момента  $3$  (рис. 3, б), и процесс измерения повторяют  $n$  раз. Результаты измерений заносят в протокол проверки (приложение 4).

5.5.2. Действительное значение постоянной поверяемой меры магнитного момента,  $K_{sw_x}$  в  $m^2$ , вычисляют по формуле

$$K_{sw_x} = K_{sw_0} \frac{I_0}{I_x} \cdot \frac{\bar{m}_r}{m_0}, \quad (13)$$

где  $\overline{m}_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m_{x_i}$ ;  $\overline{m}_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m_{0_i}$  — средние значения отсчетов по шкале баллистического гальванометра при пропускании через обмотку меры магнитной индукции токов  $I_x$  и  $I_0$ .

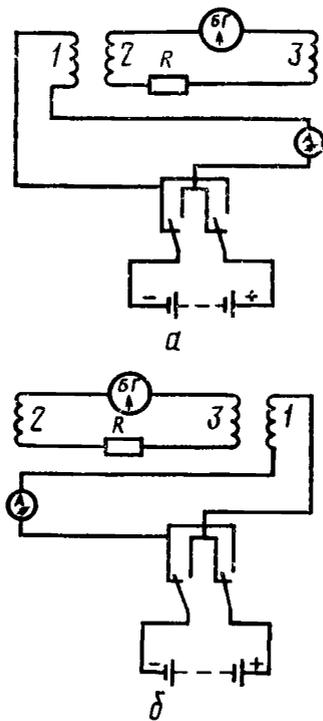


Рис. 3

5.5.3. Принципиальная схема для проверки рабочих мер магнитного момента (постоянных магнитов) с помощью баллистической установки показана на рис. 4. Рабочую меру магнитного момента (постоянный магнит)  $I$  помещают внутрь в центре меры магнитной индукции  $2$  и добиваются совмещения направлений магнитных осей. Для этого, наблюдая отклонение указателя баллистического гальванометра в момент разворота магнита на  $180^\circ$ , добиваются максимального его отклонения путем плавного поворота поверяемой меры в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

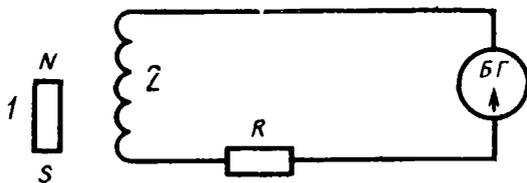


Рис. 4

Поверяемую меру магнитного момента (постоянный магнит) удаляют или разворачивают на  $180^\circ$  и производят отсчет  $m_i$  по шкале баллистического гальванометра. Указанную операцию повторяют  $n$  раз ( $n=3-5$ ). Затем внутрь меры магнитной индукции помещают образцовую меру магнитного момента, и процесс измерения снова повторяют  $n$  раз. Результаты измерений заносят в протокол поверки (приложение 5).

5.5.4. Действительное значение поверяемой меры магнитного момента  $M_x$ , А·м<sup>2</sup>, вычисляют по формуле

$$M_x = M_0 \frac{\overline{m_x}}{\overline{m_0}} \quad (14)$$

где  $\overline{m_x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m_{x_i}$ ;  $\overline{m_0} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m_{0_i}$  — средние значения отсчетов по шкале баллистического гальванометра при удалении или развороте на  $180^\circ$  поверяемой и образцовой мер (постоянных магнитов).

5.5.5. Доверительную относительную погрешность меры определяют по формулам (7) и (8).

Действительные значения магнитного момента, воспроизводимые мерами, и их доверительные относительные погрешности не должны превышать значений, указанных в ГОСТ 8.231—77.

