

**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**

(подпись)

**М.п. «22» мая 2023 г.**

**Государственная система по обеспечению единства измерений  
Меры индуктивности и добротности многозначные Е1-20**

**Методика поверки**

**МП 2202-0092-2023**

**Руководитель лаборатории  
государственных эталонов в области измерения  
параметров электрических цепей**

  
Ю.П. Семенов  
(подпись)

**Заместитель руководителя лаборатории  
государственных эталонов в области измерений  
параметров электрических цепей**

  
Е.В. Кривицкая  
(подпись)

**г. Санкт-Петербург**

**2023 г.**

## 1 Общие положения

### 1.1 Область применения

Настоящая методика поверки применяется для поверки мер индуктивности и добротности многозначных Е1-20 (далее по тексту – меры Е1-20), используемых рабочих эталонов единицы индуктивности 2-го разряда в соответствии с ГОСТ Р 8.732-2011 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений индуктивности»; в качестве средств измерений электрической добротности в соответствии с ГОСТ Р 8.868-2014 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений электрической добротности».

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

При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача единицы индуктивности в соответствии с государственной поверочной схемой ГОСТ Р 8.732-2011 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений индуктивности», подтверждающая прослеживаемость к государственному первичному эталону единицы индуктивности ГЭТ 15-79 и единицы добротности в соответствии с государственной поверочной схемой в соответствии с ГОСТ Р 8.868-2014 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений электрической добротности», подтверждающая прослеживаемость к государственному первичному эталону единицы электрической добротности ГЭТ 139-2013.

Таблица 1 – Метрологические требования

Параметр	Частота, Гц	Диапазон измерений	Предел допускаемой относительной погрешности, %	
			при применении в качестве рабочего средства измерений	при применении в качестве рабочего эталона
Индуктивность	100; 120	0,5 Гн - 1000 Гн	-	±0,05
		3000 Гн - 10000 Гн	-	±0,1
	1000	0,5 Гн - 10 Гн	-	±0,05
Добротность	100	0,8 – 30 (при индуктивности 0,5 Гн – 10000 Гн)	±1	-
	120	0,5 – 30 (при индуктивности 0,5 Гн – 10000 Гн)	±1	-
	1000	2 – 12 (при индуктивности 0,5 Гн – 10 Гн)	±1	-

Данная методика поверки устанавливает методику первичной и периодической поверок приборов мер Е1-20. Методикой поверки предусмотрена возможность проведения поверки для меньшего числа величин, для меньшего числа номинальных значений индуктивности и добротности, для меньшего числа измерительных частот.

Методы, обеспечивающие реализацию методики поверки: прямое измерение поверяемым СИ величины, воспроизводимой мерой; сличение поверяемого средства измерений с эталоном с помощью компаратора.

**2 Перечень операций поверки средства измерений**

Для поверки мер Е1-20 должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень операций поверки

Наименование операции	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	-	-	
Контроль условий поверки	Да	Да	8.1
Проверка сопротивления изоляции	Да	Нет	8.2
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	8.3
Опробование	Да	Да	8.4
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия метрологическим требованиям:			
Определение относительной погрешности измерений индуктивности	Да	Да	9.1
Определение относительной погрешности измерений добротности	Да	Да	9.2
Подтверждение соответствия метрологическим требованиям	Нет	Да	9.3

**3 Требования к условиям проведения поверки**

Таблица 3 – Требования к условиям проведения поверки

Влияющая величина	Значение влияющей величины
Температура окружающего воздуха, °С	от +19 до +21
Относительная влажность воздуха, %	от 30 до 80
Атмосферное давление, кПа	от 84 до 106

**4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку**

К проведению поверки допускаются лица, изучившие настоящую методику поверки, эксплуатационные документы на меры Е1-20 и измерительное оборудование, ГОСТ Р 8.732-2011 и ГОСТ Р 8.868-2014.

