

**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

20 мая 2022 г.

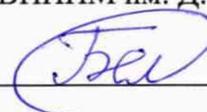


Государственная система обеспечения единства измерений
МАГНИТОМЕТРЫ ТЕХКОМПОНЕНТНЫЕ ПОРТАТИВНЫЕ
МТП-01

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 2205-001-2022

И. о. руководителя лаборатории
государственных эталонов в области
магнитных измерений
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

 Д.И. Беляков

Инженер лаборатории
государственных эталонов в области
магнитных измерений
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

 В.В. Мельник

Санкт-Петербург

2022 г.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика поверки распространяется на магнитометры трехкомпонентные портативные МТП-01 (далее по тексту - магнитометры), предназначенные для проведения измерений трех составляющих вектора магнитной индукции X, Y, Z в прямоугольной системе координат, связанной с корпусом блока первичных измерительных преобразователей МТП-01-БПИП и устанавливает методы и средства его первичной и периодической поверки.

Методика поверки использует метод непосредственного сличения поверяемого СИ с эталоном той же единицы величины и должна обеспечивать прослеживаемость к Государственному первичному эталону единиц магнитной индукции, магнитного потока, магнитного момента и градиента магнитной индукции ГЭТ 12-2021.

Методикой поверки не предусмотрена возможность проведения поверки отдельных измерительных каналов и (или) отдельных автономных блоков из состава средства измерений для меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Таблица 1- Перечень операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр СИ	да	да	7
Подготовка к поверке и опробование СИ	да	да	8
Проверка программного обеспечения СИ	да	да	9
Определение метрологических характеристик СИ	да	да	10
Подтверждение соответствия метрологическим требованиям	да	да	11
Оформление результатов поверки	да	да	12

При отрицательных результатах одной из операций поверка прекращается.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении испытаний должны соблюдаться следующие условия:

3.1 При проведении испытаний должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С 15-25;
- относительная влажность воздуха, % 45-80;
- атмосферное давление, кПа 84-106.

3.2 Условия поверки должны удовлетворять требованиям ГОСТ 8.325-80, эксплуатационной документации на поверяемое СИ, правил содержания и применения эталонов, эксплуатационной документации СИ и СО, применяемых в качестве средств поверки.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки допускаются лица, изучившие настоящую методику и эксплуатационную документацию (далее ЭД), прилагаемую к магнитометру, а так же ЭД на эталоны и другие средства поверки.

4.2 При проведении поверки должны соблюдаться:

- требования безопасности по ГОСТ 12.3.019;
- требования безопасности, изложенные в эксплуатационной документации.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 Перечень средств поверки представлен в таблице 2.

Таблица 2 - Перечень средств поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п 8 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробования средств измерений)	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне значений от 10 °С до с 35 °С с абсолютной погрешностью не более 1 °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне значений от 20 % до 90 % с погрешностью не более 2 %; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 80 до 106 к Па, с абсолютной погрешностью не более 0,5 кПа	Термогигрометр электронный CENTER, мод. 315, рег. номер в ФИФ по ОЕИ 22129-09 Термогигрометр ИВА-6Н-Д, рег. номер в ФИФ по ОЕИ 46434-11
п 10 Определение метрологических характеристик	Рабочие эталоны единицы магнитной индукции постоянного поля не ниже 2 разряда в диапазоне значений от $1 \cdot 10^{-9}$ до $25 \cdot 10^{-3}$ Тл в соответствии с государственной поверочной схемой ГОСТ 8.030-2013 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений магнитной индукции, магнитного потока, магнитного момента и градиента магнитной индукции»	Государственный рабочий эталон единицы магнитной индукции постоянного магнитного поля 2 разряда в диапазоне значений от $1 \cdot 10^{-6}$ до $500 \cdot 10^{-6}$ Тл, рег № 3.1.ZZB.0409.2022
Примечание: <i>Допускается применение средств поверки с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений.</i>		

5.2 Используемые при поверке средства измерений должны иметь положительные результаты поверки, а эталоны - положительные результаты аттестации в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки магнитометров необходимо соблюдать требования следующих документов:

- правил технической эксплуатации электроустановок потребителей, утвержденные Приказом Минэнерго России от 13.01.2003 N 6;
- правил по охране труда при эксплуатации электроустановок, утвержденные приказом Минтруда России от 24.07.2013г., № 328н;
- правил техники безопасности указанные в Руководстве по эксплуатации СФДР.41117.001 РЭ;
- правил по охране труда, действующих на месте проведения поверки.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 Проверить магнитометр на соответствие внешнего вида описанию типа СИ.

