

**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. «29» июля 2022 г.



Государственная система по обеспечению единства измерений
Мост – компаратор постоянного тока для измерения электрического
сопротивления автоматический 6622А с расширителем 6623А-10

Методика поверки

МП 2202-0087-2022

Заместитель руководителя лаборатории
государственных эталонов в области измерения
параметров электрических цепей

Е.В. Кривицкая

(подпись)

Научный сотрудник

И.А. Самодуров

(подпись)

г. Санкт-Петербург

2022 г.

1 Общие положения

1.1 Область применения

Настоящая методика поверки распространяется на мост – компаратор постоянного тока для измерения электрического сопротивления автоматический 6622А (далее по тексту – мост-компаратор) с расширителем 6623А-10 (далее по тексту – расширитель), применяемые в качестве вторичных (рабочих) эталонов. Результаты измерений, полученные при поверке, должны иметь прослеживаемость к Государственному первичному эталону единицы электрического сопротивления ГЭТ 14-2014.

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

Таблица 2 - Метрологические требования к мосту-компаратору с расширителем

Плечо моста-компаратора		Относительное среднее квадратическое отклонение суммарной погрешности $S_{\Sigma 0}$, не более, мкОм/Ом
R_s	R_x	
1 Ом	1 мОм – 0,08 Ом включ.	0,2
	свыше 0,08 – 6,3 Ом включ.	0,05
	свыше 6,3 – 13,4 Ом включ.	0,05
	свыше 13,4 – 107 Ом включ.	0,1
10 Ом	8 – 63 Ом включ.	0,05
	свыше 63 – 134 Ом включ.	0,05
	свыше 134 – 1075 Ом включ.	0,05
100 Ом	80 – 630 Ом включ.	0,05
	свыше 630 – 1340 Ом включ.	0,05
	свыше 1,34 – 10,75 кОм включ.	0,1
1 кОм	800 Ом – 6,3 кОм включ.	0,05
	свыше 6,3 – 13,4 кОм включ.	0,05
	свыше 13,4 – 107,5 кОм включ.	0,5
10 кОм	8 – 63 кОм включ.	0,05
	свыше 63 – 134 кОм включ.	0,15
100 кОм	80 – 630 кОм включ.	0,2
	свыше 630 кОм – 1,34 МОм включ.	0,3
1 МОм	800 кОм – 6,3 МОм включ.	0,4
	свыше 6,3 – 13,4 МОм включ.	0,6
10 МОм	8 – 63 МОм включ.	0,7
	свыше 63 – 134 МОм включ.	0,7

Данная методика поверки устанавливает методику первичной и периодической поверок моста-компаратора с расширителем. Методикой поверки не предусмотрено возможность проведения поверки в отдельных диапазонах или поддиапазонах и не предусмотрено проведение поверки по отдельности.

Из-за устройства моста-компаратора, при определении метрологических характеристик для моста-компаратора, автоматически подтверждаются метрологические характеристики расширителя.

Мост-компаратор с расширителем предназначен для компарирования двух мер сопротивления и воспроизведения, хранения и передачи единицы электрического сопротивления в цепях постоянного тока.

Методы, обеспечивающие реализацию методики поверки: метод компарирования или сравнения при помощи двух эталонных мер сопротивления.

2 Перечень операций поверки средства измерений

Для поверки моста-компаратора с расширителем должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень операций поверки

№ п/п	Наименование операции	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
		первичной поверке	периодической поверке	
1	Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
2	Подготовка к поверке и опробование средства измерений	-	-	8
2.1	Контроль условий поверки	Да	Да	8.1
2.2	Определение сопротивления изоляции	Да	Нет	8.2
2.3	Опробование	Да	Да	8.3
2.4	Проверка программного обеспечения	Да	Да	8.5
3	Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия метрологическим требованиям:	-	-	9
3.1	Определение среднего квадратического отклонения суммарной погрешности	Да	Да	9.1
3.2	Подтверждение соответствия метрологическим требованиям	Нет	Да	9.2

3 Требования к условиям проведения поверки

Таблица 3 – Требования к условиям проведения поверки

Влияющая величина	Значение влияющей величины
Температура окружающего воздуха, °С	20,0±1,0
Относительная влажность воздуха, %	не более 80
Атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.)	от 84 до 106,7 (от 630 до 800)

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускаются сотрудники ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева», аккредитованного на право поверки.

К проведению поверки допускаются лица, изучившие настоящую методику поверки, эксплуатационные документы на мост-компаратор с расширителем и измерительное оборудование.