## 5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

Таблица 4 – Метрологические и технические требования к средствам поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
Контроль условий поверки (п. 8.1)	Средства измерений температуры окружающего воздуха в диапазоне измерений от 15 °С до 25 °С с абсолютной погрешностью не более 0,5 °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 20 до 80 % с погрешностью не более 3 %; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 80 до 107 кПа, с абсолютной погрешностью не более 0,5 кПа;	Прибор комбинированный Testo 622, рег. № 53505-13
Проверка сопротивления изоляции (п. 8.2)	Измеритель сопротивления (на испытательное напряжение не ниже 500 В) в диапазоне измерений от 1 МОм до 1 ГОм	Тераомметр Ц404-М1, рег. № 12070-89
Опробование (п. 8.4)	Средства измерений индуктивности и добротности в диапазоне частот от 100 Гц до 1 кГц; Средства измерений напряжения в диапазоне от 1 В до 10 В.	Измеритель RLC E4980A, рег. № 62364-15; Мультиметр цифровой 34410A, рег. № 47717-11; Мультиметр цифровой 34461A, рег. № 54848-13
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия метрологическим требованиям (п. 9)	Меры индуктивности, аттестованные в качестве эталона не ниже 1 разряда по ГОСТ Р 8.732-2011, в диапазоне значений индуктивности от 0,5 Гн до 10 кГн; Меры электрической добротности, аттестованные в качестве эталона не ниже 2 разряда по ГОСТ Р 8.868-2014, в диапазоне значений добротности от 1 до 35; Средства измерений индуктивности и добротности в диапазоне частот от 100 Гц до 1 кГц	Меры индуктивности P5114, P5115, рег. № 9046-83; Набор эталонных мер индуктивности и добротности LQ-2408, рег. № 69615-17, 85851-22; Измеритель RLC E4980A, рег. № 62364-15; Анализаторы компонентов прецизионные WK6430B, WK6440B, рег. № 33772-07; Анализаторы импеданса прецизионные WK6500, рег. № 60119-15

Примечание - Допускается использовать при поверке другие средства измерений утвержденного типа и поверенные, аттестованные эталоны и аттестованное испытательное оборудование, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.

В случае изменения Государственных поверочных схем (ГПС) для средств измерений индуктивности и электрической добротности, необходимо сопоставить требования к средствам поверки и обязательные требования действующей ГПС.

Работа с указанными средствами измерений должна проводиться в соответствии с документацией по их эксплуатации.

## **6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки**

При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности, установленные ГОСТ 12.3.019-80 «Правила техники безопасности, при эксплуатации электроустановок потребителей», «Межотраслевыми правилами по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок». Соблюдены требования безопасности, изложенные в эксплуатационной документации на меру.

При проведении поверки, поверяемые СИ и СИ, применяемые при поверке, должны быть заземлены.

Требования безопасности – по ГОСТ Р 52319 – для класса защиты I, категории измерений.

## **7 Внешний осмотр средства измерений**

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие мер E1-20 следующим требованиям:

- меры E1-20, представленные на периодическую поверку, должны иметь данные о предыдущей поверке;
- меры E1-20 после ремонта должны быть представлены на первичную поверку;
- корпус мер E1-20 и разъемы не должны иметь механических повреждений;
- наличие зарядного устройства с кабелем;
- наличие комплекта измерительных кабелей согласно описанию типа;
- проверку соответствия внешнего вида СИ описанию типа СИ;
- проверку наличия знака утверждения типа в месте, указанном в описании типа СИ;
- выявление дефектов, способных оказать влияние на безопасность проведения поверки и (или) на результаты поверки; устранение выявленных дефектов до начала поверки;
- отсутствие внутри корпуса посторонних предметов или отсоединившихся деталей.

Результаты внешнего осмотра считаются положительными, если меры E1-20 соответствуют вышеуказанным требованиям.

## **8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений**

### **8.1 Контроль условий поверки**

Выдержать меры E1-20 в течение не менее 30 мин при условиях окружающей среды, указанных в таблице 3.

Подготовить к работе эталоны и средства измерений, используемые при поверке (таблица 4) в соответствии с эксплуатационной документацией.

Проверить условия окружающей среды: температуру окружающего воздуха, относительную влажность воздуха, атмосферное давление. Условия окружающей среды должны не превышать значений, указанных в пункте 3 (таблица 3).

### **8.2 Проверка сопротивления изоляции**

Проверку сопротивления изоляции проводят при напряжении  $(500 \pm 100)$  В. Измеритель сопротивления подключают между входными клеммами меры и корпусом.

Мера E1-20 считается выдержавшей проверку, если измеренное сопротивление изоляции не менее 20 МОм.

### **8.3 Опробование**

При опробовании проверяют работоспособность меры E1-20.

При опробовании проверяют исправность зарядного устройства, электрических соединителей для подключения внешних цепей к мере, работоспособность кнопок управления и корректность отображения выбранных номинальных значений индуктивности и добротности, работоспособность встроенного аккумулятора.