7.2 Магнитометр не должен иметь механических повреждений или иных дефектов, влияющих на качество его работы.

7.3 Соединения в разъемах магнитометра должны быть надежными.

7.4 Маркировка магнитометра должна быть целой, четкой, хорошо читаемой.

7.5 Результаты внешнего осмотра считают положительными, если магнитометр не имеет повреждений или иных дефектов, маркировка магнитометра целая, соединения в разъемах датчика надежные.

7.6 Знак утверждения типа должен быть нанесен методом трафаретной печати или наклейки с изображением знака утверждения типа на корпус магнитометра и типографским способом на титульный лист руководства по эксплуатации и формуляра.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Подготовка магнитометра к проведению измерений

8.1.1 Проверить соблюдение требований п 3 настоящей методики (контроль условий окружающей среды).

8.1.2 Для проведения измерений собрать установку в соответствии с рисунком 1.

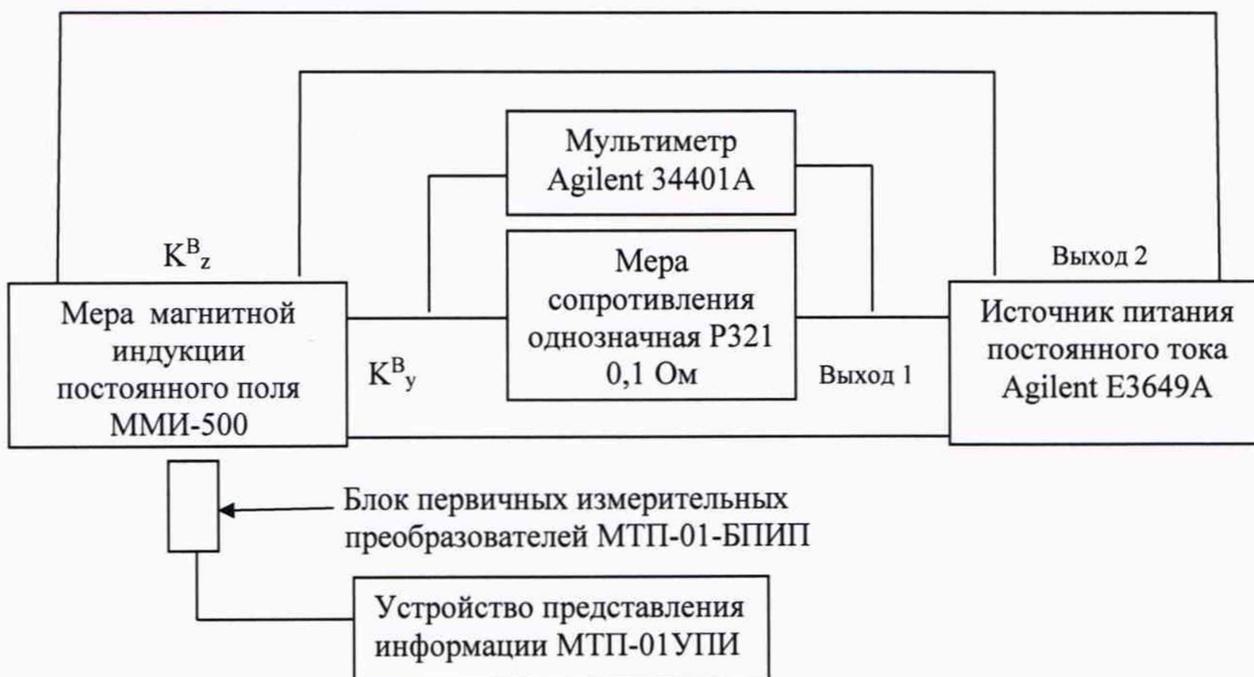


Рисунок 1 - Схема подключения

8.1.1 Перед поверкой выдержать магнитометр в нормальных климатических условиях применения на менее 3 ч.

8.1.2 Перед применением магнитометра следует проверить степень заряда АКБ. Для этого следует включить прибор и по индикатору, расположенному слева в нижней части дисплея, определить степень заряда. Если прибор не включается или на дисплее появляется сообщение «Батарея разряжена, а так же, если на индикаторе низкая степень заряда – АКБ прибора следует зарядить.

8.2 Опробование МТП-01.

При опробовании проверяют действие доступных без вскрытия СИ органов контроля, управления, регулирования, настройки и коррекции.

