

Открытое акционерное общество  
«Научно-исследовательский институт электроизмерительных приборов»  
(ОАО «НИИ Электромера»)

СОГЛАСОВАНО

Заместитель Генерального директора  
по научно-техническим вопросам

  
Т.Ю. Данильченко  
2021.

МЕРА МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ТРЕХКОМПОНЕНТНАЯ  
ММИТ

Методика поверки

АЮИР.411172.004 Д5

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. нв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата
				

## Содержание

1	Общие положения .....	3
2	Перечень операций поверки средства измерений.....	4
3	Требования к условиям проведения поверки.....	5
4	Требования к специалистам, осуществляющим поверку .....	6
5	Метрологические и технические требования к средствам поверки .....	7
6	Требования по обеспечению безопасности проведения поверки .....	8
7	Внешний осмотр .....	8
8	Подготовка к поверке и опробование средства измерений .....	9
9	Проверка программного обеспечения .....	10
10	Определение метрологических характеристик средства измерений.....	12
10.1	Проверка диапазона и определение абсолютной погрешности воспроизведения МИ постоянного поля по трем направлениям магнитных осей X, Y, Z основными обмотками ТГК .....	12
10.2	Проверка диапазона и определение абсолютной погрешности воспроизведения МИ постоянного поля по трем направлениям магнитных осей X, Y, Z компенсационными обмотками ТГК .....	14
10.3	Определение неоднородности МИ в рабочем объеме ТГК.....	15
10.4	Определение неортогональности магнитных осей ТГК.....	16
10.5	Определение угла отклонения магнитной оси Z ТГК от вертикали .....	17
11	Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям .....	19
12	Оформление результатов поверки.....	19
	Приложение А (рекомендуемое) Форма протокола поверки.....	21
	Приложение Б (обязательное) Схема подключения СИ при определении метрологических характеристик.....	25
	Перечень принятых сокращений .....	26

Инв. № подл.									
Утвердил									
Н. контр.									
Нач. отд.									
Проверил									
Разраб.									
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	АЮИР.411172.004 Д5				
					Мера магнитной индукции трехкомпонентная ММИТ Методика поверки				
					Литера	Лист	Листов		
					2	27			

# 1 Общие положения

1.1 Настоящая методика определяет порядок и объем выполнения первичной и периодической поверок меры магнитной индукции трехкомпонентной ММИТ АЮИР.411172.004 (далее по тексту – ММИТ). Методика предназначена для сотрудников юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, аккредитованных в установленном порядке на право проведения поверки средств измерений данного типа.

Методика разработана на основании и с учетом положений:

– Приказ Минпромторг России от 28 августа 2020 г. № 2907 «Об утверждении порядка установления и изменения интервала между поверками средств измерений, порядка установления, отмены методик поверки и внесения изменений в них, требований к методикам поверки средств измерений»;

– ГОСТ 8.030-2013 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений магнитной индукции, магнитного потока, магнитного момента и градиента магнитной индукции

– РД 50-487-84 Методические указания. Средства измерений магнитной индукции постоянного магнитного поля от  $1 \cdot 10^{-10}$  до  $5 \cdot 10^{-2}$  Тл образцовые. Методы и средства поверки;

1.2 Рекомендуемая периодичность поверки ММИТ составляет не реже одного раза в два года.

1.3 Государственный первичный эталон, к которому обеспечена прослеживаемость ММИТ – ГЭТ 12-2011 Государственный первичный эталон единиц магнитной индукции, магнитного потока, магнитного момента и градиента магнитной индукции.

Изн	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изн	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

										Лист
										3
Изн	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	АЮИР.411172.004 Д5					

## 2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении поверки ММИТ должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции поверки	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	7	Да	Да
2 Опробование	8	Да	Да
3 Проверка программного обеспечения (ПО)	9	Да	Да
4 Определение метрологических характеристик	10		
4.1 Проверка диапазона и определение абсолютной погрешности воспроизведения МИ постоянного поля по трем направлениям магнитных осей X, Y, Z основными обмотками ТГК	10.1	Да	Да
4.2 Проверка диапазона и определение абсолютной погрешности воспроизведения МИ постоянного поля по трем направлениям магнитных осей X, Y, Z компенсационными обмотками ТГК	10.2	Да	Да
4.3 Определение неоднородности МИ в рабочем объеме ТГК	10.3	Да	Да
4.4 Определение неортогональности магнитных осей ТГК	10.4	Да	Да
4.5 Определение угла отклонения магнитной оси Z ТГК от вертикали	10.5	Да	Да

2.2 Допускается проведение поверки ММИТ в сокращенном объеме на основании письменного заявления владельца средства измерений или лица, представившего средство измерений в поверку, оформленного в произвольной форме.

При проведении поверки в сокращенном объеме операции по пунктам 10.1, 10.2 допускается проводить для отдельных направлений магнитных осей (X, Y или Z) основных или компенсационных обмоток. Операции по пунктам 10.3 – 10.5 допускается не проводить.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

2.3 Трудоемкость выполнения операций поверки при одновременной работе двух поверителей составляет:

- при первичной поверке - 24 ч;
- при периодической поверке - 24 ч.

### 3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении операций поверки должно быть обеспечено соблюдение следующих условий:

- |  |           |
|--|-----------|
| - температура окружающего воздуха, °С          | 20 ± 5    |
| - относительная влажность воздуха, %           | 30 – 80   |
| - атмосферное давление, кПа                    | 84 – 106  |
| - частота питающей сети, Гц                    | 50 ± 0,5  |
| - напряжение питающей сети переменного тока, В | 230 ± 4,4 |

3.2 Контроль за условиями поверки должен осуществляться с помощью СИ, указанных в таблице 2.

