



ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР СТАНДАРТИЗАЦИИ,
МЕТРОЛОГИИ И ИСПЫТАНИЙ В Г. МОСКВЕ»
(ФБУ «РОСТЕСТ – МОСКВА»)

УТВЕРЖДАЮ
Зам. Генерального директора
ФБУ «Ростест-Москва»
Е.В. Морин
«21» апреля 2015 г.



ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ
ТЕСЛАМЕТРЫ-ВЕБЕРМЕТРЫ УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ТПУ-2В
ТПКЛ.411171.010МП**

г.р. 61082 - 15

Москва
2015

1 Общие требования

1.1 Поверку ТПУ-2В проводят юридические лица, аккредитованные в установленном порядке на право поверки данных средств измерений. Требования к организации, порядку проведения поверки и форма представления результатов поверки определяются действующими нормативными документами.

1.2 Поверке подлежат все вновь выпускаемые, выходящие из ремонта и находящиеся в эксплуатации ТПУ-2В.

Первичную поверку проводят при выпуске ТПУ-2В из производства и после его ремонта. Периодическую поверку проводят при эксплуатации ТПУ-2В, а также при его вводе в эксплуатацию, если срок хранения превысил установленный интервал между поверками.

1.3 Интервал между периодическими поверками составляет один год.

2 Операции и средства поверки

2.1 При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень операций при проведении поверки

Наименование операции	Номер пункта документа по поверке	Проведение операций при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	5.1	Да	Да
Опробование	5.2	Да	Да
Определение диапазона и относительной погрешности измерений магнитной индукции постоянного поля (режим «Тесламетр»)	5.3	Да	Да
Определение основной и дополнительной частотной относительной погрешности измерений магнитной индукции переменного и импульсного поля (режим «Тесламетр»)	5.4	Да	Да
Определение диапазона и относительной погрешности измерений потокосцепления (режим «Веберметр»)	5.5	Да	Да
Оформление результатов поверки	6	Да	Да

2.2 При проведении поверки должны применяться эталоны и средства измерений, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень средств поверки

Номер пункта документа по поверке	Наименование и тип (условное обозначение) средства поверки; его основные метрологические и технические характеристики
5.2	<p>1 Рабочий эталон 1 разряда единицы магнитной индукции в диапазоне от 0,01 до 20 мТл при частотах от 0 до 2000 Гц, регистрационный номер 3.2.ГМБ.0002.2014, в составе:</p> <p>1.1 Мера магнитной индукции КПКВ. Диапазон магнитной индукции от 0,01 до 20 мТл; неоднородность магнитного поля в сфере Ø 30 мм не более $\pm 0,1$ %; рабочий диапазон частот от 0 до 2000 Гц; пределы допускаемой погрешности постоянной $\pm 0,2$ %.</p> <p>1.2 Источник питания постоянного тока GPR-11Н30. Сила тока от 0,001 до 3 А; напряжение от 0 до 110 В; нестабильность не хуже 0,01 %.</p> <p>1.3 Генератор сигналов низкочастотный ГЗ-118, нестабильность 4 % за 3 ч.</p> <p>1.4 Вольтметр универсальный В7-78/1. Пределы измерений постоянного (переменного) напряжения 100 мВ / 1 / 10 / 100 / 1000 (750) В, погрешность 0,004 (0,09) %; пределы измерений постоянного (переменного) тока 10 / 100 мА / 1 / 3 А (1 / 3 А), погрешность 0,05 (0,15) % при частоте от 10 Гц до 20 кГц.</p> <p>1.5 Катушки электрического сопротивления Р321 0,1; 1; 10 Ом. Класс точности 0,01.</p> <p>1.6 Усилитель мощности низкой частоты DP2240.</p> <p>2 Экран магнитный цилиндрический. Внутренний диаметр не менее 8 мм, коэффициент экранирования не менее 100</p>
5.3	<p>1 Рабочий эталон 2 разряда единицы магнитной индукции постоянного магнитного поля в диапазоне от 0,02 до 2,0 Тл, регистрационный номер 3.2.ГМБ.0001.2014, в составе:</p> <p>1.1 Измеритель магнитной индукции Ш1-9. Диапазон измерений от 0,02 до 2 Тл. Пределы относительной допускаемой погрешности измерения однородного стабильного магнитного поля $\pm (0,01 + 0,1/V_{изм})$, %, где $V_{изм}$ – измеренное значение магнитной индукции, мТл.</p> <p>1.2 Электромагнит однородного стабильного магнитного поля с источником питания. Диапазон магнитной индукции от 0,02 до 2 Тл; неоднородность магнитного поля в зазоре между полюсами 12 мм на расстоянии ± 5 мм от оси не более 0,01 %; нестабильность не хуже 0,01 % за 10 мин.</p> <p>1.3 Экранированная катушка однородного стабильного магнитного поля с источником питания. Диапазон магнитной индукции от 0,02 до 0,4 Тл; неоднородность магнитного поля в рабочем объеме 17×11 мм не более 0,02 %; нестабильность не хуже 0,01 % за 10 мин.</p> <p>1.4 Источник питания электромагнита и экранированной катушки.</p> <p>2 Рабочий эталон 1 разряда рег. номер 3.2.ГМБ.0002.2014.</p> <p>3 Экран магнитный цилиндрический.</p>
5.4	<p>Рабочий эталон 1 разряда единицы магнитной индукции в диапазоне от 0,01 до 20 мТл при частотах от 0 до 2000 Гц, регистрационный номер 3.2.ГМБ.0002.2014</p>

