

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



СОГЛАСОВАНО
Генеральный директор
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева»

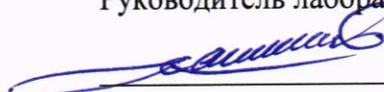

А.Н. Пронин

М.П. «» 01 2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений
МАГНИТОМЕТРЫ ТРЕХКОМПОНЕНТНЫЕ МТ-6

Методика поверки
МП 2061-0003-2025

Руководитель лаборатории 2061


И.С. Хасиев

Инженер лаборатории 2061


А.С. Пивоваров

Санкт-Петербург
2025 г.

1 Общие положения

Настоящая методика поверки (далее – МП) распространяется на магнитометры трехкомпонентные МТ-6 (далее – магнитометры МТ-6), предназначенные для измерений трех ортогональных компонент и модуля вектора магнитной индукции постоянного поля в диапазонах от минус 100000 до плюс 100000 нТл, и обеспечивает передачу единицы магнитной индукции постоянного поля методом прямых измерений от эталона той же величины.

МП обеспечивает прослеживаемость к Государственному первичному эталону единиц магнитной индукции, магнитного потока, магнитного момента и градиента магнитной индукции ГЭТ 12-2021 в соответствии с государственной поверочной схемой (далее – ГПС) ГОСТ 8.030-2013 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений магнитной индукции, магнитного потока, магнитного момента и градиента магнитной индукции», утвержденной приказом Росстандарта от 30 сентября 2013 г. N 1119-ст.

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические характеристики, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений магнитной индукции постоянного поля по компонентам X, Y, Z, нТл	от - 100000 до + 100000
Пределы допускаемой систематической составляющей абсолютной погрешности измерений магнитной индукции в диапазоне измерений по компонентам X, Y, Z, нТл, не более	± 40
Пределы допускаемой систематической составляющей абсолютной погрешности измерений модуля вектора магнитной индукции в диапазоне измерений, нТл, не более	± 50
СКО случайной составляющей абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95), нТл, не более	± 3
Пределы допускаемой систематической составляющей абсолютной погрешности измерений магнитной индукции, обусловленной смещением нуля магнитометра по компонентам X, Y, Z, нТл, не более	± 10
Неортогональность углов α_{zx} , α_{zy} , α_{xy} между направлениями магнитных осей датчика (при погрешности определения $\pm 10''$), не более	90''
Порог чувствительности, нТл, не более	± 1

МП устанавливает объем, порядок, методы и средства первичной и периодической поверки магнитометров МТ-6.

МП не предусматривает возможность проведения поверки отдельных измерительных каналов, отдельных автономных блоков из состава средства измерений, для меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений.

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень операций поверки

Наименование операций поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	да	да	7
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	да	да	8.2
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	да	да	8
Подтверждение соответствия программного обеспечения	да	да	9
Определение метрологических характеристик средства измерений	да	да	10
Определение диапазона измерений магнитной индукции постоянного поля по компонентам X, Y, Z и пределов допускаемой систематической составляющей абсолютной погрешности измерений магнитной индукции в диапазоне измерений по компонентам X, Y, Z	да	да	10.1
Определение СКО случайной составляющей абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95)	да	да	10.2
Определение пределов допускаемой систематической составляющей абсолютной погрешности измерений модуля вектора магнитной индукции в диапазоне измерений	да	да	10.3
Определение пределов допускаемой систематической составляющей абсолютной погрешности измерений магнитной индукции по компонентам X, Y, Z, обусловленной смещением нуля магнитометра МТ-6	да	да	10.4
Определение неортогональности углов между направлениями магнитных осей датчика α_{zx} , α_{zy} , α_{xy} (при погрешности определения $\pm 10''$)	да	да	10.5
Определение порога чувствительности	да	да	10.6
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	11

2.2 При отрицательных результатах одной из операций поверка прекращается. В Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений (далее – ФИФ ОЕИ) передаются сведения об отрицательных результатах поверки, магнитометр МТ-6 подлежит ремонту.

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающей среды от + 15 °С до + 25 °С;
- относительная влажность воздуха не более 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа.

3.2 Условия проведения поверки должны соответствовать требованиям руководства по эксплуатации магнитометра МТ-6 ШГЕИ1.420.031 РЭ. «Магнитометр трехкомпонентный МТ-6. Руководство по эксплуатации», правил содержания и применения эталонов и эксплуатационной документации средств измерений, применяемых в качестве средств поверки.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускаются лица, ознакомленные с эксплуатационной документацией на магнитометр МТ-6 и средств поверки.

4.2 Поверка должна проводиться лицом, имеющим квалификацию поверителя и являющимся представителем юридического лица или индивидуального предпринимателя, аккредитованного в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации на проведение поверки средств измерений.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки должны использоваться средства поверки, указанные в таблице 3. Все средства поверки должны иметь положительные результаты поверки/аттестации в ФИФ ОЕИ.