Таблица 2

Наименование СИ	Метрологическая характеристика
Термогигрометр цифровой DT-321S	Диапазон измерений температуры от минус 30 °С до плюс 100 °С; абсолютная погрешность от ± 0,5 °С до ± 0,8 °С. Диапазон измерений относительной влажности от 5 % до 95 %; абсолютная погрешность ± 3 % (при температуре (20 ± 5) °С).
Барометр-анероид метеорологический БАММ-1	Диапазон измерений от 80 до 106 кПа; абсолютная погрешность ± 0,2 кПа.
Мультиметр цифровой Fluke 87-III	Предел измерения переменного напряжения 400 В; погрешность ± (0,007 · U <sub>изм</sub> + 0,2) В. Предел измерения частоты 199,99 Гц; погрешность ± (0,00005 · f <sub>изм</sub> + 0,01) Гц.

3.3 Все перечисленные в таблице 2 СИ должны быть технически исправны и своевременно поверены метрологическими службами, аккредитованными на право поверки СИ соответствующих типов.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	АЮИР.411172.004 Д5					Лист
										5
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

3.4 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых СИ, с требуемой точностью.

#### 4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К выполнению операций поверки, перечисленных в таблице 1, допускаются сотрудники юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, аккредитованных на право поверки средств измерений электрических и магнитных величин в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации, изучившие Руководство по эксплуатации АЮИР.411172.004 РЭ, настоящую методику поверки и эксплуатационную документацию на средства поверки, указанные в таблице 3, а также имеющие навыки работы с ПЭВМ и программными продуктами в среде Windows.

4.2 Все сотрудники, допущенные к выполнению работ по данной методике, должны иметь квалификационную группу по электробезопасности не ниже 3-ей и своевременно пройти соответствующий инструктаж.

4.3 Проведение операций поверки по настоящей методике неквалифицированным и неподготовленным лицам **КАТЕГОРИЧЕСКИ ЗАПРЕЩАЕТСЯ.**

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	АЮИР.411172.004 Д5

## 5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 Перечень средств поверки, рекомендуемый для обеспечения выполнения операций поверки, приведен в таблице 3.

Таблица 3

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип средства поверки	Основные метрологические характеристики
<b>Основные средства поверки</b>		
10	Эталон единицы магнитной индукции постоянного поля 1 разряда в диапазоне значений 0,001...200 мкТл 3.2.ВКН.0024.2018, утвержден приказом Росстандарта от 01.10.2019 г. № 2330 (далее – 3.2.ВКН.0024.2018)	Диапазон измерений модуля магнитной индукции (20000 – 100000) нТл; пределы допускаемой систематической составляющей погрешности измерений модуля магнитной индукции $\pm 2$ нТл. Диапазон измерений магнитной индукции (0 – 100) мкТл; пределы допускаемой погрешности измерений магнитной индукции $\pm (0,01 - 10) \%$

5.2 Средства поверки, применяемые при поверке, должны обеспечивать определение метрологических характеристик поверяемого средства измерений с требуемой точностью, передачу единиц величин средству измерений при его поверке и прослеживаемость эталонов и средств измерений, применяемых при поверке, к государственным первичным эталонам единиц величин.

5.3 Эталоны единиц величин, применяемые при поверке, должны быть утверждены приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в соответствии с пунктом 6 Положения об эталонах единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, утвержденного постановлением Правительства РФ от 23 сентября 2010 г. № 734.

5.4 Средства измерений, применяемые при поверке, должны быть утвержденного типа.

Инов. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

5.5 Эталоны единиц величин и средства измерений, применяемые при поверке, должны удовлетворять требованиям по точности государственных поверочных схем, установленным в соответствии с приказом Министерства промышленности и торговли РФ от 11 февраля 2020 г. № 456 «Об утверждении требований к содержанию и построению государственных поверочных схем и локальных поверочных схем, в том числе к их разработке, утверждению и изменению».

5.6 Допускается применение средств поверки, с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений.

## 6 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При выполнении операций поверки ММИТ необходимо соблюдать требования техники безопасности, регламентированные:

- ГОСТ 12.1.030-81 Электробезопасность. Защитное заземление, зануление;
- Правилами безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей;
- разделом «Меры безопасности» Руководства по эксплуатации ММИТ АЮИР.411172.004 РЭ;
- действующими инструкциями по технике безопасности на конкретных рабочих местах.

6.2 Категорически ЗАПРЕЩАЕТСЯ замена плавких вставок и вскрытие корпусов при не отключенном электропитании средств измерений, входящих в состав собранных схем поверки.

6.3 Все операции поверки, предусмотренные настоящей методикой, экологически безопасны и не требуют проведения специальных мероприятий по защите окружающей среды.

## 7 Внешний осмотр

7.1 При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие ММИТ ниже изложенным требованиям:

- ММИТ должна быть укомплектована согласно перечню, указанному в разделе 5 «Комплектность» Формуляра АЮИР.411172.004 ФО;

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
АЮИР.411172.004 Д5				Лист
				8



- наружные поверхности составных частей ММИТ, в том числе разъемы соединительных кабелей, не должны иметь нарушений лакокрасочных и гальванических покрытий, следов коррозии и трещин;

- пломбы на крепежных винтах ИТУ не должны иметь следов нарушения их целостности (в соответствии с АЮИР.411172.004 РЭ п.1.5.1).