5.5.6. Доверительную погрешность  $\delta$  определения действительного значения постоянной катушки или действительного значения постоянного магнита с помощью баллистической установки при доверительной вероятности 0,95 вычисляют соответственно по формулам

$$\delta = 2 \sqrt{S^2 + \frac{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2 + \delta_5^2 + \delta_6^2}{3}}; \quad (15)$$

$$\delta = 2 \sqrt{S^2 + \frac{\delta_1^2 + \delta_3^2 + \delta_5^2 + \delta_6^2}{3}}, \quad (16)$$

где  $S$  — среднее квадратическое отклонение результата измерения, определяемое случайными погрешностями, возникающими из-за нестабильности стабилизатора тока, нулевого сигнала гальванометра, неточности фиксации, а также случайными погрешностями измерения отношения токов при сличении мер магнитного момента (катушек);  $\delta_5$  — неисключенная систематическая погрешность определения отношения  $m_x/m_0$  (как правило, этой составляющей погрешности можно пренебречь);  $\delta_6$  — неисключенная систематическая погрешность, обусловленная неоднородностью магнитного поля, создаваемого мерой магнитной индукции в объеме сличаемых мер магнитного момента.

5.5.7. Соотношение доверительной погрешности определения действительного значения меры или действительного значения постоянной меры и доверительной относительной погрешности меры должно быть не более 1:3.

5.5.8. Определение действительных значений постоянных катушек нулевым индукционно-баллистическим методом приведено в МИ 110—76.

5.6. Цену деления приборов для измерения магнитного момента определяют методом прямого измерения

5.6.1. В прибор, снабженный специальным приспособлением, помещают образцовую меру магнитного момента 2-го разряда (катушку), через обмотку которой пропускают ток. Силу тока  $I_0$  выбирают таким образом, чтобы отклонение указателя прибора соответствовало не менее чем  $2/3$  шкалы, по которой отсчитывали показания. Значение силы тока измеряют амперметром типа М1104. Процесс измерения повторяют  $n$  раз ( $n=3-5$ ). Результаты измерений заносят в протокол поверки (приложение 6).

Если прибор имеет несколько пределов измерения, то с целью их поверки через обмотку образцовой меры пропускают ток такой силы, чтобы воспроизводимые значения магнитного момента соответствовали значениям крайних отметок шкалы на данном пределе измерений.

5.6.2. Значение цены деления прибора  $C_m$  в  $A \cdot m^2$  /дел. вычисляют по формуле

$$C_m = \frac{K_{sw} \cdot I_0}{m}, \quad (17)$$

где  $\bar{m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m_i$  — среднее значение отсчета по шкале прибора.

5.6.3. Предел допускаемой относительной погрешности прибора определяют как разность между ценой деления, измеренной при поверке и указанной в паспорте, и вычисляют по формуле

$$\delta_{пр} = \frac{C_m - C_{мн}}{C_{мн}}. \quad (18)$$

5.6.4. Доверительную погрешность определения цены деления прибора для измерения магнитного момента при доверительной вероятности 0,95 вычисляют по формуле

$$\delta = 2 \sqrt{S^2 + \frac{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_7^2}{3}}, \quad (19)$$

где  $S$  — среднее квадратическое отклонение измерения силы тока, протекающего через обмотку образцовой меры магнитного момента;  $\delta_7$  — неисключенная систематическая погрешность отсчета числа делений (как правило, носит субъективный характер).

5.6.5. Соотношение доверительной погрешности определения цены деления прибора и класса прибора должно быть не более 1:3.

## 6. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

6.1. На средства измерений магнитного момента, прошедшие государственную поверку с положительным результатом, выдают свидетельство по форме, установленной Госстандартом.

6.2. На средства измерений магнитного момента, прошедшие ведомственную поверку с положительным результатом, выдают свидетельство о ведомственной поверке.

6.3. На средства измерений магнитного момента, прошедшие поверку с отрицательными результатами, выдают извещение о непригодности с указанием причин непригодности.

### ПРИЛОЖЕНИЕ 1

#### ФОРМА ПРОТОКОЛА

##### поверки образцовых мер магнитного момента 1-го и 2-го разрядов (катушек) нулевым методом

Дата поверки \_\_\_\_\_ . Протокол поверки \_\_\_\_\_ .

Мера магнитного момента \_\_\_\_\_ , изготовленная (наименование предприятия-изготовителя) \_\_\_\_\_ , представленная в поверку (наименование организации, представившей меру магнитного момента в поверку) \_\_\_\_\_ , поверена в (наименование организации, проводившей поверку) \_\_\_\_\_ .

