

СОГЛАСОВАНО

**Первый заместитель генерального
директора - заместитель по научной
работе ФГУП «ВНИИФТРИ»**



А.Н. Щипунов

23 » 08 2021 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Тесламетры ЯМР универсальные Metrolab

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

РТ2026/MFC2046 МП

р.п. Менделеево
2021 г.

Содержание

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	3
2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	3
3 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ	4
4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ	4
5 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....	5
6 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....	5
7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР.....	5
8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ	5
9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ.....	5
10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК	6
11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ	9
12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.....	9

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика поверки распространяется на тесламетры ЯМР универсальные Metrolab (далее - тесламетры), изготавливаемые фирмой «Metrolab Technology SA», Швейцария, и устанавливает объём, методы и средства первичной и периодической поверок.

Интервал между поверками – один год.

При проведении поверки необходимо руководствоваться эксплуатационной документацией на тесламетры «Тесламетры ЯМР универсальные Metrolab. Руководство по эксплуатации» (далее - РТ2026/MFC2046 РЭ).

Передача размеров единиц величин при поверке осуществляется методом прямых измерений.

При проведении поверки обеспечена прослеживаемость тесламетров:

- к государственному первичному специальному эталону единицы магнитной индукции в диапазоне 1 – 10 Тл ГЭТ 82-85;

- к государственному первичному эталону единиц магнитной индукции, магнитного потока, магнитного момента и градиента магнитной индукции ГЭТ 12-2021.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

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

Таблица 2.1 – Операции поверки

Наименование операций	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	7	да	да
2 Подготовка к поверке и опробование	8	да	да
3 Проверка программного обеспечения	9	да	да
4 Определение метрологических характеристик	10	да	да
4.1 Определение частоты опорного генератора	10.1	да	да
4.2 Определение диапазона измерений магнитной индукции постоянного магнитного поля, систематической и случайной составляющих относительной погрешности измерений магнитной индукции постоянного магнитного поля (для модификации РТ2026)	10.2	да	да
4.3 Определение диапазона измерений частоты ЯМР	10.3	да	нет
4.4 Определение номинального значения величины измеряемой магнитной индукции, диапазона измерений магнитной индукции постоянного магнитного поля, систематической и случайной составляющих относительной погрешности измерений магнитной индукции постоянного магнитного поля, расхождения измеренных значений магнитной индукции между датчиками, размещенными в одном и том же поле (для модификации MFC 2046)	10.4	да	да
5 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	11	да	да
6 Оформление результатов поверки	12	да	да

2.2 Поверка тесламетров осуществляется аккредитованными в установленном порядке юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями.

2.3 Допускается проведение поверки отдельных автономных блоков (детекторов), которые используются при эксплуатации по соответствующим пунктам настоящей методики поверки. Соответствующая запись должна быть сделана в эксплуатационных документах и свидетельстве о поверке на основании решения эксплуатирующей организации.

3 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны применяться средства поверки, указанные в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п.6.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средства измерений температуры окружающего воздуха от 15 до 30 °С с абсолютной погрешностью не более ± 1 °С; Средства измерений атмосферного давления от 84 до 106,7 кПа с абсолютной погрешностью не более $\pm 0,5$ кПа; Средства измерений относительной влажности окружающего воздуха от 30 до 80 % с абсолютной погрешностью не более ± 2 %;	Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7, рег. № 71394-18
	Средства измерений напряжения сети питания от 198 до 242 В с относительной погрешностью не более ± 1 %; Средства измерений частоты сети питания от 49,5 до 50,5 Гц с абсолютной погрешностью не более $\pm 0,02$ Гц;	Мультиметр цифровой 34401А рег. № 54848-13
п. 10 Определение метрологических характеристик	Частотомер, диапазон измерений частоты от 9 до 10 МГц с относительной погрешностью не более $\pm 1 \cdot 10^{-7}$	Частотомер электронно-счетный ЧЗ-85/3, рег. № 32359-06
	Первичный эталон единицы магнитной индукции в диапазоне 1 – 10 Тл	Государственный первичный специальный эталон единицы магнитной индукции в диапазоне 1 – 10 Тл ГЭТ 82-85
	Рабочий эталон 1 разряда единицы магнитной индукции постоянного магнитного поля, диапазон воспроизводимых значений магнитной индукции от 0,02 до 2 Тл по ГОСТ 8.030-2013	Государственный рабочий эталон 1 разряда единицы магнитной индукции постоянного магнитного поля, диапазон воспроизводимых значений магнитной индукции от 0,02 до 2 Тл (3.1.ZZT.0021.2013)
	Источники постоянного магнитного поля 1,5 Тл; 3 Тл, неоднородность не более 0,01 % в объеме 30×30×30 мм; размер рабочей области не менее 300×300×600 мм	Магнитные системы медицинских магниторезонансных томографов (вспомогательное оборудование)
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