7.2 Результаты внешнего осмотра считаются положительными, если все требования пункта 7.1 настоящего документа выполнены с положительным заключением.

7.3 Результаты внешнего осмотра отразить в Протоколе поверки в виде записи «Соответствует» («Не соответствует»).

## 8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

### 8.1 Подготовка к поверке

8.1.1 На периодическую поверку представляются ММИТ, прошедшие техническое обслуживание в объеме, предусмотренном АЮИР.411172.004 РЭ.

8.1.2 До начала выполнения операций поверки выполнить измерения параметров условий поверки и определить их соответствие требованиям раздела 3. В дальнейшем контроль условий поверки следует выполнять визуально с периодичностью один раз в час. При выявлении несоответствия условий требованиям раздела 3 настоящего документа выполнение операций поверки должно быть приостановлено до нормализации этих условий.

8.1.3 Подготовить Протокол поверки по форме приложения А:

- указать дату выполнения поверочных работ;
- указать заводской номер поверяемой ММИТ и номера составных частей;
- заполнить раздел «Условия поверки»;
- заполнить раздел «Средства поверки».

8.1.4 Подготовить к работе ММИТ в соответствии с 2.3 Руководства по эксплуатации АЮИР.411172.004 РЭ.

При помощи регулировочных стоек установить ТГК относительно вертикали, таким образом, чтобы пузырьковый уровень, установленный в основании ТГК, был в нулевом положении.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	АЮИР.411172.004 Д5				Лист
									9
									Изм

Соединить кабелями подключения колец АЮИР.685621.042 разъемы источника ИТУ «Х», «У», «Z», «Хк», «Ук», «Zк» с соответствующими разъемами колец ТГК.

Соединить кабелем интерфейса Ethernet АЮИР.685621.044 ИТУ и ноутбук через преобразователь интерфейсов UCON-485.

Подключить сетевой кабель к ИТУ.

Включить ПЭВМ и ИТУ.

8.1.5 После загрузки операционной системы и ввода пароля для входа в операционную систему запустить «tmmi-1.exe» стандартными средствами операционной системы Windows. При запуске откроется окно программы «ТММИ».

8.1.6 Подготовить к работе средства поверки, руководствуясь указаниями, приведенными в их эксплуатационной документации.

## 8.2 Опробование

8.2.1 Опробование ИТУ осуществляется в соответствии с 2.4 АЮИР.411172.004 РЭ:

- после запуска «tmmi-1.exe» в главном окне программы должен отобразиться Статус внешнего оборудования: «СОМ порт успешно сконфигурирован».

- убедиться в отсутствии сообщения «Нет связи с ИТ...» в столбце «Статус ИТ» программы «ТММИ».

8.2.2 Результаты опробования отразить в Протоколе поверки в виде записи «Соответствует» («Не соответствует»).

## 9 Проверка программного обеспечения

9.1 Проверка ПО ММИТ осуществляется путем проверки соответствия заявленных идентификационных данных:

- идентификационное наименование ПО;
- номер версии ПО;
- цифровой идентификатор (идентификационный номер) ПО;
- алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО.

Инд. №	Инд. №	Инд. №	Инд. №	Инд. №
Инд. №	Инд. №	Инд. №	Инд. №	Инд. №
Инд. №	Инд. №	Инд. №	Инд. №	Инд. №
Инд. №	Инд. №	Инд. №	Инд. №	Инд. №
Инд. №	Инд. №	Инд. №	Инд. №	Инд. №

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------

АЮИР.411172.004 Д5

Лист  
10



9.4 Результаты поверки считать положительными, если идентификационные данные ПО полностью соответствуют таблице 4 или, для последующих версий ПО, соответствует записи в разделе «Индивидуальные особенности изделия» формуляра ММИТ АЮИР.411172.004 ФО.

9.5 Результаты проверки ПО отразить в Протоколе поверки в виде записи «Соответствует» («Не соответствует»).

## 10 Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1 Проверка диапазона и определение абсолютной погрешности воспроизведения МИ постоянного поля по трем направлениям магнитных осей X, Y, Z основными обмотками ТГК

10.1.1 Подготовить к работе магнитометры ММ-102 и POS-1 (из состава эталона 3.2.ВКН.0024.2018) в соответствии с их эксплуатационной документацией.

10.1.2 Собрать схему в соответствии с рисунком Б.1 (приложение Б).

10.1.3 Установить датчик магнитометра ММ-102 в геометрический центр ТГК визуалью совмещая магнитные оси датчика ММ-102 и ТГК.

10.1.4 Измерить значения магнитной индукции (МИ) магнитного поля Земли (МПЗ) по трем компонентам X, Y, Z.

10.1.5 Занести измеренные значения МИ МПЗ в окно программы ТММИ в поля «Вуст, мкТл» компенсационных обмоток «Обмотка Xк», «Обмотка Yк», «Обмотка Zк», скомпенсировав тем самым МПЗ.

10.1.6 Проверить магнитометром ММ-102 значение МИ в центре ТГК после компенсации. При необходимости откорректировать значения МИ в компенсационных обмотках.

10.1.7 Установить в геометрический центр ТГК вместо датчика магнитометра ММ-102 датчик магнитометра POS-1 для измерения МИ, воспроизводимой обмоткой X.

10.1.8 Ввести в поле окна программы ТММИ «Обмотка X» значение магнитной индукции «Вуст, мкТл» 100 мкТл.

