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 **законодательной метрологии**

Руководитель лаборатории Н Селиванов
Исполнитель ведущий ин Е А Соколова

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

УДК 539.143.43

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 А·м^2 или с постоянными катушек, обеспечивающими воспроизведение магнитного момента в диапазоне от $1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^{-1}$ А·м^2, на рабочие меры магнитного момента с номинальным значением от $1 \cdot 10^{-1}$ до 100 А·м^2 или с постоянными, обеспечивающими воспроизведение магнитного момента в диапазоне от $1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^{-1}$ А·м^2, а также на рабочие приборы для измерения магнитного момента в диапазоне от $1 \cdot 10^{-5}$ до 1 А·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 $1 \cdot 10^{-3}$ — $1 \cdot 10^{-1}$ А·м^2.

© Издательство стандартов, 1980

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

2.2.3. Неастатический компаратор магнитного момента, состоящий из: магнитомеханического тесламетра с постоянной не более 100 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 $1 \cdot 10^{-2}$ 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 А·м^2.

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

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

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

2.3.5. Неастатический компаратор магнитного момента по п. 2.2.3 или астатический 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±5)°С; относительная влажность воздуха (60±15)%; напряжение питающей сети (200±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 разновременного 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 поверяют меру (катушку), то ее обмотку соединяют со стабилизатором тока *7* при помощи разъема и соединительного кабеля.

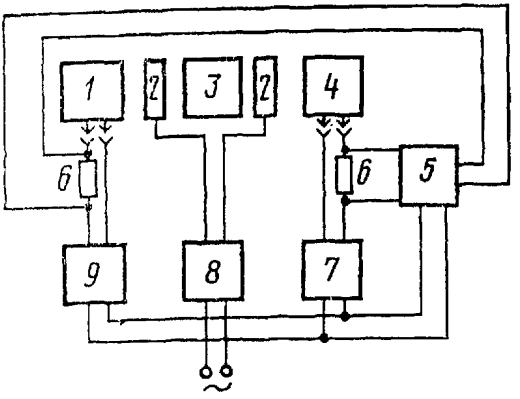

Рис. 1

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

При поверке 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 *5* и образцового сопротивления *6*.

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

При поверке 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 поверки, 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 м² вычисляют по формуле

$$K_{SW_x} = K_{SW_0} \cdot \frac{\overline{I_0}}{\overline{I_x}} \cdot A_1, \qquad (1)$$

где K_{SW_0} — постоянная катушки, входящей в состав эталона, или образцовой меры магнитного момента 1-го разряда (катушки), м²; $\overline{I_x} = \frac{1}{8}\sum_{i=1}^{8} I_{i_x}$; $\overline{I_0} = \frac{1}{8}\sum_{i=1}^{8} I_{i_0}$ — средние значения силы токов, протекающих через поверяемую и образцовую меры, *А*; A_1 — поправочный коэффициент, обусловленный отличием магнитного поля, создаваемого сличаемыми мерами, от поля диполя.

Значение A_1 вычисляют по формуле

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

где $\lambda_0 = l_0/R_0$, $\lambda_x = l_x/R_x$ — отношение половины длины намотки (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

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

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.

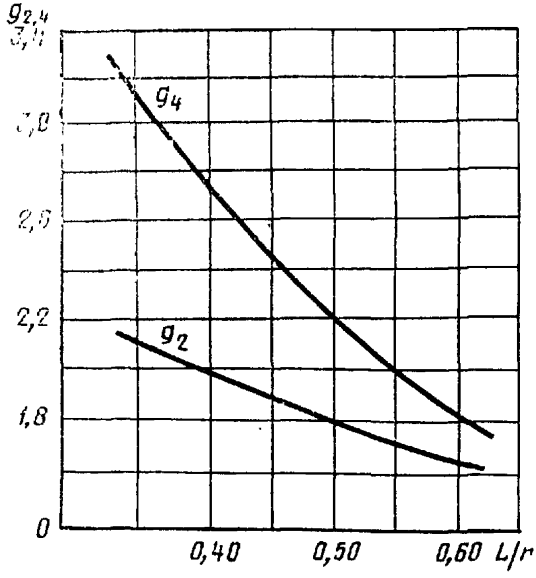

Рис. 2

Верхнюю и нижнюю границы диапазона магнитного момента в А·м² определяют по формуле

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

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·м² вычисляют по формуле

$$M_x = K_{SW_0} \cdot \overline{I}_0 \cdot A_2; \qquad \overline{I}_0 = \frac{1}{16} \sum_{i=1}^{16} \cdot I_{l_0}, \tag{5}$$

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

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

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

$$\delta_{0_к} = \frac{K_{SW_x} - K_{SW_н}}{K_{SW_н}} \text{ (для катушек);} \tag{7}$$

$$\delta_{0_м} = \frac{M_x - M_н}{M_н} \text{ (для постоянных магнитов).} \tag{8}$$

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 δ определения действительного значения постоянной или действительного значения меры магнитного момента при доверительной вероятности 0,95 вычисляют по формуле

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

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); δ_1 — неисключенная систематическая погрешность определения действительного значения образцовой меры магнитного момента или ее постоянной; δ_2 — неисключенная систематическая погрешность измерения силы тока (при поверке постоянных магнитов) или отношения токов (при поверке катушек); δ_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 неастатического 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° по отношению к тесламетру и производят следующий отсчет показаний.

Указанные операции повторяют n раз ($n=3$—5). Затем вместо поверяемой меры на шину неастатического 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 А·м², определяют по формуле

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

где M_0 — значение магнитного момента образцовой меры, А·м²;

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

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

Для эллипсоидальных постоянных магнитов A_3 вычисляют по формуле

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

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 (δ_0) определяют по формуле (8).