5.5	<p>Комплект СИ, который используется в качестве калибратора магнитного потока, градуированного в вольт-секундах</p> <p>1 Калибратор многофункциональный 5522A (Fluke). Погрешность воспроизведения постоянного напряжения $2 \cdot 10^{-5} \cdot U$ [В] + 0,1 мкВ. Относительная погрешность, %, воспроизведения напряжения: 1 мкВ – 10 %; 10 мкВ – 1 %; 100 мкВ – 0,1 %.</p> <p>2 Калибратор времени интегрирования напряжения в составе:</p> <ul style="list-style-type: none"> - генератор-калибратор гармонических сигналов СК6-122. Коэффициент гармоник 0,001 %; - частотомер электронно-счетный ЧЗ-54. Нестабильность за год $1,5 \cdot 10^{-7}$. <p>Примечание – Поверка тесламетра-веберметра по 5.5, как видно из описания процесса интегрирования прибором (см. 1.4.6 в ТПКЛ.411171.010РЭ), может быть сведена к определению погрешностей измерений двух параметров: частоты тактового генератора, которая определяет в т.ч. время интегрирования, и интеграла напряжения постоянного тока (в вольт-секундах) за установленное время при подаче на вход поверяемого тесламетра-веберметра нормированных значений напряжения. Этот подход реализован в комплекте СИ, который используется в качестве калибратора магнитного потока.</p>
-----	---

2.3 Применяемые при поверке эталоны и средства измерений должны иметь действующие свидетельства о поверке.

2.4 При проведении поверки допускается использование других эталонов и средств измерений с метрологическими характеристиками не хуже указанных в таблице 2.

3 Требования безопасности

3.1 При поверке должны выполняться требования безопасности, изложенные в 2.2 ТПКЛ.411171.010РЭ и в документации на применяемые средства поверки и оборудование.

4 Условия проведения поверки и подготовка к ней

4.1 Поверку тесламетров-веберметров проводить в спокойной магнитной обстановке (в помещении для испытаний отсутствуют значительные ферромагнитные массы и источники магнитных полей промышленной частоты и ее гармоник, изменения внешнего постоянного магнитного поля определяются только вариациями геомагнитного поля) в нормальных условиях по ГОСТ 22261:

- температура окружающего воздуха + (20 ± 2) °С;
- относительная влажность воздуха от 30 до 80 %;
- атмосферное давление от 84,0 до 106,7 кПа;
- напряжение питающей сети (220 ± 4,4) В;
- частота питающей сети (50 ± 0,5) Гц.

Перед проведением поверки необходимо выдержать ТПУ-2В во включенном состоянии не менее 30 мин.

4.2 Операции, которые проводят со средствами поверки и с поверяемым ТПУ-2В, должны соответствовать указаниям, приведенным в эксплуатационной документации на них.

5 Проведение поверки

5.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре должно быть установлено:

- соответствие комплектности ТПУ-2В;
- наличие эксплуатационной документации;

- наличие маркировки тесламетра-веберметра и всех измерительных зондов;
- отсутствие дефектов, влияющих на работу ТПУ-2В.

Результаты поверки считают положительными, если: прибор поступил в поверку в комплекте с формуляром ТПКЛ.411171.010ФО; состав ТПУ-2В соответствует указанному в разделе 3 ТПКЛ.411171.010ФО; отсутствуют дефекты, влияющие на работу прибора.