10.1.9 Измерить значение магнитной индукции Вд магнитометром POS-1 для положительной полярности МИ. Занести в протокол поверки (таблица А.1) для обмотки X.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	АЮИР.411172.004 Д5	Лист
											12

10.1.10 Ввести в поле окна программы ТММИ «Обмотка X» значение магнитной индукции «Вуст, мкТл» минус 100 мкТл.

10.1.11 Измерить значение магнитной индукции Вд магнитометром POS-1 для отрицательной полярности МИ. Занести в протокол поверки (таблица А.1) для обмотки X.

10.1.12 Поочередно воспроизвести положительные и отрицательные значения магнитной индукции 80, 60, 40, 20 по обмотке X, измеряя при этом значения магнитной индукции Вд магнитометром POS-1. Полученные значения занести в протокол поверки (таблица А.1).

10.1.13 Для определения абсолютной погрешности воспроизведения МИ в точках 10; 5; 1 и 0,010 мкТл занести в окно программы ТММИ в поля «Вуст, мкТл» компенсационной обмотки Хк значение 50 мкТл, измерить значение воспроизводимой МИ магнитометром POS-1 и принять его за В<sub>0</sub>.

Поочередно воспроизводить положительные и отрицательные значения магнитной индукции 10; 5; 1; 0,010 мкТл по обмотке X, измеряя при этом значения магнитной индукции В<sub>POS-1</sub> магнитометром POS-1. Рассчитать значение Вд, мкТл по формуле

$$Вд = В_{POS-1} - В_0, \quad (1)$$

Полученные значения Вд занести в протокол поверки (таблица А.1).

10.1.14 Повторить операции аналогично 10.1.6 – 10.1.13 для обмоток Y и Z. Таблицу А.1 создать для каждой обмотки.


Для определения абсолютной погрешности воспроизведения МИ по обмотке Z в точках 10; 5; 1 и 0,010 мкТл занести в окно программы ТММИ в поля «Вуст, мкТл» компенсационной обмотки Zк значение 0 мкТл.

10.1.15 Рассчитать значения абсолютной погрешности воспроизведения МИ постоянного МП ΔВ, мкТл, по формуле (2) и занести в протокол поверки (таблица А.1)

$$\Delta В = В_{уст} - Вд, \quad (2)$$

10.1.16 Значения абсолютной погрешности воспроизведения МИ постоянного поля по трем направлениям магнитных осей X, Y, Z основными обмотками ТГК не должны превышать допускаемых значений, рассчитанных по формуле

$$\Delta В_{доп} = \pm (0,002 + 0,002 \cdot В_{восп}), \text{ мкТл} \quad (3)$$

Инв. № подл.	Подп. и дата 	18.01.18	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	АЮИР.411172.004 Д5				Лист
						Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

где  $V_{восп}$  – значение воспроизводимой МИ (соответствует  $V_{уст}$ ), мкТл.

10.1.17 Пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения МИ приведены в таблице 5.

Таблица 5

Воспроизводимое значение МИ, мкТл	$\pm 0,010$	$\pm 1$	$\pm 5$	$\pm 10$	$\pm 20$	$\pm 40$	$\pm 60$	$\pm 80$	$\pm 100$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности, мкТл	$\pm 0,002$	$\pm 0,004$	$\pm 0,012$	$\pm 0,022$	$\pm 0,042$	$\pm 0,082$	$\pm 0,122$	$\pm 0,162$	$\pm 0,202$

10.1.18 Результаты проверки считать положительными, если:

- диапазон воспроизведения МИ постоянного поля по трем направлениям магнитных осей X, Y, Z основными обмотками находится в пределах от 0,010 до 100 мкТл;

- значения абсолютной погрешности воспроизведения МИ постоянного поля по трем направлениям магнитных осей X, Y, Z основными обмотками не превышают допускаемых значений, приведенных в таблице 5.

**10.2 Проверка диапазона и определение абсолютной погрешности воспроизведения МИ постоянного поля по трем направлениям магнитных осей X, Y, Z компенсационными обмотками ТГК**

10.2.1 Выполнить операции поверки аналогично 10.1.1-10.1.15 для обмоток компенсационных ТГК.

Для компенсации магнитного поля Земли использовать основные обмотки.

Абсолютную погрешность воспроизведения МИ определить для точек 60; 40; 20; 10; 5; 1 и 0,010 мкТл положительной и отрицательной полярности.

10.2.2 Полученные значения занести в таблицу А.2. Таблицу А.2 создать для каждой обмотки.

10.2.3 Пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения МИ приведены в таблице 5.

10.2.4 Результаты проверки по считать положительными, если:

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Подп. и дата  
18.01.18

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Инв. № подл.

- диапазон воспроизведения МИ постоянного поля по трем направлениям магнитных осей X, Y, Z компенсационными обмотками находится в пределах от 0,010 до 60 мкТл;

- значения абсолютной погрешности воспроизведения МИ постоянного поля по трем направлениям магнитных осей X, Y, Z компенсационными обмотками не превышают допусковых значений, приведенных в таблице 5.

### 10.3 Определение неоднородности МИ в рабочем объёме ТГК

10.3.1 Подготовить к работе магнитометры ММ-102 и POS-1 (из состава эталона 3.2.ВКН.0024.2018) в соответствии с их эксплуатационной документацией.

10.3.2 Собрать схему в соответствии с рисунком Б.1 (приложение Б).