Таблица 3 – Метрологические и технические требования к средствам поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 8.2 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробования средства измерений)	Средства измерений отн. влажности воздуха в диапазоне измерений до 80 %, с абс. погр. не более 5 %; Средства измерений температуры в диапазоне измерений от + 15 °С до + 25 °С с абс. погр. не более 1 °С; Средства измерений атмосферного давления от 84 до 106,7 кПа, погр. ± 0,5 кПа	Прибор комбинированный Testo 622, рег. номер в ФИФ ОЕИ 53505-13

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 10 Определение метрологических характеристик	Эталоны единицы магнитной индукции постоянного поля, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 2 разряда по ГОСТ 8.030-2013, в диапазоне значений от – 100000 до + 100000 нТл	Государственный рабочий эталон 2 разряда единицы магнитной индукции постоянного поля в диапазоне значений от 0,01 до 100 мкТл 3.1.ZZB.0252.2019
Примечание – Допускается применение других средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик магнитометров МТ-6 с требуемой точностью в соответствии с ГПС ГОСТ 8.030-2013.		

5.2 Используемые в качестве средств поверки эталоны должны быть утверждены и аттестованы, а средства измерений – иметь положительные результаты поверки в ФИФ ОЕИ.

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении операций поверки необходимо соблюдать требования:

- правил технической эксплуатации электроустановок потребителей, утвержденных Приказом Минэнерго России от 13.01.2003 № 6;
- правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок, утвержденных приказом Минтруда России от 15.12.2020 г., № 903н;
- ГОСТ 12.3.019 «Система стандартов безопасности труда. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности»;
- подраздела 2.1 «Меры безопасности» руководства по эксплуатации магнитометра МТ-6 ШГЕИ1.420.031 РЭ. «Магнитометр трехкомпонентный МТ-6. Руководство по эксплуатации», а также правил безопасности, указанных в технической документации на применяемые эталоны, средства измерений;
- нормативных документов (инструкций, правил) по охране труда, установленным на месте проведения поверки.

6.2 Применяемые при поверке средства измерений подлежат заземлению. Заземление проводить до включения средств измерений в электрическую сеть, отсоединение заземления проводить после отключения от сети.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие магнитометра МТ-6 следующим требованиям:

- соответствие внешнего вида описанию и изображению, приведенному в описании типа средства измерений;
- соответствие комплектности разделу 5 «Комплектность» паспорта магнитометра МТ-6 ШГЕИ1.420.031 ПС. «Магнитометр трехкомпонентный МТ-6. Паспорт»;

- маркировка должна быть четкой, хорошо читаемой и соответствовать подразделу 1.5 «Маркировка и пломбирование» руководства по эксплуатации магнитометра МТ-6 ШГЕИ1.420.031 РЭ. «Магнитометр трехкомпонентный МТ-6. Руководство по эксплуатации»;
- наличие пломбы предприятия-изготовителя;
- отсутствие механических повреждений (вмятин), влияющих на работу магнитометра МТ-6;
- отсутствие коррозии деталей наружного оформления и надежность контактов разъемов для подсоединения кабелей;
- исправность органов управления, крепежных винтов.

7.2 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если выполняются требования п. 7.1. При выявлении дефектов, способных оказать влияние на безопасность поверки или результаты поверки, устанавливается возможность их устранения до проведения поверки. При наличии возможности устранения дефектов, выявленные дефекты устраняются и средство измерений допускается к дальнейшей поверке. При отсутствии возможности устранения дефекта, магнитометр МТ-6 к дальнейшей поверке не допускается и подлежит ремонту.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Подготовка к поверке:

8.1.1 Если поверяемый магнитометр МТ-6 перед поверкой находился в климатических условиях, отличающихся от условий поверки, указанных в п. 3.1 настоящей МП, то перед включением необходимо выдержать его в нормальных климатических условиях на менее 2 ч.

8.1.2 Подготовить к поверке магнитометр МТ-6 в соответствии с подразделом 2.3 руководства по эксплуатации магнитометра МТ-6 ШГЕИ1.420.031 РЭ. «Магнитометр трехкомпонентный МТ-6. Руководство по эксплуатации».

8.1.3 Изучить эксплуатационную документацию на средства поверки и подготовить их к применению.

8.1.4 Проверить наличие положительных результаты поверки/аттестации в ФИФ ОЕИ используемых средств поверки.

8.2 Провести контроль соблюдения требований к условиям проведения поверки, указанных в п. 3.1 настоящей МП, посредством измерения климатических параметров с использованием средств поверки.