При поверке применялись катушки, входящие в состав эталона (или образцовые меры 1-го разряда) \_\_\_\_\_

Номинальное значение постоянной образцовой меры  $K_{SW_0} =$  \_\_\_\_\_  $m^2$ .

Значение силы тока в компенсационной катушке \_\_\_\_\_ А.

Расстояние от поверяемой меры до астатического тесламетра \_\_\_\_\_  $m^2$ .

№ п/п	$I_x$	I	$\bar{I}_x$	$\bar{I}_0$	$K_{SW_x}, m^2$
	A				
1					
2					
3					
·					
·					
8					

Погрешность меры  $\delta_0 = \frac{K_{SW_x} - K_{SW_H}}{K_{SW_H}} \cdot 100\%$  (где  $K_{SW_H}$  — номинальное значение постоянной).

Поверку проводил \_\_\_\_\_ (подпись).

**ФОРМА ПРОТОКОЛА**

**поверки образцовых мер магнитного момента 1-го разряда  
[постоянных магнитов] нулевым методом**

Дата поверки \_\_\_\_\_. Протокол поверки \_\_\_\_\_.

Мера магнитного момента \_\_\_\_\_, изготовленная (наименование предприятия-изготовителя) \_\_\_\_\_, представленная в поверку (наименование организации, представившей меру магнитного момента в поверку) \_\_\_\_\_, поверена в (наименование организации, проводившей поверку) \_\_\_\_\_.

При поверке применялась катушка, входящая в состав эталона \_\_\_\_\_.

Номинальное значение постоянной меры (катушки)  $K_{SW_0} =$  \_\_\_\_\_ м<sup>2</sup>.

Расстояние от поверяемой меры до астатического тесламетра \_\_\_\_\_ м.

№ п/п	$I_0$	$\bar{I}_0$	$M_x, A \cdot m^2$
	A		
1			
.			
.			
.			
.			
16			

Погрешность меры  $\delta_0 = \frac{M_x - M_H}{M_H} \cdot 100 \%$ , где  $M_H$  — номинальное значение меры.

Поверку проводил \_\_\_\_\_ (подпись).

**ФОРМА ПРОТОКОЛА**

**поверки мер магнитного момента 2-го разряда  
[постоянных магнитов] методом отклонения**

Дата поверки \_\_\_\_\_. Протокол поверки \_\_\_\_\_.

Мера магнитного момента \_\_\_\_\_, изготовленная (наименование предприятия-изготовителя) \_\_\_\_\_, представленная в поверку (наименование организации, представившей меру магнитного момента в поверку) \_\_\_\_\_, поверена в (наименование организации, проводившей поверку) \_\_\_\_\_.

При поверке применялась образцовая мера 1-го разряда \_\_\_\_\_.

Номинальное значение образцовой меры  $M_0$  \_\_\_\_\_ А·м<sup>2</sup>.

Расстояние от поверяемой меры до тесламетра \_\_\_\_\_ м.

№ п/п	$e_{x_i}$	$e_{o_i}$	$\bar{e}_x$	$\bar{e}_o$	$\text{tg}\varphi_x$	$\text{tg}\varphi_o$	$M_x$ , А·м <sup>2</sup>
1							
.							
.							
.							
.							
n							

Погрешность меры  $\delta_0 = \frac{M_x - M_n}{M_n} \cdot 100\%$ , где  $M_n$  — номинальное значение меры.

Поверку проводил \_\_\_\_\_ (подпись).

**ФОРМА ПРОТОКОЛА**

**поверки рабочих мер магнитного момента  
(катушек) индукционно-баллистическим методом**

Дата поверки \_\_\_\_\_ . Протокол поверки \_\_\_\_\_ .

Мера магнитного момента \_\_\_\_\_ , изготовленная (наименование предприятия-изготовителя) \_\_\_\_\_ , представленная в поверку (наименование организации, представившей меру магнитного момента в поверку) \_\_\_\_\_ , поверена в (наименование организации, проводившей поверку) \_\_\_\_\_ .