10.3.3 Установить датчик магнитометра ММ-102 в геометрический центр ТГК визуально совмещая магнитные оси датчика ММ-102 и ТГК.

10.3.4 Измерить значения МИ МПЗ по трем компонентам X, Y, Z.

10.3.5 Занести измеренные значения МИ МПЗ в окно программы ТММИ в поля «Вуст, мкТл» компенсационных обмоток «Обмотка Хк», «Обмотка Yк», «Обмотка Zк», скомпенсировав тем самым МПЗ.

10.3.6 Проверить магнитометром ММ-102 значение МИ в центре ТГК после компенсации. При необходимости откорректировать значения МИ в компенсационных обмотках.


10.3.7 Установить в геометрический центр ТГК вместо датчика магнитометра ММ-102 датчик магнитометра POS-1 для измерения МИ, воспроизводимой обмоткой X.

10.3.8 Ввести в поле окна программы ТММИ «Обмотка X» значение магнитной индукции «Вуст, мкТл» 60 мкТл.

10.3.9 Измерить значение магнитной индукции Вд магнитометром POS-1 для положения датчика «центр». Занести в протокол поверки (таблица А.3) для обмотки X координата по оси «центр».

10.3.10 Переместить датчик POS-1 из геометрического центра ТГК на 5 см вдоль оси X. Измерить значение магнитной индукции Вд магнитометром POS-1 для положения датчика «+5 см». Занести в протокол поверки (таблица А.3) для обмотки X.

10.3.11 Переместить датчик POS-1 вдоль оси X в противоположную сторону от геометрического центра ТГК на 5 см («-5 см»). Измерить значение магнитной индукции

Инв. № подл.	Подп. и дата  18.01.18	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	АЮИР.411172.004 Д5	Лист
													15

Вд магнитометром POS-1 для положения датчика «-5 см». Занести в протокол поверки (таблица А.3) для обмотки X.

10.3.12 Повторить операции аналогично 10.3.3 – 10.3.11 для направлений магнитных осей Y и Z ТГК.

10.3.13 Вычислить неоднородность магнитной индукции N, % в рабочем объеме ТГК для каждой компоненты по формуле

$$N = \frac{B_d - B_{dц}}{B_{dц}} \cdot 100, \quad (4)$$

где  $B_d$  – значение МИ, измеренное POS-1, на краю рабочего объема ТГК, мкТл;

$B_{dц}$  – значение МИ, измеренное POS-1, в геометрическом центре ТГК, мкТл.

10.3.14 Полученные значения занести в протокол поверки (таблица А.3).

10.3.15 Результаты проверки считать положительными, если наибольшее значение неоднородности МИ для каждой обмотки в рабочем объеме ТГК не превышает  $\pm 0,06\%$ .

#### 10.4 Определение неортогональности магнитных осей ТГК

10.4.1 Для определения угла неортогональности последовательно производят серию из четырех измерений МИ, создаваемой одновременно двумя обмотками (например, X и Z), причем при каждом новом измерении изменяют на противоположное направление МИ в одной из обмоток так, чтобы серия содержала четыре разных комбинации взаимной ориентации двух векторов магнитной индукции.

10.4.2 Измерения проводят при приближенно скомпенсированном МПЗ и приближенно одинаковых значениях составляющих магнитной индукции, векторная сумма которых должна соответствовать верхнему пределу измерений магнитометра.

10.4.3 Собрать схему в соответствии с рисунком Б.1 (приложение Б).

10.4.4 Скомпенсировать МПЗ компенсационными обмотками  $X_k$ ,  $Y_k$ ,  $Z_k$ , контролируя значение МП в геометрическом центре ТГК магнитометром ММ-102.

10.4.5 Установить датчик магнитометра POS-1 в геометрический центр ТГК.

10.4.6 Для определения неортогональности магнитных осей X и Z:  
- воспроизвести значение МИ  $B_x$  60 мкТл основной обмоткой X, измерить значение магнитометром POS-1, занести в протокол поверки (таблица А.4);

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата					
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	АЮИР.411172.004 Д5				
					Лист				
					16				



- воспроизвести значение МИ  $B_z$  60 мкТл основной обмоткой Z, измерить значение магнитометром POS-1, занести в протокол поверки (таблица А.4);

- провести серию из четырех измерений МИ при четырех возможных комбинациях направлений МИ  $B_{++}$ ,  $B_{+-}$ ,  $B_{-+}$ ,  $B_{--}$  при одновременном воспроизведении МИ обмотками X и Z (по 60 мкТл каждая). Результаты измерений внести в протокол поверки (таблица А.4).

10.4.7 Вычислить угол неортогональности  $\alpha_{xz}$  в радианах по формуле

$$\alpha_{xz} = \frac{B_{++}^2 + B_{--}^2 - B_{+-}^2 - B_{-+}^2}{8 \cdot B_x \cdot B_z} \quad (5)$$

где  $B_{++}$ ,  $B_{+-}$ ,  $B_{-+}$ ,  $B_{--}$  - измеренные значения сумм двух векторов МИ при соответствующей комбинации направлений векторов МИ основных обмоток X и Z меры (первый индекс при буквенном обозначении магнитной индукции B относится к направлению вектора  $B_x$ , второй – к  $B_z$ );

$B_x$  и  $B_z$  — значения МИ, создаваемые соответственно основными обмотками X и Z меры.