8.3 Опробование

8.3.1 При опробовании проверить действие доступных без вскрытия магнитометра МТ-6 органов контроля, управления и регулирования.

8.3.2 Датчик трехкомпонентный магнитометра МТ-6 (далее – датчик) разместить таким образом, чтобы компонента Z была расположена вертикально. Подключить к сети 220 В, 50 Гц блок питания Robiton. Включить тумблер ПИТАНИЕ. При этом на дисплее блока электронного магнитометра МТ-6 высветятся цифры измеряемых значений магнитной индукции компонент V_x , V_y , V_z и значения модуля вектора магнитной индукции.

8.3.3 Повернуть датчик на 180° вокруг оси Z. При этом должны измениться на противоположные знаки измеряемых значений магнитной индукции компонент V_x , V_y , а значение модуля вектора магнитной индукции изменится незначительно.

8.3.4 Результаты, полученные в соответствии с п. 8.3.3, свидетельствуют о работоспособности магнитометра МТ-6.

9 Подтверждение соответствия программного обеспечения

9.1 При проверке программного обеспечения (далее – ПО) проверяется его соответствие данным, указанным в описании типа на магнитометры МТ-6.

9.2 Идентификация автономного ПО магнитометра МТ-6 осуществляется путем запуска программы «Magnetometer.exe» с USB-диска, как указано в руководстве по эксплуатации магнитометра МТ-6 ШГЕИ1.420.031 РЭ. «Магнитометр трехкомпонентный МТ-6. Руководство по эксплуатации».

9.3 Результаты проверки считаются положительными, если идентификационные данные ПО соответствуют, указанным в описании типа.

10 Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1 Определение диапазона измерений магнитной индукции постоянного поля по компонентам X, Y, Z и пределов допускаемой систематической составляющей абсолютной погрешности измерений магнитной индукции в диапазоне измерений по компонентам X, Y, Z

10.1.1 Подготовить к работе магнитометр МТ-6 в режиме "Асинхронный" согласно его руководству по эксплуатации. Датчик закрепить на поворотном столе, установить в рабочий объем катушек эталона, и совместить геометрические центры катушек и датчика. Совместить компоненты X, Y, Z датчика и катушек эталона с визуальной точностью. Скомпенсировать магнитное поле Земли (далее – МПЗ) в рабочем объеме катушек эталона по компонентам X, Y, Z до значений остаточной магнитной индукции не более ± 10 нТл.

10.1.2 Диапазон измерений магнитной индукции постоянного поля подтверждается в процесс определения пределов допускаемой систематической составляющей абсолютной погрешности измерений магнитной индукции по компонентам X, Y, Z для значений плюс 100000 нТл и минус 100000 нТл.

10.1.3 Определение пределов допускаемой систематической составляющей абсолютной погрешности измерений магнитной индукции по компонентам X, Y, Z производится поочередно для следующих положительных и отрицательных значений магнитной индукции: 100000, 50000, 20000, 10000, 5000, 2000, 1000, 500, 250, 100 нТл.

10.1.4 Установить положение магнитной оси X датчика, проверяемой компоненты, соосно магнитной оси X эталонной катушки. Для этого создать в катушках Y и Z эталона магнитную индукцию от 30000 до 100000 нТл и, регулируя высоту ножек поворотного стола, получить приращения магнитной индукции по компоненте B_x на дисплее магнитометра МТ-6 не более ± 2 нТл.

При воспроизведении в катушке X эталона каждого значения магнитной индукции в соответствии с п. 10.1.3 необходимо снять показания с дисплея магнитометра МТ-6 по компоненте B_x и занести в протокол поверки.

10.1.5 Установить положение магнитной оси Y датчика, проверяемой компоненты, соосно магнитной оси X эталонной катушки. Для этого создать в катушках Y и Z эталона магнитную индукцию от 30000 до 100000 нТл и, регулируя высоту ножек поворотного стола, получить приращения магнитной индукции по компоненте B_y на дисплее магнитометра МТ-6 не более ± 2 нТл.

При воспроизведении в катушке X эталона каждого значения магнитной индукции в соответствии с п. 10.1.3 необходимо снять показания с дисплея магнитометра МТ-6 по компоненте B_y и занести в протокол поверки.

10.1.6 Установить положение магнитной оси Z датчика, проверяемой компоненты, соосно магнитной оси X эталонной катушки. Для этого создать в катушках Y и Z эталона магнитную индукцию от 30000 до 100000 нТл и, регулируя высоту ножек поворотного стола, получить приращения магнитной индукции по компоненте B_z на дисплее магнитометра МТ-6 не более ± 2 нТл.

При воспроизведении в катушке X эталона каждого значения магнитной индукции в соответствии с п. 10.1.3 необходимо снять показания с дисплея магнитометра МТ-6 по компоненте B_z и занести в протокол поверки.