При поверке применялась образцовая мера магнитного момента 2-го разряда \_\_\_\_\_ . Номинальное значение постоянной образцовой меры  $K_{SW_0} =$  \_\_\_\_\_ м<sup>2</sup>.

Значение силы тока, протекающего по обмотке поверяемой меры,  $I_x =$  \_\_\_\_\_ А. Значение силы тока, протекающего по обмотке образцовой меры,  $I_0 =$  \_\_\_\_\_ А.

№ п/п	$m_{x_i}$	$m_{0_i}$	$\bar{m}_x$	$\bar{m}_0$	$K_{SW_x}, \text{ м}^2$
1					
.					
.					
.					
.					

Погрешность меры  $\delta_0 = \frac{K_{SW_x} - K_{SW_H}}{K_{SW_H}} \cdot 100 \%$

Поверку проводил \_\_\_\_\_ (подпись).

**ФОРМА ПРОТОКОЛА**

**поверки рабочих мер магнитного момента [постоянных магнитов]  
индукционно-баллистическим методом**

Дата поверки \_\_\_\_\_. Протокол поверки \_\_\_\_\_.

Мера магнитного момента \_\_\_\_\_, изготовленная (наименование предприятия-изготовителя) \_\_\_\_\_, представленная в поверку (наименование организации, представившей меру магнитного момента в поверку) \_\_\_\_\_, поверена в (наименование организации, проводившей поверку) \_\_\_\_\_.

При поверке применялась образцовая мера 2-го разряда \_\_\_\_\_

Номинальное значение меры \_\_\_\_\_ А·м<sup>2</sup>.

№ п/п	$m_{x_i}$	$m_{o_i}$	$\bar{m}_x$	$\bar{m}_o$	$M_x, \text{А} \cdot \text{м}^2$
1					
.					
.					
.					
.					
n					

Погрешность меры  $\delta_0 = \frac{M_x - M_n}{M_n} \cdot 100 \%$ .

Поверку проводил \_\_\_\_\_ (подпись).

**ФОРМА ПРОТОКОЛА**

**поверки приборов для измерения магнитного момента**

Дата поверки \_\_\_\_\_ . Протокол поверки \_\_\_\_\_ .

Мера магнитного момента \_\_\_\_\_ , изготовленная (наименование предприятия-изготовителя) \_\_\_\_\_ , представленная в поверку (наименование организации, представившей меру магнитного момента в поверку) \_\_\_\_\_ , поверена в (наименование организации, проводившей поверку) \_\_\_\_\_ .

При поверке применялась образцовая мера магнитного момента 2-го разряда \_\_\_\_\_ .

Номинальное значение постоянной образцовой меры  $K_{SW_0} = \text{_____ м}^2$ .

Значение силы тока, протекающего по обмотке меры  $I_0 = \text{_____ А}$ .

№ п/п	$m_i$	$\bar{m}$	$C_m$ , А·м <sup>2</sup> /дел.
1			
.			
.			
.			
.			
.			
n			

Погрешность определения цены деления прибора  $\delta_{пр} = \frac{C_m - C_{мн}}{C_{мн}} \cdot 100 \%$ ,

где  $C_{мн}$  — значение цены деления, указанное в паспорте.

Поверку проводил \_\_\_\_\_ (подпись).

**МЕТОДИКА**  
**поверки образцовых и рабочих средств измерений магнитного момента**  
**МИ 191—79**

Редактор *Н. А. Еськова*  
Технический редактор *Г. А. Макарова*  
Корректор *В. М. Смирнова*

Сдано в наб. 18.12.79 Подп. в печ. 14.04.80 Т—07643 Ф-т изд. 60×90<sup>1/16</sup> Бумага тип. № 2  
Печать высокая 1,25 п. л. 1,03 уч.-изд. л. Тир. 3000 Цена 5 коп. Изд. № 6372/4 Зак. 3261

---

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123557, Москва, Новопресненский пер., 3  
Калужская типография стандартов, ул. Московская, 256.