3.2 Применение Государственного первичного специального эталона единицы магнитной индукции в диапазоне 1 – 10 Тл ГЭТ 82-85 обусловлено Приказом Росстандарта № 3449 от 30 декабря 2019 года «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений магнитной индукции в диапазоне от 0,1 до 10 Тл при температурах от 4,2 до 300 К» в соответствии с которым передача размера единицы магнитной индукции тесламетрам постоянного магнитного поля с диапазоном измерений от 1 до 10 Тл и пределами допускаемых относительных погрешностей измерений от 0,003 до 0,01 % производится от первичного эталона.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки могут быть допущены лица, имеющие высшее или среднее техническое образование и практический опыт в области радиотехнических измерений, аттестованные на право проведения поверки.

5 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки следует соблюдать требования ГОСТ 12.3.019-80 и требования безопасности, устанавливаемые эксплуатационной документацией на поверяемые тесламетры и используемое при поверке оборудование.

6 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 Поверку проводить при условиях:

- температура окружающего воздуха от 15 до 25 °С;
- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа;
- относительная влажность окружающего воздуха от 30 до 80 %;
- напряжение сети питания от 198 до 242 В;
- частота сети питания от 49,5 до 50,5 Гц.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР

7.1 Перед распаковыванием тесламетр необходимо выдержать в течение 4 ч в теплом сухом помещении при температуре окружающего воздуха от плюс 15 до плюс 25 °С.

7.2 Распаковать тесламетр, произвести внешний осмотр и установить выполнение следующих требований:

- соответствие комплектности и маркировки тесламетра руководству по эксплуатации РТ2026/МFC2046 РЭ;
- отсутствие видимых механических повреждений (в том числе дефектов покрытий), при которых эксплуатация недопустима;
- отсутствие ослабления крепления элементов конструкции;
- отсутствие изломов и повреждений кабелей.

7.3 Результаты поверки считать положительными, если указанные в п. 6.2 требования выполнены, надписи и обозначения маркировки тесламетра имеют четкое видимое изображение.

В противном случае дальнейшие операции не выполняют, а тесламетр признают непригодным к применению.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ

8.1 Подготовка к поверке

8.1.1 Поверитель должен изучить эксплуатационные документы на поверяемые тесламетры и используемые средства поверки.

8.1.2 Перед проведением поверки используемое при поверке оборудование должно быть подготовлено к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на него.

8.2 Опробование

8.2.1 Опробование проводить одновременно с определением частоты опорного генератора.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

9.1 Проверка производится при загрузке программного обеспечения (далее ПО) тесламетра.

9.2 Сведения о наименовании ПО и номере версии выводятся на экран компьютера. (см. таблицы 8.1, 8.2).

9.3 Результаты проверки ПО считать положительными, если наименование ПО и номер версии соответствуют приведенным в таблицах 9.1, 9.2.

9.4 В противном случае дальнейшие операции не выполняют, а тесламетр признают непригодным к применению.

Таблица 9.1 - Идентификационные данные ПО для модификации РТ2026

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	РТ2026
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже 1.4.0.0
Цифровой идентификатор (контрольная сумма) встроенного ПО	-

Таблица 9.2 - Идентификационные данные ПО для модификации MFC2046

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование встроенного ПО	MFCSTool
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже V10.3.1
Цифровой идентификатор (контрольная сумма) встроенного ПО	-

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

10.1 Определение частоты опорного генератора

10.1.1 Подключить частотомер к выходу опорного генератора тесламетра и записать показания частотомера.

10.1.2 Результаты поверки считать положительными, если значение частоты опорного генератора составляет $(10\,000\,000 \pm 5)$ Гц.

10.2 Определение диапазона измерений магнитной индукции постоянного магнитного поля, систематической и случайной составляющих относительной погрешности измерений магнитной индукции постоянного магнитного поля (для модификации РТ2026)

10.2.1 Подсоединить к базовому блоку РТ2026 детектор 1326-10 R (Range 0.038-0.14).

10.2.2 Установить в рабочем объеме рабочего эталона 1 разряда единицы магнитной индукции постоянного магнитного поля значение магнитной индукции $B_{\text{э}} = 0,038$ Тл (установленное значение может отличаться от рекомендуемого на 10 %).

10.2.3 Поместить детектор в рабочий объем эталона и записать показания тесламетра (измеренное значение магнитной индукции $B_{\text{и}}$, Тл, и среднее квадратичное отклонение Б).