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

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

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; δ_1 — неисключенная систематическая погрешность определения действительного значения образцовой меры магнитного момента; δ_4 — неисключенная систематическая погрешность определения отношения тангенса углов φ_x и φ_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 поверки 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 поверки (приложение 4).

5.5.2. Действительное значение постоянной поверяемой меры магнитного момента, K_{SW_x} в м², вычисляют по формуле

$$K_{SW_x} = K_{SW_0}\frac{I_0}{I_x}\cdot\frac{\bar{m}_x}{\bar{m}_0}, \qquad (13)$$

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

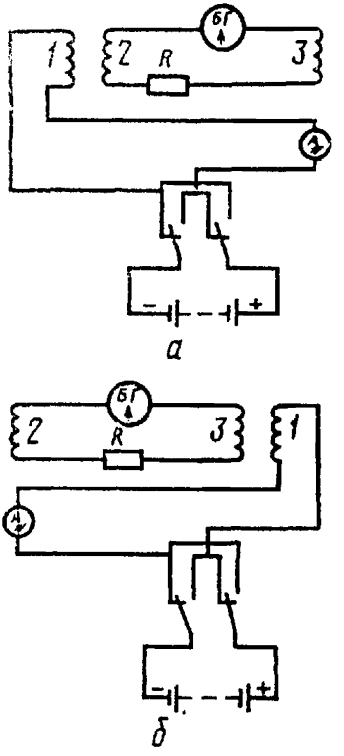

Рис. 3

5.5.3. Принципиальная схема для поверки рабочих мер магнитного момента (постоянных магнитов) с помощью баллистической установки показана на рис. 4. Рабочую меру магнитного момента (постоянный магнит) *1* 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°, добиваются максимального его отклонения путем плавного поворота поверяемой меры в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

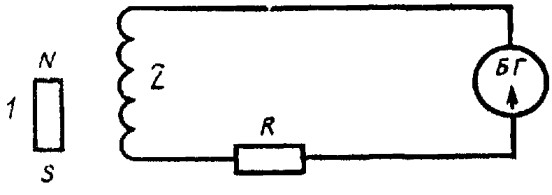

Рис. 4

Поверяемую меру магнитного момента (постоянный магнит) удаляют или разворачивают на 180° 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·м², вычисляют по формуле

$$M_x = M_0 \frac{\overline{m}_x}{\overline{m}_0}, \qquad (14)$$

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° 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 δ определения действительного значения постоянной катушки или действительного значения постоянного магнита с помощью баллистической установки при доверительной вероятности 0,95 вычисляют соответственно по формулам

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

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

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); δ_5 — неисключенная систематическая погрешность определения отношения m_x/m_0 (как правило, этой составляющей погрешности можно пренебречь); δ_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 $C_м$ в А·м² /дел. вычисляют по формуле

$$C_м = \frac{K_{SW_0} \cdot I_0}{\overline{m}}, \qquad (17)$$

где $\overline{m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} m_i$ — 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

$$\delta_{пр} = \frac{C_м - C_{м_н}}{C_{м_н}}. \qquad (18)$$

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

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

где S — среднее квадратическое отклонение измерения силы тока, протекающего через обмотку образцовой меры магнитного момента; δ_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} = _____ м².

Значение силы тока в компенсационной катушке _____ А.

Расстояние от поверяемой меры до астатического тесламетра _____ м².

№ п/п	I_x	I_0	$\bar{I}_x$	$\bar{I}_0$	K_{SW_x}, м²
	А				
1					
2					
3					
.					
.					
.					
8					

Погрешность меры $\delta_0 = \dfrac{K_{SW_x} - K_{SW_н}}{K_{SW_н}} \cdot 100\%$ (где $K_{SW_н}$ — 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^2.

Расстояние от поверяемой меры до астатического тесламетра _____ м.

№ п/п	I_0, А	$\overline{I_0}$, А	M_x, А·м^2
1			
.			
.			
.			
.			
.			
16			

Погрешность меры δ_0 $\frac{M_x - M_н}{M_н} \cdot 100$ %, где $M_н$ — 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·м².

Расстояние от поверяемой меры до тесламетра _____ м.

№ п/п	e_{x_i}	e_{0_i}	$\bar{e}_x$	$\bar{e}_0$	$\operatorname{tg}\varphi_x$	$\operatorname{tg}\varphi_0$	M_x, А·м²
1							
.							
.							
.							
.							
.							
.							
n							

Погрешность меры $\delta_0 = \frac{M_x - M_н}{M_н} \cdot 100\ \%$, где $M_н$ — 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^2.

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}	$\overline{m}_x$	$\overline{m}_0$	K_{SW_x}, м^2
1					
.					
.					
.					
.					
.					

Погрешность меры $\delta_0 = \dfrac{K_{SW_x} - K_{SW_н}}{K_{SW_н}} \cdot 100\ \%$

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·м².

№ п/п	m_{x_i}	m_{0_i}	$\overline{m}_x$	$\overline{m}_0$	$M_д$, А·м²
1					
.					
.					
.					
.					
.					
n					

Погрешность меры $\delta_0 = \dfrac{M_x - M_н}{M_н} \cdot 100\ \%$.

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 $K_{SW_0} =$ _____ м^2.

Значение силы тока, протекающего по обмотке меры $I_0 =$ _____ А.

№ п/п	m_i	$\overline{m}$	$C_м$, А·м^2/дел.
1			
•			
•			
•			
•			
•			
•			
n			

Погрешность определения цены деления прибора $\delta_{пр.} = \dfrac{C_м - C_{мн}}{C_{мн}} \cdot 100\ \%$,

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 60×90¹/₁₆ 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