10.4.8 Угол неортогональности  $\alpha_{xz}$  в радианах перевести в минуты по формуле

$$\alpha_{xz}' = \frac{\alpha_{xz} \cdot 180}{\pi} \cdot 60 \quad (6)$$

10.4.9 Аналогично определить углы неортогональности  $\alpha_{yz}$  и  $\alpha_{xy}$ . Результаты внести в протокол поверки (таблица А.4).

10.4.10 Результаты проверки считать положительными, если неортогональность магнитных осей ТГК не превышает 6'.

### 10.5 Определение угла отклонения магнитной оси Z ТГК от вертикали

10.5.1 Собрать схему в соответствии с рисунком Б.1 (приложение Б).

10.5.2 Убедиться, что пузырьковый уровень, установленный в основании ТГК, находится в нулевом положении.

10.5.3 Скомпенсировать МПЗ компенсационными обмотками  $X_k$ ,  $Y_k$ ,  $Z_k$ , контролируя МП в геометрическом центре ТГК магнитометром ММ-102.

10.5.4 Разместить датчик магнитометра ММ-102 в геометрическом центре ТГК вдоль компоненты X (положение датчика ММ-102 «1» в таблице А.5).

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	АЮИР.411172.004 Д5					Лист
										17
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

10.5.5 Измерить магнитометром ММ-102 значение  $B_{0x}$ . Занести в протокол поверки (таблица А.5).

10.5.6 На ИТУ задать по основной «Обмотке Z» значение магнитной индукции  $B_z = 100$  мкТл.

10.5.7 Измерить ММ-102 значение  $B_{ММ-102x}$  по компоненте X. Занести в протокол поверки (таблица А.5).

10.5.8 На ИТУ задать по основной «Обмотке Z» значение магнитной индукции  $B_z = -100$  мкТл.

10.5.9 Измерить ММ-102 значение  $B_{ММ-102x}$  по компоненте X. Занести в протокол поверки (таблица А.5).

10.5.10 Повернуть датчик ММ-102 на  $180^\circ$  (положение датчика ММ-102 «2» в таблице А.5).

10.5.11 Измерить магнитометром ММ-102 значение  $B_{0x}$ . Занести в протокол поверки (таблица А.5).

10.5.12 На ИТУ задать по основной «Обмотке Z» значение магнитной индукции  $B_z = 100$  мкТл.

10.5.13 Измерить ММ-102 значение  $B_{ММ-102x}$  по компоненте X. Занести в протокол поверки (таблица А.5).

10.5.14 На ИТУ задать по основной «Обмотке Z» значение магнитной индукции  $B_z = -100$  мкТл.

10.5.15 Измерить ММ-102 значение  $B_{ММ-102x}$  по компоненте X. Занести в протокол поверки (таблица А.5).

10.5.16 Вычислить разность значений МИ по компоненте X по формуле (7) для каждой пары измерений

$$\Delta B_x = B_{ММ-102x} - B_{0x} \quad (7)$$

Из четырех полученных значений  $\Delta B_x$  найти среднее арифметическое  $\Delta B_{xcp}$ .

10.5.17 Рассчитать угол отклонения магнитной оси Z ТГК от вертикали в плоскости ZX  $\gamma_{zx}$  в радианах по формуле

$$\gamma_{zx} = \arcsin (\Delta B_{xcp} / B_z) \quad (8)$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	АЮИР.411172.004 Д5				Лист
									18
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

10.5.18 Перевести средние значения углов в радианах в угловые минуты, используя соотношение  $\alpha' = \alpha \text{ (рад)}/0,00029$ .

10.5.19 Скомпенсировать МПЗ компенсационными обмотками  $X_k, Y_k, Z_k$ , контролируя МП в геометрическом центре ТГК магнитометром ММ-102.

10.5.20 Разместить датчик магнитометра ММ-102 в геометрическом центре ТГК вдоль компоненты  $Y$ .

10.5.21 Провести измерения ориентации магнитной оси  $Z$  относительно вертикали в плоскости  $ZY$  аналогично 10.5.5 – 10.5.19.

10.5.22 Наибольший угол отклонения магнитной оси  $Z$  от вертикали  $\gamma_z$  рассчитать по формуле

$$\gamma_z = (\gamma_{zx}^2 + \gamma_{zy}^2)^{1/2} \quad (9)$$

10.5.23 Результаты проверки считать положительными, если магнитная ось  $Z$  ТГК отклонена от вертикали не более чем на  $20'$ .

## 11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 Если при выполнении всех операций поверки были получены положительные результаты, то средство измерений признается соответствующим установленным метрологическим требованиям при утверждении типа и пригодным к дальнейшему применению.

11.2 Если при выполнении операций поверки были получены положительные результаты, а поверка проводилась в сокращенном объеме, то средство измерений признается соответствующим установленным метрологическим требованиям и пригодным к дальнейшему применению в объеме проведенной поверки.

## 12 Оформление результатов поверки

12.1 Результаты поверки оформить в соответствии с порядком проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке.

12.2 Оформить протокол поверки в соответствии с формой приложения А.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата
	 18.01.18			

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	АЮИР.411172.004 Д5	Лист
						19

12.3 В целях подтверждения поверки в соответствии с порядком создания и ведения Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений, передачи сведений в него и внесения изменений в данные сведения, предоставления содержащихся в нем документов и сведений в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений должны быть переданы:

- сведения о результатах поверки СИ;
- информация об объёме проведенной поверки (при проведении поверки в сокращенном объеме).