8.2.1 Перед включением прибора следует соединить блок первичных измерительных преобразователей МТП-01-БПИП (далее БПИП) с устройством представления информации МТП-01-УПИ (далее УПИ) соединительным кабелем.

8.2.2 Включить прибор кнопкой «On». Если БПИП подключен к УПИ и исправен, на дисплее прибора возникает изображение с данными.

8.2.3 Повернуть или переместить БПИП на некоторый угол или некоторое расстояние – числа на дисплее прибора должны измениться.

8.2.4 Получение вышеуказанных результатов свидетельствует о работоспособности прибора.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Подтверждение соответствия программного обеспечения

Идентификация автономного ПО МТП-01 осуществляется путем проверки номера версии ПО.

Визуализация идентификационных данных встроенного ПО выполняется при выводе на дисплей отдельно одной компоненты измеренного поля (нажатием стрелки ↓) в нижней части дисплея УПИ (Рисунок 2).



Рисунок 2 - Прибор МТП-01. Вывод на дисплей версии ПО.

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

10.1 Определение углов неортогональности магнитных осей

10.1.1 Произвести ориентировку магнитной оси z блока первичных измерительных преобразователей магнитометра МТП-01-БПИП (далее – БПИП) соосно магнитной оси Z трёхкомпонентных катушек эталона. БПИП установить в центре рабочего объема ГРЭ так, чтобы стрелка оси y БПИП магнитометра была направлена на Север по оси H катушек эталона, а стрелка оси x на Восток по оси D катушек эталона.

10.1.2 В катушке H эталона создать МИ 55000 нТл, отрегулировать наклон поворотного стола таким образом, чтобы по компонентам z, x показания на дисплее устройства представления информации МТП-01-УПИ (далее – УПИ) bz и bx, были не более ±0,05 мкТл.

10.1.3 Установить значение МИ по Z компоненте эталона, равное нулю, и записать показание по компоненте y магнитометра b_{y0} по форме таблицы 3.

Воспроизвести в катушках Z эталона значение МИ равное 100000 нТл, и записать показания по компоненте y магнитометра b_{y100} по форме таблицы 3.

Найти приращения МИ по формуле:

$$\Delta B_{zy} = b_{y100} - b_{y0}$$

Неортогональность между магнитными осями zy БПИП определить по формуле:

$$\alpha_{zy} = \arcsin \frac{\Delta B_{zy}}{100000} \text{ (радиан)}$$

Перевести значение угла α_{zy} (рад) в угловые минуты, умножив на $(180/\pi) \cdot 60 = 3438$.

10.1.4 Развернуть БПИП таким образом, чтобы магнитная ось х БПИП была направлена по оси Н эталона.

В катушке Н эталона создать МИ 55000 нТл, отрегулировать наклон поворотного стола таким образом, чтобы показания на дисплее УПИ по компонентам b_z и b_y , были не более $\pm 0,05$ мкТл.

Установить значение МИ по Z компоненте эталона, равное нулю и записать показание по компоненте х магнитометра b_{x0} по форме таблицы 3.

Воспроизвести в катушках Z эталона значение МИ равное 100000 нТл и записать показания по х компоненте магнитометра b_{x100} по форме таблицы 3.

Найти приращения МИ по формуле:

$$\Delta B_{zx} = b_{x100} - b_{x0}$$

Неортогональность между магнитными осями zx БПИП определить по формуле:

$$\alpha_{zx} = \arcsin \frac{\Delta B_{zx}}{100000} \text{ (радиан)}$$

Перевести значение угла α_{zx} (рад) в угловые минуты, умножив на $(180/\pi) \cdot 60 = 3438$.

10.1.5 Развернуть БПИП таким образом, чтобы магнитная ось х БПИП была направлена по оси Z эталона, а магнитная ось у БПИП по направлению магнитной оси Н эталона.

В катушке Н эталона создать МИ 55000 нТл, отрегулировать наклон поворотного стола таким образом, чтобы показания на дисплее УПИ по компонентам b_z и b_x , были не более $\pm 0,05$ мкТл.

Установить значение МИ по Z компоненте эталона, равное нулю и записать показание по компоненте у магнитометра b_{y0} по форме таблицы 3.

Воспроизвести в катушках Z эталона значение МИ равное 100000 нТл и записать показания по компоненте у магнитометра b_{y100} по форме таблицы 3.