10.1.7 Погрешность ΔB_{ij} рассчитать для каждого значения магнитной индукции по компонентам B_x, B_y, B_z по формуле:

$$\Delta B_{ij} = |B_{j\text{изм.}}| - |B_{j0}| \quad (1),$$

где B_{j0} – действительное значение магнитной индукции, воспроизводимое эталоном, нТл;
 $B_{j\text{изм.}}$ – значение магнитной индукции, измеренное магнитометром МТ-6, нТл;
 j – магнитные оси X, Y, Z.

Полученные значения занести в протокол поверки.

10.2 Определение СКО случайной составляющей абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95)

10.2.1 Повторить операции в соответствии с п. 10.1.1. Определение СКО случайной составляющей абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) производится поочередно по компонентам X, Y, Z магнитометра МТ-6 вдоль компоненты X эталона.

10.2.2 Скомпенсировать МПЗ по компоненте X до уровня 1-2 нТл по показаниям магнитометра МТ-6.

Воспроизвести по компоненте X эталона магнитную индукцию 5000 нТл. Занести в протокол 10÷12 показаний магнитометра МТ-6 B_{xi} по компоненте X, определить среднее арифметическое значение \bar{B}_x и вычислить СКО S_x по формуле:

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_1^n (B_{xi} - \bar{B}_x)^2}{n-1}}, \quad (2)$$

где S_x – СКО ряда измерений по компоненте X, нТл;

\bar{B}_x – среднее арифметическое ряда из n измерений, нТл;

B_{xi} – значения магнитной индукции по компоненте X ряда измерений от 1 до n, нТл;

i – количество измерений от 1 до n.

10.2.3 Определение СКО случайной составляющей абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) $S_x^{0.95}$ определить по формуле:

$$S_x^{0.95} = 2 \cdot S_x, \quad (3)$$

где $S_x^{0.95}$ – СКО случайной составляющей абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95), нТл;

S_x – СКО ряда измерений по компоненте X, нТл.

Полученные значения занести в протокол поверки.

10.2.4 Повторить операции в соответствии с пп. 10.2.1 – 10.2.3 для компонент Y и Z магнитометра МТ-6 после установки проверяемой компоненты вдоль компоненты X эталона.

10.3 Определение пределов допускаемой систематической составляющей абсолютной погрешности измерений модуля вектора магнитной индукции в диапазоне измерений

10.3.1 Повторить операции в соответствии с п. 10.1.1. Воспроизвести в катушке X эталона магнитную индукцию, равную (98000 ± 2000) нТл. Развернуть датчик на поворотном столе на углы, примерно 45° относительно осей X, Y, Z катушек эталонной меры, таким образом, чтобы показания по компонентам B_x, B_y, B_z на дисплее магнитометра МТ-6 были одинаковыми и равными примерно (57000 ± 700) нТл. Измеренное значение модуля вектора магнитной индукции $|B|$ должно быть приблизительно (98000 ± 2000) нТл.

10.3.2 Определение пределов допускаемой систематической составляющей абсолютной погрешности измерений модуля вектора магнитной индукции производится

поочередно для следующих значений магнитной индукции: 100000, 50000, 20000, 10000, 5000, 2000, 1000, 500, 250, 100 нТл.

10.3.3 При воспроизведении в катушке X эталона каждого значения магнитной индукции необходимо снять показания с дисплея магнитометра МТ-6 по модулю и занести в протокол поверки.

10.3.4 Воспроизвести в катушке X эталона магнитную индукцию, равную минус (98000 ± 2000) нТл, не меняя установку датчика. При этом показания по компонентам V_x , V_y , V_z на дисплее магнитометра МТ-6 должны быть примерно одинаковые около минус (57000 ± 700) нТл, а значение модуля вектора магнитной индукции $|V|$ должно быть приблизительно (98000 ± 2000) нТл.

10.3.5 Повторить измерения модуля вектора для значений магнитной индукции: минус 100000, минус 50000, минус 20000, минус 10000, минус 5000, минус 2000, минус 1000, минус 500, минус 250, минус 100 нТл.

Результаты измерений занести в протокол поверки.

10.3.6 Погрешность измерений модуля магнитной индукции определить по формуле:

$$\Delta V = |V| - |V_0|, \quad (4)$$

где V_0 – действительное значение магнитной индукции по компоненте X катушки эталона, нТл;

$|V|$ – измеренное значение модуля вектора магнитной индукции, нТл.

Полученные значения занести в протокол поверки.

10.4 Определение пределов допускаемой систематической составляющей абсолютной погрешности измерений магнитной индукции по компонентам X, Y, Z, обусловленной смещением нуля магнитометра МТ-6

10.4.1 Повторить операции в соответствии с п. 10.1.1.