П р и м е ч а н и е - В диапазоне до 2 Тл измерения проводятся с использованием Рабочего эталона 1 разряда единицы магнитной индукции постоянного магнитного поля в диапазоне воспроизводимых значений магнитной индукции от 0,02 до 2 Тл, свыше 2 Тл - с использованием Государственного первичного специального эталона единицы магнитной индукции в диапазоне 1 – 10 Тл ГЭТ 82-85.

10.2.4 Рассчитать систематическую составляющую относительной погрешности $\delta_{\text{сист}}$, %, по формуле (1):

$$\delta_{\text{сист}} = 100 \cdot (B_{\text{и}} - B_{\text{э}}) / B_{\text{э}}, \quad (1)$$

где $B_{\text{и}}$ - измеренное значение магнитной индукции, Тл;

$B_{\text{э}}$ – эталонное значение магнитной индукции, Тл.

10.2.5 Рассчитать случайную составляющую относительной погрешности $\delta_{\text{сл}}$, %, по формуле (2):

$$\delta_{\text{сл}} = 2 \text{ Б} \cdot 100, \quad (2)$$

где Б – относительное среднее квадратичное отклонение измеренного значения магнитной индукции.

10.2.6 Повторить операции пп. 10.2.1 - 10.2.5, подключая соответствующие детекторы и устанавливая значения магнитной индукции согласно таблице 10.1.

Таблица 10.1

Детектор	Значение магнитной индукции, Тл			Систематическая составляющая погрешности, %	Случайная составляющая погрешности, %	Соотв.
	рекомендуемое	установленное	измеренное			
1	2	3	4	5	6	7
1326-10 R, 1526-10R (Range 0.038-0.14)	0,038					
	0,1					
	0,14					
1326-10 R, 1526-10R (Range 0.13-0.48)	0,13					
	0,3					
	0,48					
1326-10 R, 1526-10R (Range 0.46-1.5)	0,46					
	1					
	1,5					
1326-10 R, 1526-10R (Range 0.9-3.2)	0,9					
	1,5					
	3,2					
1326-10 R, 1526-10R (Range 1.4-4.8)	1,4					
	3					
	4,8					
1326-10 R, 1526-10R (Range 4.35-11.7)	4,35					
	7					
	10					
1326-10 R, 1526-10R (Range 0.1-3)	0,1					
	1					
	3					
1526-10R (Range 0.65-2.4)	0,65					
	1					
	2,4					
1426-10R (Range 0.19 – 0.52)	0,19					
	0,3					
	0,52					
1426-10R (Range 0.42-1.29)	0,42					
	0,7					
	1,29					
1426-10R (Range 1.13-3.52)	1,13					
	1,9					
	3,52					
1426-10R (Range 3.17-10.69)	3,17					
	6,0					
	10,0					

10.2.7 Результаты поверки считать положительными, если в диапазонах измерений, приведенных в графе 2 таблицы 10.1, значения систематической составляющей относительной погрешности измерений магнитной индукции постоянного магнитного поля находятся в пределах $\pm 0,003$ %, значения случайной составляющей относительной погрешности измерений магнитной индукции постоянного магнитного поля находятся в пределах $\pm 0,0005$ %.

В противном случае дальнейшие операции не выполняют, а тесламетр признают непригодным к применению.

10.3 Определение диапазона измерений частоты ЯМР и разрешающей способности при измерении частоты ЯМР

10.3.1 Диапазон измерения частоты ЯМР определить расчетным путем, исходя из диапазона измерений магнитной индукции (см. п 4.5) по формуле (4):

$$f = \frac{B \cdot \gamma}{2 \cdot \pi} \quad (4)$$

где f - частота ЯМР, МГц;

γ – гиромагнитное отношение ядер протонов, $\gamma = 267,52218744$ МГц/Тл;

B – значение магнитной индукции постоянного магнитного поля, Тл.

10.3.2 Результаты поверки считать положительными, если диапазон частот составляет от 1,63 до 425 МГц (для модификации РТ2026).

10.4 Определение номинального значения величины измеряемой магнитной индукции, диапазона измерений магнитной индукции постоянного магнитного поля, систематической и случайной составляющих относительной погрешности измерений магнитной индукции постоянного магнитного поля, расхождения измеренных значений магнитной индукции между датчиками, размещенными в одном и том же поле (для модификации MFC 2046)

10.4.1 Подключить к тесламетру детектор MFC9046.

10.4.2 С помощью эталонного тесламетра измерить значение магнитной индукции B_{Σ} , Тл в центре источника постоянного магнитного поля.

Примечание 1: в качестве эталонного тесламетра использовать тесламетр из состава рабочего эталона 1 разряда единицы магнитной индукции постоянного магнитного поля в диапазоне воспроизводимых значений магнитной индукции от 0,02 до 2 Тл, свыше 2 Тл – тесламетр из состава Государственного первичного специального эталона единицы магнитной индукции в диапазоне 1 – 10 Тл ГЭТ 82-85.