5.2 Опробование

При опробовании выполнить следующие операции:

- 1) подготовить тесламетр-веберметр к работе, как указано в 2.3 ТПКЛ.411171.010РЭ;
- 2) подключить к прибору измерительный зонд «М»;
- 3) установить: режим работы «Тесламетр», вид магнитного поля «Переменное»;
- 4) поместить зонд «М» в рабочий объем меры магнитной индукции КПКВ, включенной для воспроизведения переменного магнитного поля частоты 50 Гц;
- 5) установить значение магнитной индукции, близкое к 10 мТл, и измерить это значение на пределах измерения 10, 100 и 1000 мТл;
- 6) повторить операции 4), 5) с зондом «С»;
- 7) подключить к прибору блок усилителя с присоединенным зондом «И»;
- 8) повторить операции 4), 5).

Результаты поверки считают положительными, если со всеми зондами производится измерение переменного магнитного поля с магнитной индукцией, близкой к 10 мТл.

5.3 Для определения диапазона и относительной погрешности измерений магнитной индукции постоянного магнитного поля выполнить следующие операции:

- 1) установить тесламетр-веберметр в режим измерения постоянного магнитного поля, установить количество измерений $N = 5$;
- 2) расположить меру магнитной индукции КПКВ так, чтобы ее ось совпадала с вектором магнитной индукции внешнего (геомагнитного) поля;
- 3) подключить к тесламетру-веберметру измерительный зонд «М», при необходимости установить нуль прибора;
- 4) поместить измерительный зонд в рабочий объем меры КПКВ так, чтобы центр измерительного преобразователя совпал с центром рабочего объема меры;
- 5) последовательно устанавливая значения магнитной индукции в соответствии с таблицей 3 при обоих направлениях тока в мере, провести измерения и вычислить основную относительную погрешность $\delta_0, \%$, по формуле (1):

$$\delta_0 = [(B_n - B_0)/B_0] \cdot 100, \quad (1)$$

где:

B_0 – установленное в мере по силе тока и постоянной меры значение магнитной индукции, мТл;

B_n – значение магнитной индукции, мТл, которое определяется по формуле (2):

$$B_n = (B_+ - B_-)/2; \quad (2)$$

в этой формуле B_+ и B_- – значения магнитной индукции, измеренные при обоих направлениях тока в мере;

6) подключить к тесламетру-веберметру измерительный зонд «С», при необходимости установить нуль прибора и повторить 4) – 5);

7) подключить к тесламетру-веберметру измерительный зонд «М»;

8) поместить измерительные зонды поверяемого тесламетра-веберметра и тесламетра Ш1-9 в рабочий объем электромагнита однородного магнитного поля;

9) последовательно устанавливая значения магнитной индукции B_0 по показаниям эталонного тесламетра Ш1-9 в соответствии с таблицей 4а, производить отсчет показаний B_+ и B_- тесламетра-веберметра ТПУ-2В при обоих направлениях магнитного поля,

действующего на измерительный зонд; для обоих показаний (V_+ и V_-) вычислять относительную погрешность δ_0 в процентах по формуле (1), где за значения V_n принимать V_+ и V_- ;

10) подключить к тесламетру-веберметру измерительный зонд «С»;

11) поместить измерительные зонды поверяемого тесламетра-веберметра и тесламетра Ш1-9 в рабочий объем экранированной катушки однородного стабильного магнитного поля;

12) последовательно устанавливая значения магнитной индукции B_0 по показаниям эталонного тесламетра Ш1-9 в соответствии с таблицей 4б, производить отсчет показаний V_+ и V_- тесламетра-веберметра ТПУ-2В при обоих направлениях магнитного поля, действующего на измерительный зонд; для обоих показаний (V_+ и V_-) вычислять относительную погрешность δ_0 в процентах по формуле (1), где за значения V_n принимать V_+ и V_- ;

13) результаты измерений и вычислений заносить в таблицы 3, 4а, 4б;

14) сравнивать значения δ_0 , полученные при выполнении операций 1) – 12), со значениями δ_0 , вычисляемыми для данного значения магнитной индукции по формуле (1).

Результаты поверки считают положительными, если:

- диапазон и пределы измерений магнитной индукции постоянного поля соответствуют 1.2.1.2 ТПКЛ.411171.010РЭ;

- относительная погрешность измерений δ_0 не превышает значений, которые определяются по формулам (1.1а), (1.1б), (1.1в) в ТПКЛ.411171.010РЭ.