10.4.2 Провести измерения смещения нуля по компоненте X, для этого, снять показания с дисплея магнитометра МТ-6 по компоненте V_x^0 . Развернуть поворотный стол с датчиком на 180° вокруг горизонтальной оси, снять показания по компоненте V_x^{180} . Результаты измерений занести в протокол поверки.

10.4.3 Провести измерения смещения нуля по компоненте Y, для этого, снять показания с дисплея магнитометра МТ-6 по компоненте V_y^0 . Развернуть поворотный стол с датчиком на 180° вокруг вертикальной оси, снять показания по компоненте V_y^{180} . Результаты измерений занести в протокол поверки.

10.4.4 Провести измерения смещения нуля по компоненте Z, для этого, снять показания с дисплея магнитометра МТ-6 по компоненте V_z^0 . Развернуть поворотный стол с датчиком на 180° вокруг горизонтальной оси, снять показания по компоненте V_z^{180} . Результаты измерений занести в протокол поверки.

10.4.5 Смещение нуля по компонентам V_x , V_y , V_z рассчитать по формуле:

$$\Delta V_{cmi} = \frac{(V_i^0 + V_i^{180})}{2}, \quad (5)$$

где V_i^0 , V_i^{180} – измеренное значение индукции в исходном положении и после разворота поворотного стола вместе с датчиком магнитометра МТ-6 на 180° вокруг соответствующей оси, нТл;

i – компоненты X, Y и Z.

Результаты занести в протокол поверки.

10.4.6 Повторить операции по пп. 10.4.2 – 10.4.5 не менее трех раз.

10.5 Определение неортогональности углов между направлениями магнитных осей датчика α_{zx} , α_{zy} , α_{xy}

10.5.1 Повторить операции в соответствии с п. 10.1.1 и провести ориентирование магнитной оси X датчика соосно магнитной оси X трехкомпонентной катушки эталона.

10.5.2 В катушке Y эталона создать магнитную индукцию от 30000 до 100000 нТл, отрегулировать наклон поворотного стола таким образом, чтобы по компонентам Z, X показания магнитометра МТ-6 V_z и V_x , были не более ± 2 нТл.

Затем в катушке Z эталона создать магнитную индукцию от 50000 до 100000 нТл и добиться, чтобы показания по компоненте X на дисплее магнитометра МТ-6 B_x были не более ± 1 нТл.

Установить значение магнитной индукции по компоненте X эталона, равное нулю, и занести показание по компонентам Y и Z магнитометра МТ-6 B_y^0 и B_z^0 в протокол поверки.

10.5.3 Воспроизвести в катушке X эталона значение магнитной индукции по направлению компоненты B_x датчика, равное 100000 нТл, и занести показания по компонентам Y и Z магнитометра МТ-6 B_y^{100} и B_z^{100} в протокол поверки.

Найти приращения магнитной индукции по формулам:

$$\Delta B_{yx} = B_y^{100} - B_y^0, \quad (6)$$

где B_y^0, B_y^{100} – измеренные значения магнитной индукции по компоненте Y, при заданных значениях магнитной индукции по компоненте X, равных 0 и 100000 нТл соответственно, нТл.

$$\Delta B_{zx} = B_z^{100} - B_z^0, \quad (7)$$

где B_z^0, B_z^{100} – измеренные значения магнитной индукции по компоненте Z, при заданных значениях магнитной индукции по компоненте X, равных 0 и 100000 нТл соответственно, нТл.

Неортогональность между магнитными осями YX и ZX датчика α_{yx}^+ (\dots°) и α_{zx}^+ (\dots°) определить по формулам:

$$\alpha_{yx}^+ = \arcsin \frac{\Delta B_{yx}}{B_x}, \quad (8)$$

$$\alpha_{zx}^+ = \arcsin \frac{\Delta B_{zx}}{B_x}, \quad (9)$$

где ΔB_{yx} – приращение магнитной индукции по компоненте Y от компоненты X, нТл;
 ΔB_{zx} – приращение магнитной индукции по компоненте Z от компоненты X, нТл;
 B_x – воспроизведенное значение магнитной индукции по компоненте X эталона, равное 100000 нТл.

Перевести значение углов α_{yx}^+ и α_{zx}^+ в угловые секунды, умножив на 3600.

Полученные значения занести в протокол поверки.

10.5.4 Повторить операции по п. 10.5.3 для значения магнитной индукции минус 100000 нТл, определив углы α_{yx}^- и α_{zx}^- .

10.5.5 Развернуть датчик таким образом, чтобы магнитная ось Y датчика была направлена по оси X эталона.

В катушке Y эталона создать магнитную индукцию от 30000 до 100000 нТл, отрегулировать наклон поворотного стола таким образом, чтобы показания магнитометра МТ-6 по компонентам B_z и B_x , были не более ± 2 нТл.