12.4 По заявлению владельца СИ или лица, представившего его на поверку, в случае положительных результатов поверки:

- выдать свидетельство о поверке и (или)
- в формуляр СИ внести запись о проведенной поверке;

в случае отрицательных результатов поверки:

- выдать извещение о непригодности к применению СИ с указанием причин непригодности.

12.5 Свидетельства о поверке и извещения о непригодности оформляются на основании сведений, содержащихся в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

12.6 В формуляре СИ сделать запись «поверка выполнена», заверить подписью поверителя с расшифровкой (фамилия и инициалы), нанести знак поверки и указать дату поверки.

12.7 В целях предотвращения доступа к узлам настройки (регулировки) СИ, в местах, предусмотренных их конструкцией, по завершении поверки установить пломбы, содержащие изображение знака поверки.

Инт. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инт. № дубл.
Подп. и дата	

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	АЮИР.411172.004 Д5	Лист
						20

Приложение А

(рекомендуемое)

Форма протокола поверки

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ

№

от «      »      20 г.

**А.1 Даты проведения поверки**

\_\_\_\_\_ (при многодневной поверке)

Средство измерений \_\_\_\_\_ Мера магнитной индукции  
трехкомпонентная ММИТ зав. № \_\_\_\_\_  
наименование, тип

Наименование и адрес заказчика \_\_\_\_\_

НД на методы и средства поверки \_\_\_\_\_

Наименование и адрес лаборатории \_\_\_\_\_

Место проведения поверки \_\_\_\_\_

**Условия поверки**

Температура окружающего воздуха, °С

Относительная влажность воздуха, %

Атмосферное давление, кПа

Напряжение питающей сети, В

Частота питающей сети, Гц

**Средства поверки и срок действия свидетельств о поверке**

**Составные части ММИТ**

ТТК №

ИТУ №

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	АЮИР.411172.004 Д5					Лист
										21
										Изм

## Результаты выполнения операций поверки

1 Внешний осмотр – соответствует (не соответствует).

2 Опробование – соответствует (не соответствует).

3 Проверка ПО – соответствует (не соответствует).

4 Определение метрологических характеристик

4.1 Проверка диапазона и определение абсолютной погрешности воспроизведения МИ постоянного поля по трем направлениям магнитных осей X, Y, Z основными обмотками ТГК

Таблица А.1

Обмотка	Полярность	Вуст, мкТл	Вд, мкТл	$\Delta B$ , мкТл	$\Delta B_{доп}$ , мкТл	Вывод
X (Y, Z)	+	100			0,202	соотв. (не соотв.)
	-	100			0,202	соотв. (не соотв.)
	+	80			0,162	соотв. (не соотв.)
	-	80			0,162	соотв. (не соотв.)
	+	60			0,122	соотв. (не соотв.)
	-	60			0,122	соотв. (не соотв.)
	+	40			0,082	соотв. (не соотв.)
	-	40			0,082	соотв. (не соотв.)
	+	20			0,042	соотв. (не соотв.)
	-	20			0,042	соотв. (не соотв.)
	+	10			0,022	соотв. (не соотв.)
	-	10			0,022	соотв. (не соотв.)
	+	5			0,012	соотв. (не соотв.)
	-	5			0,012	соотв. (не соотв.)
	+	1			0,004	соотв. (не соотв.)
	-	1			0,004	соотв. (не соотв.)
	+	0,010			0,002	соотв. (не соотв.)
	-	0,010			0,002	соотв. (не соотв.)

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
	<i>[Подпись]</i> 18.01.18			

АЮИР.411172.004 Д5

Лист

22

**4.2 Проверка диапазона и определение абсолютной погрешности воспроизведения МИ постоянного поля по трем направлениям магнитных осей X, Y, Z компенсационными обмотками ТГК**

Таблица А.2

Обмотка	Полярность	Вуст, мкТл	Вд, мкТл	$\Delta B$ , мкТл	$\Delta B_{доп}$ , мкТл	Вывод
Xк (Yк, Zк)	+	60			0,122	соотв. (не соотв.)
	-	60			0,122	соотв. (не соотв.)
	+	40			0,082	соотв. (не соотв.)
	-	40			0,082	соотв. (не соотв.)
	+	20			0,042	соотв. (не соотв.)
	-	20			0,042	соотв. (не соотв.)
	+	10			0,022	соотв. (не соотв.)
	-	10			0,022	соотв. (не соотв.)
	+	5			0,012	соотв. (не соотв.)
	-	5			0,012	соотв. (не соотв.)
	+	1			0,004	соотв. (не соотв.)
	-	1			0,004	соотв. (не соотв.)
	-	0,010			0,002	соотв. (не соотв.)
	-	0,010			0,002	соотв. (не соотв.)

**4.3 Определение неоднородности МИ в рабочем объеме ТГК**

Таблица А.3

Обмотка	Координата по оси	Вуст, мкТл	Вд, мкТл	N, %	N <sub>доп</sub> , %	Вывод
X	центр	60			0,06	соотв. (не соотв.)
	+5 см	60			0,06	соотв. (не соотв.)
	-5 см	60			0,06	соотв. (не соотв.)
Y	центр	60			0,06	соотв. (не соотв.)
	+5 см	60			0,06	соотв. (не соотв.)
	-5 см	60			0,06	соотв. (не соотв.)
Z	центр	60			0,06	соотв. (не соотв.)
	+5 см	60			0,06	соотв. (не соотв.)
	-5 см	60			0,06	соотв. (не соотв.)