Примечание 2: в качестве источника магнитного поля рекомендуется использовать магнитную систему медицинских магнитно-резонансных томографов, значение магнитной индукции которой должно быть равным номинальному значению измеряемой магнитной индукции подключенного детектора.

10.4.3 Провести процедуру нормализации показаний тесламетра MFC 2046.

10.4.4 Установить в рабочую область источника магнитного поля детектор MFC904 так, чтобы первый чувствительный элемент находился в центре рабочего объема, и записать показания тесламетра (измеренное значение магнитной индукции B_i , Тл и среднее квадратичное отклонение σ).

10.4.5 Повторить операции пп. 10.2.4 -10.2.5.

10.4.6 Повторить операции пп. 10.4.2 - 10.4.5, последовательно устанавливая все чувствительные элементы, расположенные в детекторе в центр рабочего объема источника поля.

10.4.7 Рассчитать расхождения измеренных значений магнитной индукции между чувствительными элементами δ , %, размещенными в одном и том же поле, по формуле (2):

$$\delta = 100 \cdot 0,5 (B_{\max} - B_{\min}) / B_{\Sigma}, \quad (2)$$

где $B_{\max}$, $B_{\min}$ - максимальное и минимальное измеренное значение магнитной индукции из значений, полученных от всех чувствительных элементов, входящих в состав детектора, Тл;

B_{Σ} – эталонное значение магнитной индукции, Тл.

10.4.8 Результаты расчетов занести в таблицу 10.2

Таблица 10.2

Чувствительный элемент	Значение магнитной индукции, Тл		Систематическая составляющая погрешности, %	Случайная составляющая погрешности, %	Соотв.
	эталонное	измеренное			
1					
2					
....					
24					
Расхождение измеренных значений, δ , %					

10.4.9 Повторить операции пп. 10.4.1 - 10.4.8 для детекторов MFC9046, входящих в комплект тесламетра (модификации MFC 2046).

10.4.10 Результаты поверки считать положительными, если значения относительной систематической составляющей погрешности измерений магнитной индукции постоянного магнитного поля находятся в пределах $\pm 0,003$ % для всех чувствительных элементов, входящих в состав детектора; значения случайной составляющей относительной погрешности измерений магнитной индукции постоянного магнитного поля находятся в пределах $\pm 0,0005$ %, расхождение измеренных значений магнитной индукции постоянного магнитного поля между чувствительными элементами, размещенными в одном и том же постоянном магнитном поле, находится в пределе $\pm 0,00005$ %.

В противном случае дальнейшие операции не выполняют, а тесламетр признают непригодным к применению.

11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 Результаты поверки считать положительными, если значение частоты опорного генератора составляет $(10\ 000\ 000 \pm 5)$ Гц. %.

11.2 Результаты поверки считать положительными, если в диапазонах измерений, приведенных в графе 2 таблицы 10.1, значения систематической составляющей относительной погрешности измерений магнитной индукции постоянного магнитного поля находятся в пределах $\pm 0,003$ %, значения случайной составляющей относительной погрешности измерений магнитной индукции постоянного магнитного поля находятся в пределах $\pm 0,0005$ % (для модификации РТ2026).

11.2 Результаты поверки считать положительными, если диапазон измерений частоты ЯМР составляет от 1,63 до 425 МГц (для модификации РТ2026)

11.2 Результаты поверки считать положительными, если значения относительной систематической составляющей погрешности измерений магнитной индукции постоянного магнитного поля находятся в пределах $\pm 0,003$ % для всех чувствительных элементов, входящих в состав детектора; значения случайной составляющей относительной погрешности измерений магнитной индукции постоянного магнитного поля находятся в пределах $\pm 0,0005$ %, расхождение измеренных значений магнитной индукции постоянного магнитного поля между чувствительными элементами, размещенными в одном и том же постоянном магнитном поле, находится в пределе $\pm 0,00005$ % (для модификации МFC 2046).

12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 Тесламетр признается годным, если в ходе поверки все результаты поверки положительные.

12.2 При выполнении поверки в ограниченном объеме (см п. 2.2) в свидетельстве о поверке указываются типы детекторов, для которых была произведена поверка.

12.3 Результаты поверки тесламетра подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. По заявлению владельца тесламетра или лица, представившего его на поверку, на средство измерений выдается свидетельство о поверке средства измерений, и (или) в паспорт тесламетра вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки, или выдается извещение о непригодности к применению тесламетра.

Начальник НИО-1
ФГУП «ВНИИФТРИ»

Начальник лаборатории 123
ФГУП «ВНИИФТРИ»



О.В. Каминский



А.Е. Ескин