При проверке зарядного устройства вилку от него подключают к розетке, а выходные клеммы на кабеле устройства подключают к мультиметру или измерителю напряжения постоянного тока для определения выходного напряжения. Измеренное напряжение постоянного тока не должно превышать  $5 \pm 1$  В.

Работоспособность кнопок управления и отображения выбранных номинальных значений индуктивности и добротности проверяют путем нажатия кнопок управления или поворотом переключателя. Выбираемые значения должны отображаться на дисплее меры. Сравнивают установленные данные на мере с измеренными на измерителе.

Работоспособность встроенного аккумулятора проверяют путем возможности включения меры и контроля заряда, отображаемого на дисплее.

Результат опробования считается положительным если мера E1-20 работоспособна, зарядное устройство исправно, а выбранные на дисплее номинальные значения добротности и индуктивности и их измеренные значения соответствуют.

## 9 Проверка программного обеспечения средства измерений

Проверку программного обеспечения средства измерений проводят путем идентификации по наименованию меры E1-20 при включении и проверки номера версии ПО.

Результат проверки считается положительным если при включении на дисплее появляется надпись «ОКБ А154 E1-20» (в две строчки), номер версии ПО не ниже v.01.00.

## 10 Определение метрологических характеристик меры и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

### 10.1 Определение относительной погрешности измерений индуктивности

10.1.1 Проводят измерения меры E1-20 методом сличения (замещения) путем сличения поверяемой меры с набором эталонных мер индуктивности при помощи компаратора при частотах, указанных в таблице 5. Отклонения от номинальных значений индуктивности определяют при частоте 120 Гц.

Действительные значения индуктивности  $L_x$  меры E1-20 вычисляют по формуле:

$$L_x = L_N + \Delta L, \quad (1)$$

где  $L_N$  - действительные значения индуктивности эталонной меры;

$\Delta L$  - разность отсчетов по индуктивности при измерениях испытуемой и эталонной мер; в качестве разности отсчетов принимают среднее арифметическое из не менее пяти результатов измерений.

10.1.2 Относительную погрешность измерений индуктивности, в процентах определяют по формуле:

$$\delta = 1,1 \sqrt{S_{\Sigma 0}^2 + \delta_k^2 + v_0^2}, \quad (2)$$

где  $S_{\Sigma 0}$  - среднее квадратичное отклонение суммарной погрешности эталона;

$\delta_k$  - относительная погрешность компарирования/замещения;

$v_0$  - относительная нестабильность испытуемой меры.

Полученное значение не должно превышать значений, указанных в таблице 5.

Результат определения считается положительным, если погрешность измерений не превышает допускаемое значение. Отклонения от номинальных значений индуктивности не превышают 1 % (для 10000 Гн – 1,5 %).

Таблица 5 – Пределы допускаемой основной относительной погрешности меры E1-20

Номинальное значение индуктивности, Гн	Пределы допускаемой основной относительной погрешности определения действительного значения индуктивности, %, при частоте, Гц		
	100	120	1000
0,5	±0,05	±0,05	±0,05
1	±0,05	±0,05	±0,05
3	±0,05	±0,05	±0,05
5	±0,05	±0,05	±0,05
10	±0,05	±0,05	±0,05
30	±0,05	±0,05	-
50	±0,05	±0,05	-
100	±0,05	±0,05	-
300	±0,05	±0,05	-
500	±0,05	±0,05	-
1000	±0,05	±0,05	-
3000	±0,1	±0,1	-
5000	±0,1	±0,1	-
10000	±0,1	±0,1	-

## 10.2 Определение относительной погрешности добротности

10.2.1 Проводят измерения меры E1-20 методом сличения (замещения) путем сличения поверяемой меры с набором эталонных мер индуктивности и добротности при помощи компаратора при частотах, указанных в таблице 5.

Действительные значения добротности  $Q_x$  меры E1-20 вычисляют по формуле:

$$Q_x = Q_N + \Delta Q, \quad (3)$$

где  $Q_N$  - действительные значения добротности эталонной меры;

$\Delta Q$  - разность отсчетов по добротности при измерениях испытуемой и эталонной мер; в качестве разности отсчетов принимают среднее арифметическое из не менее пяти результатов измерений.

10.2.2 Относительную погрешность воспроизведения добротности в процентах определяют по формуле (2). Полученное значение не должно превышать 1 %.