Таблица 3 – Измерения магнитной индукции постоянного поля в мере КПВК

Предел измерений, мТл	Рекомендуемое значение индукции, мТл	Установленное в мере значение B_0 , мТл	Показание тесламетра, мТл			Относительная погрешность δ_0 , %
			V_+	V_-	V_n	
1	0,1					
	0,9					
10	1,0					
	9,9					
100	10					
	20					

Таблица 4а – Измерения магнитной индукции постоянного поля в электромагните

Предел измерений	Рекомендуемое значение индукции, мТл	Показание Ш1-9 B_0 , мТл	Показание тесламетра, мТл		Относительная погрешность δ_0 , %	
			V_+	V_-	V_+	V_-
100 мТл	20					
	90					
1000 мТл	90					
	500					
	900					
10 Тл	500					
	900					
	1300					
	1900					

Таблица 4б – Измерения магнитной индукции постоянного поля в экранированной катушке

Предел измерений	Рекомендуемое значение индукции, мТл	Показание Ш1-9 B_0 , мТл	Показание тесламетра, мТл		Относительная погрешность δ_0 , %	
			B_+	B_-	B_+	B_-
100 мТл	20					
	90					
1000 мТл	100					
	200					
	300					
	400					
10 Тл	100					
	200					
	300					
	400					

5.4 Для определения основной относительной погрешности измерений магнитной индукции переменного и импульсного магнитного поля и дополнительной частотной относительной погрешности измерений магнитной индукции переменного поля выполнить следующие операции:

- 1) подключить к тесламетру-веберметру измерительный зонд «М»;
- 2) установить тесламетр-веберметр в режим измерения переменного магнитного поля;
- 3) поместить измерительный зонд в рабочий объем меры КПКВ так, чтобы центр измерительного преобразователя совпал с центром рабочего объема меры;
- 4) последовательно устанавливать в мере КПКВ частоту и максимальные значения магнитной индукции B_0 по таблице 5 и измерять поверяемым прибором максимальные значения магнитной индукции $B_{и}$;
- 5) для каждого значения магнитной индукции вычислять основную относительную погрешность δ_0 , %, по формуле (1);
- 6) подключить к тесламетру-веберметру измерительный зонд «С» и выполнить операции 3) – 5);
- 7) подключить к тесламетру-веберметру измерительный зонд «И» и выполнить операции 3) – 5);
- 8) результаты измерений и вычислений заносить в таблицу 5;
- 9) сравнить полученные значения δ_0 со значениями δ_0 , вычисляемыми для данной магнитной индукции по формуле (1.2) в ТПКЛ.411171.010РЭ для нормальной области частот до 2000 Гц; для рабочей области частот убедиться также в том, что дополнительная погрешность не превышает вычисленной по формуле (1.3) в ТПКЛ.411171.010РЭ.

Таблица 5 – Измерения магнитной индукции переменного поля в мере КПКВ

Предел измерений, мТл	Рекомендуемая индукция, мТл (максимальное значение)	Установленное в мере максимальное значение B_0 , мТл	Показание тесламетра $B_{и}$, мТл	Относительная погрешность δ_0 , %
Частота 9 Гц				
1	0,1			
	0,9			
10	0,9			
	9,0			
100	9,0			
	20			

1000	9,0 20			
Частота 58 Гц				
1	0,1 0,9			
10	0,9 9,0			
100	9,0 20			
1000	9,0 20			
Частота 1030 Гц				
1	0,1 0,9			
10	0,9 9,0			
100	9,0 20			
1000	9,0 20			
Частота 2640 Гц				
1	0,1 0,9			
10	0,9 9,0			
100	9,0 20			
1000	9,0 20			
Частота 4410 Гц				
1	0,1 0,9			
10	0,9 9,0			
100	9,0 20			
1000	9,0 20			

Результаты поверки считают положительными, если:

- основная относительная погрешность измерений магнитной индукции не превышает значений, которые определяются по формуле (1.2) в ТПКЛ.411171.010РЭ;
- нормальная область частот магнитной индукции составляет от 5 до 2000 Гц;
- рабочая область частот магнитной индукции составляет от 2 до 5 кГц;
- дополнительная относительная погрешность измерений в рабочей области частот не превышает значений, которые определяются по формуле (1.3) в ТПКЛ.411171.010РЭ.

5.5 Поверка тесламетра-веберметра в режиме «Веберметр», как видно из описания процесса интегрирования прибором (1.4.6 в ТПКЛ.411171.010РЭ), может быть сведена к определению погрешностей измерений двух параметров: частоты тактового генератора, которая определяет в т.ч. время интегрирования, и интеграла напряжения постоянного тока (в вольт-

секундах) за установленное время при подаче на вход поверяемого тесламетра-веберметра нормированных значений напряжения. Измерения проводят во всем диапазоне на различных пределах измерений. Для выполнения этих операций следует подключить к тесламетру-веберметру блок усилителя.