Найти приращения МИ по формуле:

$$\Delta B_{xy} = b_{y100} - b_{y0}$$

Неортогональность между магнитными осями ху БПИП определить по формуле:

$$\alpha_{xy} = \arcsin \frac{\Delta B_{xy}}{100000} \text{ (радиан)}$$

Перевести значение угла α_{xy} (рад) в угловые минуты, умножив на $(180/\pi) \cdot 60 = 3438$.

10.1.6 Измерения углов выполнить 5 раз и вычислить среднее арифметическое для каждого угла.

Таблица 3 - Определение неортогональности углов между магнитными осями

b_{y0} , мкТл	b_{y100} , мкТл	ΔB_{zy} , мкТл	α_{zy}	b_{x0} , мкТл	b_{x100} , мкТл	ΔB_{zx} , мкТл	α_{zx}	b_{y0} , мкТл	b_{y100} , мкТл	ΔB_{xy} , мкТл	α_{xy}

$\alpha_{zy} =$				$\alpha_{zx} =$				$\alpha_{xy} =$			

10.2 Определение действительного и измеренного значений МИ

Проверка производится в точках $\pm 1, \pm 9, \pm 10, \pm 100, \pm 200$ мкТл диапазона измерений магнитометра, порознь по трем взаимно перпендикулярным компонентам магнитной индукции X, Y, Z.

10.2.1 В центре рабочего объема ГРЭ установить БПИП и визуально сориентировать его оси с осями эталона, согласовав направления эталонной и измеряемой компонент МИ. Подготовить магнитометр к измерениям, руководствуясь эксплуатационной документацией магнитометра (выполнить корректировку взаимного влияния каналов, компенсацию фонового поля; ортогонализацию измеряемых компонент).

10.2.2 Скомпенсировать при помощи ГРЭ локальное магнитное поле Земли до нуля. Определить максимальные значения $h_x, h_y,$ и h_z изменения показаний (дрейфа) измерительных каналов X, Y и Z за 20 минут непрерывной работы магнитометра.

10.2.3. При помощи ГРЭ установить значение 120 мкТл поочередно по компонентам (X, Y, Z) и выполнить приборную компенсацию фонового поля, определив остаточные некомпенсированные значения МИ ($\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z$) в мкТл.

10.2.4 Выбрать одну из компонент МИ и установить ее действительное значение $B_{действ}$ в заданной точке поверки путем воспроизведения МИ при помощи ГРЭ. По остальным двум компонентам устанавливаются значения не более $0,05 \cdot B_{действ}$.

10.2.5 Выполнить действия по однократному измерению заданного значения выбранной компоненты МИ, руководствуясь эксплуатационной документацией магнитометра. Повторить эту операцию не менее $n=5$ раз.

Вычислить результат измерения по формуле

$$B_{изм} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n B_i,$$

где B_i – однократное измерение с номером i .

10.2.6 Определить погрешность магнитометра в заданной точке по выбранной компоненте МИ:

- вычислить абсолютную погрешность магнитометра по формуле

$$\Delta B = |B_{изм} - B_{действ}|.$$

- вычислить относительную погрешность магнитометра по формуле (в %)

$$\delta B = \Delta B / B_{действ} \cdot 100\%.$$

- вычислить стандартное отклонение (СКО) случайной погрешности результата измерений в абсолютной форме по формуле

$$S = \left(\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (B_i - B_{изм})^2 \right)^{1/2}$$

- вычислить относительное стандартное отклонение случайной погрешности результата измерений по формуле (в %)

$$S_o = \frac{S}{B_{изм}} \cdot 100\%$$

10.2.7 Выполнить операции по пп. 10.2.4-10.2.6 для каждой точки поверки для трех компонент МИ, измеряемых магнитометром, и записать в таблицу 4 результатов измерений.

Таблица 4 – Результаты измерений

Компонента	$B_{действ},$ мкТл	$B_{изм},$ мкТл	Погрешность магнитометра	
			$\Delta B,$ мкТл	$\delta B,$ %
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
X	1			-
	-1			-
	9			-
	-9			-
	10		-	
	-10		-	
	100		-	
	-100		-	
	200		-	
	-200		-	
Y	1			-
	-1			-
	9			-
	-9			-
	10		-	
	-10		-	
	100		-	
	-100		-	
	200		-	
	-200		-	
Z	1			-
	-1			-
	9			-
	-9			-
	10		-	
	-10		-	
	100		-	
	-100		-	
	200		-	
	-200		-	

11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

Метрологические требования (данные из Руководства по эксплуатации МТП-01):

1) диапазон измерений магнитной индукции постоянного поля по трем направлениям магнитных осей X, Y, Z: от минус 200 до плюс 200 мкТл;