Затем в катушке Z эталона создать магнитную индукцию от 50000 до 100000 нТл и добиться, чтобы показания по компоненте Y на дисплее магнитометра МТ-6 B_y были не более ± 1 нТл.

Установить значение магнитной индукции по компоненте X эталона, равное нулю, и занести показание по компонентам Z и X магнитометра МТ-6 B_z^0 и B_x^0 в протокол поверки.

10.5.6 Воспроизвести в катушке X эталона значение магнитной индукции по направлению компоненты B_y датчика, равное 100000 нТл, и занести показания датчика по компонентам Z B_z^{100} и B_x^{100} в протокол поверки.

Найти приращения магнитной индукции по формулам:

$$\Delta B_{zy} = B_z^{100} - B_z^0, \quad (10)$$

где B_z^0, B_z^{100} – измеренные значения магнитной индукции по компоненте Z, при заданных значениях магнитной индукции по компоненте Y, равных 0 и 100000 нТл соответственно, нТл.

$$\Delta B_{xy} = B_x^{100} - B_x^0, \quad (11)$$

где B_x^0, B_x^{100} – измеренные значения магнитной индукции по компоненте X, при заданных значениях магнитной индукции по компоненте Y, равных 0 и 100000 нТл соответственно, нТл.

Неортогональность между магнитными осями ZY и XY датчика $\alpha_{zy}^+ (...^\circ)$ и $\alpha_{xy}^+ (...^\circ)$ определить по формулам:

$$\alpha_{zy}^+ = \arcsin \frac{\Delta B_{zy}}{B_y}, \quad (12)$$

$$\alpha_{xy}^+ = \arcsin \frac{\Delta B_{xy}}{B_y}, \quad (13)$$

где ΔB_{zy} – приращение магнитной индукции по компоненте Z от компоненты Y, нТл;
 ΔB_{xy} – приращение магнитной индукции по компоненте X от компоненты Y, нТл;
 B_y – воспроизведенное значение магнитной индукции по компоненте Y эталона, равное 100000 нТл.

Перевести значение углов α_{zy}^+ и α_{xy}^+ в угловые секунды, умножив на 3600.

Полученные значения занести в протокол поверки.

10.5.7 Повторить операции по п. 10.5.6 для значения магнитной индукции минус 100000 нТл, определив углы α_{zy}^- и α_{xy}^- .

10.5.8 Развернуть датчик таким образом, чтобы магнитная ось Z датчика была направлена по оси X эталона. В катушке Y эталона создать магнитную индукцию от 30000 до 100000 нТл, отрегулировать наклон поворотного стола таким образом, чтобы показания магнитометра МТ-6 по компонентам B_y и B_x , были не более ± 2 нТл.

Затем в катушке Z эталона создать магнитную индукцию от 50000 до 100000 нТл и добиться, чтобы показания по компонентам X и Y на дисплее магнитометра МТ-6 B_x и B_y были не более ± 1 нТл.

Установить значение магнитной индукции по компоненте X эталона, равное нулю, и занести показание по компонентам X и Y магнитометра МТ-6 B_x^0 и B_y^0 в протокол поверки.

10.5.9 Воспроизвести в катушке X эталона значение магнитной индукции по направлению компоненты B_z датчика, равное 100000 нТл, и занести показания датчика по компоненте X B_x^{100} в протокол поверки.

Найти приращения магнитной индукции по формулам:

$$\Delta B_{xz} = B_x^{100} - B_x^0, \quad (14)$$

где B_x^0, B_x^{100} – измеренные значения магнитной индукции по компоненте X, при заданных значениях магнитной индукции по компоненте Z, равных 0 и 100000 нТл соответственно, нТл.

$$\Delta B_{yz} = B_y^{100} - B_y^0, \quad (15)$$

где B_y^0, B_y^{100} – измеренные значения магнитной индукции по компоненте Y, при заданных значениях магнитной индукции по компоненте Z, равных 0 и 100000 нТл соответственно, нТл.

Неортогональность между магнитными осями XZ датчика $\alpha_{xz}^+ (...^\circ)$ и $\alpha_{yz}^+ (...^\circ)$ определить по формулам:

$$\alpha_{xz}^+ = \arcsin \frac{\Delta B_{xz}}{B_z}, \quad (16)$$

$$\alpha_{yz}^+ = \arcsin \frac{\Delta B_{yz}}{B_z}, \quad (17)$$

где ΔB_{xz} – приращение магнитной индукции по компоненте X от компоненты Z, нТл;
 ΔB_{yz} – приращение магнитной индукции по компоненте Y от компоненты Z, нТл;
 B_z – воспроизведенное значение магнитной индукции по компоненте Z эталона, равное 100000 нТл.