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

18.01.18

АЮИР.411172.004 Д5

#### 4.4 Определение неортогональности магнитных осей ТГК

Таблица А.4

Обмотки	Направление МИ	B, мкТл	Vx, мкТл	Vy, мкТл	Vz, мкТл	$\alpha$ , рад	$\alpha'$
XZ	+ +			-			
	+ -						
	- -						
	- +						
YZ	+ +		-				
	+ -						
	- -						
	- +						
XY	+ +				-		
	+ -						
	- -						
	- +						

Вывод: соответствует (не соответствует).

#### 4.5 Определение угла отклонения магнитной оси Z ТГК от вертикали

Таблица А.5

Плоскость	Положение датчика ММ-102	Vz, мкТл	V <sub>0</sub> , нТл	V <sub>ММ-102</sub> , нТл	$\Delta V$ , нТл	$\Delta V_{ср}$ , нТл	$\gamma$ , рад	$\gamma'$	$\gamma z'$
ZX	1	100							
	1	-100							
	2	100							
	2	-100							
ZY	3	100							
	3	-100							
	4	100							
	4	-100							

Вывод: соответствует (не соответствует).

#### 5 Заключение

5.1 По результатам поверки мера магнитной индукции трехкомпонентная ММИТ заводской № \_\_\_ признана пригодной к применению.

Поверитель

Ив. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------

АЮИР 411172.004 Д5

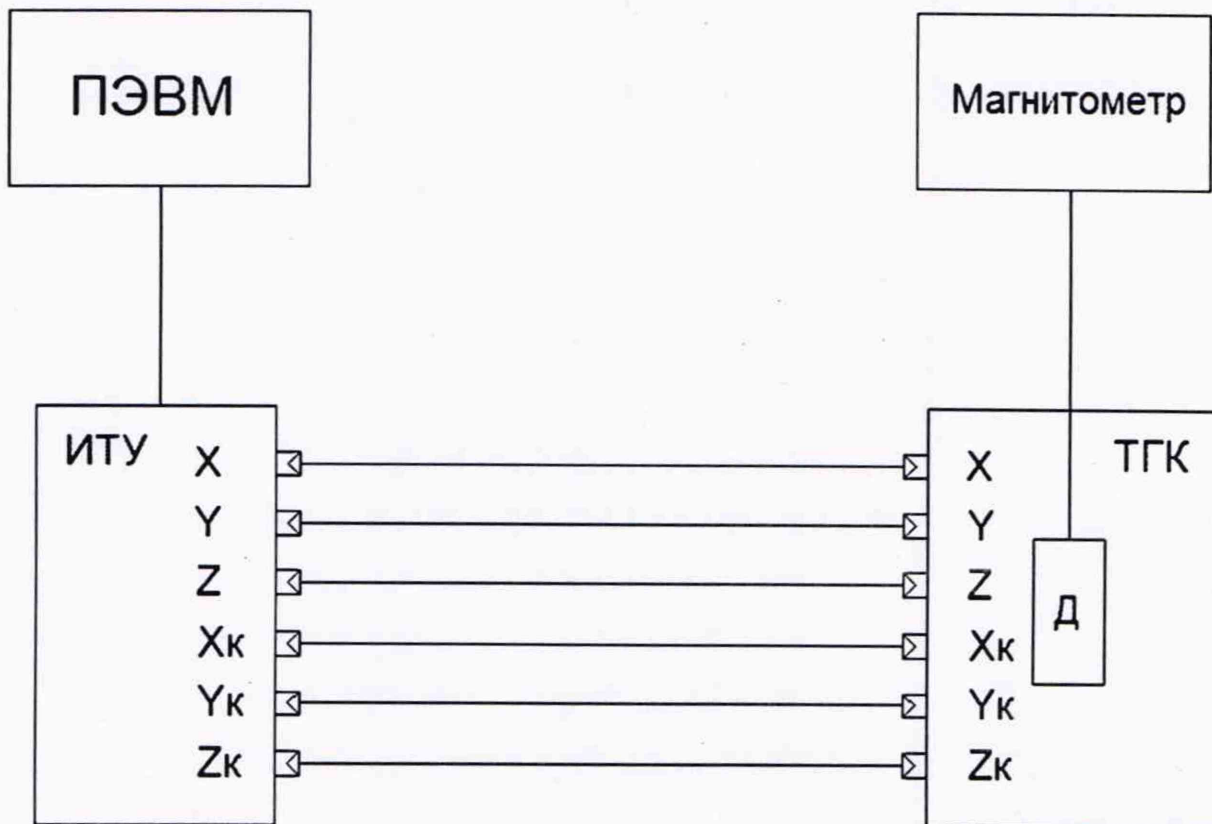


# Приложение Б

(обязательное)

## Схема подключения СИ

при определении метрологических характеристик



Д – датчик магнитометра (POS-1 или ММ-102).

Рисунок Б.1 – Схема подключения СИ  
при определении метрологических характеристик ММИТ

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

## Перечень принятых сокращений

- ИТУ - источник тока управляемый  
 МИ - магнитная индукция  
 МПЗ - магнитное поле Земли  
 СИ - средство измерений  
 ПО - программное обеспечение  
 ПЭВМ - персональная электронно-вычислительная машина  
 ТГК - трехкомпонентные кольца Гельмгольца АЮИР.411172.005.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	АЮИР.411172.004 Д5					Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						26

### Лист регистрации изменений

Изм	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в докум.	№ докум.	Входящий № сопроводительного докум. и дата	Подп.	Дата
	измененных	замененных	новых	аннулированных					

Инв. № подл.	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

АЮИР.411172.004 Д5