## 10.3 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

Оценка соответствия мер E1-20 обязательным метрологическим требованиям к рабочему эталону единицы индуктивности 2-го разряда проводится на соответствие ГОСТ Р 8.732-2011 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений индуктивности» Определяется относительная погрешность измерений индуктивности по формуле (2) и относительная нестабильность индуктивности за год.

Относительную нестабильность  $\nu$  индуктивности за год, %, определяют при частоте 100 Гц по формуле:

$$\nu = \frac{L_x - L_{xII}}{L_n} \cdot 100 \quad (4)$$

где  $L_x$  — действительное значение индуктивности меры при текущей поверке, Гн;

$L_{xII}$  — действительное значение индуктивности меры при предыдущей поверке, Гн;

$L_n$  — номинальное значение индуктивности меры, Гн.

Результаты оценки считаются положительными, если относительная погрешность измерений индуктивности не превышает значений, указанных в таблице 5. Нестабильность индуктивности за год не более 0,9 пределов допускаемой погрешности, указанных в таблице 5.

## **10 Оформление результатов поверки**

Положительные результаты первичной и периодической поверки мер Е1-20 передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. По требованию заказчика знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

Рекомендуемая форма протокола поверки приведена в Приложении А.

Если по результатам поверки меру признают негодной, то оформляется извещение о непригодности с протоколом поверки (Приложении А).

Знак поверки наносится на свидетельство о поверке (при его оформлении) по требованию заказчика.

На Бланке организации

Приложение А

Всего листов \_\_\_ Лист \_\_\_

Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц  
Адрес организации, проводящей поверку

**ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ**

№ \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ г.

Наименование средства измерения (эталоны), тип	Мера индуктивности и добротности многозначная E1-20
Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде	
Заводской (серийный) номер или буквенно-цифровое обозначение	
Изготовитель	ИП Петрищев Алексей Васильевич, г. Новосибирск
Год выпуска	
Заказчик	
Серия и номер знака предыдущей поверки	
Дата предыдущей поверки	

**Вид поверки:** первичная (периодическая) поверка**Методика поверки:** МП 2202-0092-2023 «ГСИ. Меры индуктивности и добротности многозначные E1-20. Методика поверки»**Средства поверки:**

Наименование и регистрационные номера эталона, СИ в Федеральном информационном фонде	Метрологические характеристики

**Условия поверки:**

Параметры	Требования НД	Измеренные значения
температура окружающего воздуха, °С	от 19 до 21	
относительная влажность воздуха, %	от 30 до 80	
атмосферное давление, кПа	от 84 до 106	

**Результаты поверки**

1. Внешний осмотр: \_\_\_\_\_
2. Проверка сопротивления изоляции (заполняется при первичной поверке) \_\_\_\_\_
3. Проверка программного обеспечения средства измерений \_\_\_\_\_

4. Опробование: \_\_\_\_\_

5. Определение метрологических характеристик (в соответствии с требованиями методики поверки \_\_\_\_\_)

**5.1 Определение относительной погрешности измерений индуктивности**

Таблица 1 – Результаты измерений индуктивности

Номинальное значение, Гн	Действительное значение индуктивности при частотах, Гн			Отклонение от номинального значения при частоте 120 Гц, %	
	100 Гц	120 Гц	1000 Гц	фактическое	допускаемое
0,5					1
1					
3					
5					
10					
30			-		
50			-		
100			-		
300			-		
500			-		
1000			-		
3000			-		
5000			-		
10000			-		

Таблица 2 – Оценка результатов измерений индуктивности

Номинальное значение, Гн	Пределы допускаемой основной относительной погрешности при частотах, Гн						Относительная нестабильность за год при частоте 100 Гц, %	
	100 Гц		120 Гц		1000 Гц			
	фактич.	допуск.	фактич.	допуск.	фактич.	допуск.	фактич.	допуск.
0,5		±0,05		±0,05		±0,05		0,045
1		±0,05		±0,05		±0,05		0,045
3		±0,05		±0,05		±0,05		0,045
5		±0,05		±0,05		±0,05		0,045
10		±0,05		±0,05		±0,05		0,045
30		±0,05		±0,05	-	-		0,045
50		±0,05		±0,05	-	-		0,045
100		±0,05		±0,05	-	-		0,045
300		±0,05		±0,05	-	-		0,045
500		±0,05		±0,05	-	-		0,045
1000		±0,05		±0,05	-	-		0,045
3000		±0,1		±0,1	-	-		0,09
5000		±0,1		±0,1	-	-		0,09
10000		±0,1		±0,1	-	-		0,09