Перевести значение углов α_{xz}^+ и α_{yz}^+ в угловые секунды, умножив на 3600.

Полученные значения занести в протокол поверки.

10.5.10 Повторить операции по п. 10.5.9 для значения магнитной индукции минус 100000 нТл, определив углы α_{xz}^- и α_{yz}^- .

10.6 Определение порога чувствительности

10.6.1 Повторить операции в соответствии с п. 10.1.1 и сориентировать ось X датчика магнитометра МТ-6 вдоль оси X катушек эталона. Скомпенсировать МПЗ по компоненте X до уровня $10 \div 100$ нТл (по показаниям магнитометра МТ-6), при этом магнитное поле эталонной катушки по компоненте X установить равным нулю. Занести в протокол поверки показание магнитометра МТ-6 по компоненте X V_x^0 , создать в эталонной катушке по компоненте X магнитную индукцию плюс 0,3 нТл и занести в протокол изменившееся показание по компоненте X V_x^1 . Определить разность показаний ΔV_x по формуле:

$$\Delta V_x = V_x^1 - V_x^0, \quad (18)$$

где ΔV_x – разность показаний магнитометра МТ-6 по компоненте X, зафиксированных до и после подачи магнитной индукции, равной плюс 0,3 нТл, нТл;

V_x^0, V_x^1 – значения показаний магнитометра МТ-6 по компоненте X, зафиксированных до и после подачи магнитной индукции, равной плюс 0,3 нТл, соответственно, нТл.

Повторить подачу и отключение магнитной индукции значением плюс 0,3 нТл не менее шести раз и вычислить среднее значение разности показаний ΔV_x . Результаты занести в протокол поверки.

10.6.2 Повторить операции по п. 10.6.1 по подаче и отключению магнитной индукции, равной минус 0,3 нТл.

10.6.3 При отсутствии устойчивой реакции на подачу и отключение магнитной индукции, равной $\pm 0,3$ нТл, повторить операции в соответствии с пп. 10.6.1.-10.6.2 для значений магнитной индукции, равной $\pm 0,5$ нТл.

10.6.4 При отсутствии устойчивой реакции на подачу и отключение магнитной индукции, равной $\pm 0,5$ нТл, повторить операции в соответствии с пп. 10.6.1.-10.6.2 для значения магнитной индукции, равной ± 1 нТл.

10.6.5 Для определения порога чувствительности по компонентам Y и Z ось датчика Y ориентируется вдоль катушек X эталона и проводится определение порога чувствительности ΔV_y в соответствии с пп. 10.6.1-10.6.4. Затем таким же образом определяется значение ΔV_z .

Примечание – Если флуктуации магнитного поля в рабочем объеме эталона затрудняют определение порога чувствительности, то следует провести определение в экранированной мере магнитной индукции.

10.6.6 Порог чувствительности определяется как минимальное значение магнитных индукций, подаваемых от эталонной катушки, которое устойчиво регистрируется по показаниям магнитометра МТ-6.

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 Результаты поверки магнитометра МТ-6 считаются положительными, если метрологические характеристики, полученные в соответствии с п.п. 10.1-10.6 соответствуют метрологическим характеристикам, указанным в таблице 1. Принимается решение о соответствии магнитометра МТ-6 метрологическим требованиям.

11.2 Если один или несколько параметров не соответствуют указанным в таблице 1 настоящей МП, то принимается решение о несоответствии магнитометра МТ-6 метрологическим требованиям и результаты поверки считаются отрицательными.

12 Оформление результатов поверки

12.1 Результаты поверки оформляются протоколом, рекомендуемая форма которого приведена в Приложении А.

12.2 Сведения о положительных результатах первичной и периодической поверки передаются в ФИФ ОЕИ, средство измерений признается годным к применению. В паспорт магнитометра МТ-6 заносятся сведения о поверке. Свидетельство о поверке выдается по требованию владельца средства измерений или лица, предоставившего средство измерений на поверку.

12.3 Сведения об отрицательных результатах поверки передаются в ФИФ ОЕИ, средство измерений признается не годным к применению, выдается извещение о непригодности. В паспорт магнитометра МТ-6 заносятся сведения о поверке.

Приложение А
(рекомендуемое)

Форма протокола первичной/периодической поверки

Всего листов ____ Лист ____

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ
№ XXX от XX.XX.20XX г.

Наименование средства измерения, тип	
Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по ОЕИ	
Заводской (серийный) номер или буквенно-цифровое обозначение	
Изготовитель	
Год выпуска (если имеется информация)	
Заказчик (наименование и юридический адрес)	
Серия и номер знака предыдущей поверки (если такие имеются)	
Дата предыдущей поверки	
Адрес места выполнения поверки (если поверка выполняется на территории Заказчика)	

Вид поверки _____

Методика поверки МП 2061-0003-2025 «ГСИ. Магнитометры трёхкомпонентные МТ-6. Методика поверки».