5.5.1 Для определения погрешности установки частоты тактового генератора выполнить следующие операции:

1) установить в тесламетре-веберметре следующие настройки:

- режим работы «Тесламетр»;
- измерительный зонд «И»;
- режим измерения переменного магнитного поля;
- частотный диапазон 70 кГц;
- предел измерений 100 Тл;
- количество измерений 5;

2) подключить к блоку усилителя генератор-калибратор гармонических сигналов СК6-122 и через тройник частотомер ЧЗ-54;

3) включить генератор-калибратор и установить: частоту 50 кГц; коэффициент гармоник 0,001 % (практически чистый гармонический сигнал); выходное напряжение 0,5 В;

4) после завершения 5 измерений в тесламетре-веберметре произвести отсчет результата измерений частоты поверяемым прибором и сравнить его с показанием частотомера. Результаты измерений занести в протокол.

Результаты поверки считают положительными, если относительная погрешность установки частоты тактового генератора поверяемого прибора не превышает 0,01 %, т.е. является пренебрежимо малой.

5.5.2 Для определения погрешности измерения за заданное время интеграла напряжения (вольт-секунд) при подаче на вход тесламетра-веберметра нормированных значений постоянного напряжения выполнить следующие операции:

1) установить в тесламетре-веберметре следующие настройки:

- режим работы «Веберметр»;
- «Изм. катушка 1»;
- способ запуска измерений «Пошаговый»;
- количество измерений 5;

2) подключить к входу блока усилителя калибратор многофункциональный 5522А в режиме воспроизведения постоянного напряжения;

3) включить калибратор 5522А и дать ему прогреться;

4) выставляя на поверяемом приборе требуемое время интегрирования, устанавливая на калибраторе последовательно значения напряжения (значения потокосцепления, которые подлежат измерению поверяемым прибором), по таблице 6. Далее выполнять операции 3.4.4 ТПКЛ.411171.010РЭ в режиме «Пошаговый» (см. 3.4.3.2 в ТПКЛ.411171.010РЭ). Следует при этом следить, чтобы при выполнении операции «Оценка шума» на выходе калибратора было установлено напряжение, равное нулю.

Таблица 6 – Измерения потокосцепления

Предел измерений	Установленные значения			Показание прибора Ψ_n	Погрешность $\delta, \%$
	Напряжение	Время интегрирования	Потокосцепление Ψ_0		
100 мкВ·с	*1 мкВ	1 с	1 мкВ·с		
	10 мкВ	1 с	10 мкВ·с		
	*50 мкВ	*1 с	50 мкВ·с		
	100 мкВ	1 с	100 мкВ·с		
1 мВ·с	10 мкВ	10 с	100 мкВ·с		

	*50 мкВ	*10 с	500 мкВ·с		
	100 мкВ	10 с	1 мВ·с		
10 мВ·с	1 мВ	1 с	1 мВ·с		
	*5 мВ	*1 с	5 мВ·с		
	5 мВ	2 с	10 мВ·с		
100 мВ·с	10 мВ	1 с	10 мВ·с		
	*50 мВ	*1 с	50 мВ·с		
	50 мВ	2 с	100 мВ·с		
1 В·с	100 мВ	1 с	100 мВ·с		
	*500 мВ	*1 с	500 мВ·с		
	500 мВ	2 с	1 В·с		
10 В·с	1 В	1 с	1 В·с		
	*500 мВ	*10 с	5 В·с		
	500 мВ	20 с	10 В·с		

Примечание к таблице 6 – Проверку погрешностей тесламетра-веберметра в точках таблицы 6, помеченных знаком (*), допускается проводить только при первичных поверках тесламетра-веберметра при выпуске их из производства.

5) для каждого установленного значения потокосцепления вычислять относительную погрешность δ , %, по формуле (3):

$$\delta = [(\Psi_{и} - \Psi_0)/\Psi_0] \cdot 100, \quad (3)$$

где Ψ_0 – установленное значение потокосцепления, $\Psi_{и}$ - измеренное значение потокосцепления;

6) результаты измерений и вычислений заносить в таблицу 6;

7) сравнить полученные значения δ со значениями δ , вычисляемыми для данного значения потокосцепления по формуле (1.4) в ТПКЛ.411171.010РЭ.

Результаты поверки считают положительными, если относительная погрешность измерений потокосцепления не превышает значений, которые определяются по формуле (1.4) в ТПКЛ.411171.010РЭ.

6 Оформление результатов поверки

6.1 Положительные результаты поверки ТПУ-2В оформляют в соответствии с действующими нормативными документами.

6.2 При отрицательных результатах поверки выдается извещение о непригодности ТПУ-2В, и применение его не допускается.

6.3 По результатам поверки делается соответствующая запись в разделе 7 формуляра ЦЕКВ.411171.010ФО.