2) предел допускаемого дрейфа нуля измерительных каналов X, Y, Z за 20 минут непрерывной работы не более $\pm 0,03$ мкТл;

- 3) диапазон компенсации внешнего фонового поля: от минус 120 до плюс 120 мкТл при остаточном значении МИ не более $\pm 0,3$ мкТл;
- 4) значения углов неортогональности осей БПИП по модулю не превышают $30'$;
- 5) абсолютная погрешность магнитометра в диапазоне измерений от -10 до 10 мкТл не превышает $\pm 0,3$ мкТл;
- 6) относительная погрешность магнитометра в диапазонах измерений от -200 до -10 мкТл и от 10 до 200 мкТл не превышает ± 3 %.

Диапазон магнитной индукции проверяют путем измерения в точках начала и конца поддиапазонов. Пункт 1) требований настоящего раздела (*выполнен / не выполнен*).

Величины h_x , h_y , h_z , полученные в п.10.2.2 проверяют сравнением с требованием п.2). Пункт 2) требований настоящего раздела (*выполнен / не выполнен*).

Величины Δ_x , Δ_y , Δ_z , полученные в п.10.2.3 проверяют сравнением с требованием п.3). Пункт 3) требований настоящего раздела (*выполнен / не выполнен*).

Требования по п.4) проверяют сравнением с данными таблицы 1. Пункт 4) требований (*выполнен / не выполнен*).

Требования по п.5) и п.6) проверяют сравнением с данными значений граф 4 и 5 таблицы 4. Пункт 5) требований настоящего раздела (*выполнен / не выполнен*). Пункт 6) требований настоящего раздела (*выполнен / не выполнен*).

Результаты поверки магнитометра считаются положительными, если выполняются пункты 1) - 6) настоящего раздела. В таком случае принимается решение о соответствии магнитометра обязательным метрологическим требованиям.

Если один или несколько параметров не соответствуют указанным в 1) – 4), то принимается решение о несоответствии магнитометра обязательным метрологическим требованиям.

Прослеживаемость обеспечивается тем, что применяемый для поверки эталон соответствует ГОСТ 8.030.2013 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений магнитной индукции, магнитного потока, магнитного момента и градиента магнитной индукции».

12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 Результаты поверки рекомендуется оформлять протоколом, рекомендуемая форма протокола приведена в Приложении А.

12.2 При положительных результатах поверки данные о поверке заносятся в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

12.3 При отрицательных результатах поверки оформляют извещение о непригодности установленной формы.

Приложение А (рекомендуемое)

Форма протокола поверки

НИО (НИЛ) № _____

Всего листов _____ Лист _____

 адрес лаборатории, корпус, помещение

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ

№ XXX от XX.XX.20XX г.

Наименование средства измерения (эталона), тип	Магнитометр трехкомпонентный портативный МТП-01
Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по ОЕИ	
Заводской (серийный) номер или буквенно-цифровое обозначение	01
Изготовитель (если имеется информация)	АО «НПП «Промтрансавтоматика»
Год выпуска (если имеется информация)	2020 г.
Заказчик (наименование и юридический адрес)	АО «НПП «Промтрансавтоматика», 195197, г. Санкт-Петербург, пр. Маршала Блюхера, дом 12И
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 _____

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	15-25	
Относительная влажность воздуха, %	45-80	
Атмосферное давление, кПа	84-106	

Результаты поверки:

1. Внешний осмотр _____
2. Опробование _____
3. Подтверждение соответствия ПО (при необходимости) _____
4. Определение метрологических характеристик (в соответствии требованиям методики поверки) _____
5. Дополнительная информация (состояние объекта поверки, сведения о ремонте, юстировке) _____

Заключение: СИ (эталон) соответствует (не соответствует) предъявленным требованиям и признано годным (не годным) к применению

На основании результата поверки выдано (по заявлению владельца СИ):

свидетельство о поверке № _____ от _____

извещение о непригодности № _____ от _____

Поверку произвел

ФИО

подпись

Дата

Примечание:

- 1) перечень контролируемых параметров определен требованиями методики поверки;
- 2) допускается в разделе дополнительная информация внесение любой другой информации, не противоречащей действующему законодательству по ОЕИ, которую НИО/НИЛ считает необходимой внести в протокол поверки;
- 3) Сведения о выданном свидетельстве о поверке СИ или извещении о непригодности к применению СИ указываются только в случае выдачи протокола заказчику по его заявлению