Средства поверки:

Наименование и регистрационный номер эталона, тип СИ, заводской номер, номер паспорта на ГСО	Метрологические характеристики

Условия поверки:

Параметры	Требования НД	Измеренные значения
Температура окружающего воздуха, °С	от + 15 до + 25	
Относительная влажность воздуха при температуре 25 °С, %, не более	80	
Атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.)	от 84 до 106,7 (от 630 до 800)	

Результаты поверки:

- 1 Внешний осмотр _____
- 2 Опробование _____
- 3 Подтверждения соответствия ПО _____

4 Определение метрологических характеристик (в соответствии требованиям методики поверки)

4.1 Определение диапазона измерений магнитной индукции постоянного поля по компонентам X, Y, Z и пределов допускаемой систематической составляющей абсолютной погрешности измерений магнитной индукции в диапазоне измерений по компонентам X, Y, Z

Таблица А.1 – Определение пределов допускаемой систематической составляющей абсолютной погрешности измерений МИ по компонентам X, Y, Z

В ₀ , нТл	Компонента X		Компонента X		Компонента X	
	В _x , нТл	ΔВ _x , нТл	В _y , нТл	ΔВ _y , нТл	В _z , нТл	ΔВ _z , нТл
+ 100000						
- 100000						
+ 50000						
- 50000						
+ 20000						
- 20000						
+ 10000						
- 10000						
+ 5000						
- 5000						
+ 2000						
- 2000						
+ 1000						
- 1000						
+ 500						
- 500						
+ 250						
- 250						
+ 100						
- 100						

4.2 Определение СКО случайной составляющей абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95)

Таблица А.2 – Измеренные значения магнитной индукции по компонентам X, Y, Z и среднее арифметическое ряда измерений

Номер измерения	V_x , нТл	\tilde{V}_x , нТл	V_y , нТл	\tilde{V}_y , нТл	V_z , нТл	\tilde{V}_z , нТл
1						
...						
12						

СКО случайной составляющей абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) по компоненте X составляет _____

СКО случайной составляющей абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) по компоненте Y составляет _____

СКО случайной составляющей абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) по компоненте Z составляет _____

4.3 Определение пределов допускаемой систематической составляющей абсолютной погрешности измерений модуля вектора магнитной индукции в диапазоне измерений

Таблица А.3 – Определение пределов допускаемой систематической составляющей абсолютной погрешности измерений модуля вектора магнитной индукции в диапазоне измерений

Действитель. V_0 , нТл	Измеренное $ V $, нТл	$ V - V_0 $, нТл	Действитель. V_0 , нТл	Измеренное $ V $, нТл	$ V - V_0 $, нТл
+ 100000			+ 2000		
- 100000			- 2000		
+ 50000			+ 1000		
- 50000			- 1000		
+ 20000			+ 500		
- 20000			- 500		
+ 10000			+ 250		
- 10000			- 250		
+ 5000			+ 100		
- 5000			- 100		

4.4 Определение пределов допускаемой систематической составляющей абсолютной погрешности измерений магнитной индукции по компонентам X, Y, Z, обусловленной смещением нуля магнитометра

Таблица А.4 – Определение пределов допускаемой систематической составляющей абсолютной погрешности измерений магнитной индукции по компонентам X, Y, Z, обусловленной смещением нуля магнитометра

Компонента X			Компонента Y			Компонента Z		
B_x^0 , нТл	B_x^{180} , нТл	$\Delta B_{смх}$, нТл	B_y^0 , нТл	B_y^{180} , нТл	$\Delta B_{смy}$, нТл	B_z^0 , нТл	B_z^{180} , нТл	$\Delta B_{смz}$, нТл

4.5 Определение неортогональности углов между направлениями магнитных осей датчика α_{zx} , α_{zy} , α_{xy}

Таблица А.5 – Определение неортогональности углов между направлениями магнитных осей датчика α_{yx}^+ , α_{yx}^- , α_{zx}^+ , α_{zx}^-

B_x , нТл	B_y , нТл	ΔB_{yx} , нТл	α_{yx}	B_z , нТл	ΔB_{zx} , нТл	α_{zx}
0						
+100000						
0						
-100000						
0						

Таблица А.6 – Определение неортогональности углов между направлениями магнитных осей датчика α_{xy}^+ , α_{xy}^- , α_{zy}^+ , α_{zy}^-

B_y , нТл	B_x , нТл	ΔB_{xy} , нТл	α_{xy}	B_z , нТл	ΔB_{zy} , нТл	α_{zy}
0						
+100000						
0						
-100000						
0						