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
Определение сопротивления изоляции (п. 8.2)	Измеритель сопротивления (на испытательное напряжение не ниже 500 В) в диапазоне измерений от 1 МОм до 500 ГОм	Тераомметр Ц404-М1, рег. № 12070-89
Определение метрологических характеристик (п.9)	Государственный вторичный эталон (эталон-копия) единицы электрического сопротивления постоянного тока в диапазоне 1 Ом ...100 кОм	2.1.ZZB.0213.2015
	Жидкостный (масляный) термостат для обеспечения термостатирования мер сопротивления, с абсолютной погрешностью не более ±0,005 °С	Термостат масляный М301
	Воздушный термостат для обеспечения термостатирования мер сопротивления, с абсолютной погрешностью не более ±0,03 °С	Воздушный термостата ТК-190
<p>Примечание - Допускается использовать при поверке другие средства измерений утвержденного типа и поверенные, другое испытательное оборудование, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.</p> <p>В случае изменения Государственной поверочной схемы (ГПС) для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока, необходимо сопоставить требования к средствам поверки и обязательные требования действующей ГПС.</p> <p>Работа с указанными средствами измерений должна проводиться в соответствии с документацией по их эксплуатации.</p>		

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 мост-компаратор с расширителем.

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 моста-компаратор с расширителем следующим требованиям:

- мост-компаратор с расширителем, представленные на периодическую поверку, должны иметь данные о предыдущей поверке;
- мост-компаратор с расширителем после ремонта должны быть представлены на первичную поверку;
- корпус моста-компаратор с расширителем и выводные клеммы не должны иметь механических повреждений;
- отсутствие нарушения жесткой фиксации электрических соединителей (клемм) для подключения внешних цепей к мосту-компаратору с расширителем;
- 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.
- проверка комплекта поставки моста-компаратора с расширителем в соответствии с описанием типа.

Результаты внешнего осмотра считаются положительными, если мост-компаратор с расширителем соответствуют вышеуказанным требованиям.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Контроль условий поверки

Выдержать мост-компаратор с расширителем в течение не менее 1 ч при условиях окружающей среды, указанных в таблице 2.

Подготовить к работе 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 разделе 3 к таблице 3.

8.2 Определение сопротивления изоляции

Измерение электрического сопротивления изоляции проводить при напряжении (500 ± 100) В.

Электрическое сопротивление изоляции моста-компаратора с расширителем между входными клеммами и корпусом должно быть не менее 1 МОм.

8.3 Опробование

При опробовании проверяют:

- исправность электрических соединителей для подключения внешних цепей к мерам сопротивлений;

- работоспособность 6622А при включении в сеть. Должно высветиться тип моста-компаратора 6622А-ХРР на дисплее прибора. Через несколько секунд должно появиться табло с корневым меню моста-компаратора;
- проверяют правильность установленного расширителя путем проверки записей информации об расширителе в мосте-компараторе. Для этого необходимо пройти по ссылке Sofcal→Extender. В данном окне убедиться об информации об расширителе 6622-А № 73839. При отсутствии данной информации ввести данные об расширителе в соответствии с эксплуатационной документацией на него.

8.4. Проверка программного обеспечения

Проверка идентификационных данных программного обеспечения осуществляется на мосте-компараторе с расширителем. Для этого необходимо пройти по ссылке Sofcal→P.O.S.T. Должна будет появиться информация о встроенном ПО - Z.

Результат проверки считают положительным, если номер версии ПО не ниже указанного в описании типа.

9 Определение метрологических характеристик мер и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.1 Определение среднего квадратического отклонения суммарной погрешности $S_{\Sigma 0}$

Для определения $S_{\Sigma 0}$ необходимо проводить поверку без подключения к персональному компьютеру и пользованием встроенного ПО.

9.1.1 Подсоединить эталонные меры сопротивления по 4-х проводной схеме подключения в последовательности в соответствии с таблицей 5.

Таблица 5 — Последовательность действий и рекомендуемые устанавливаемые параметры при определении неисключенной систематической погрешности (далее НСП), обусловленной коэффициентами передачи при компарировании мер сопротивления мостом-компаратором с расширителем.

№ п/п	R_s	R_x	трев, с	I_x , мА	U, В	Обозначения в формулах
1	1 Ом	1 Ом	20	50	-	Rb
2	1 Ом	1 Ом	20	50	-	Ra
3	1 Ом	10 Ом	20	10	-	Rc
4	1 Ом	100 Ом	20	1	-	Rf
5	10 Ом	100 Ом	20	1	-	Rd
6	100 Ом	100 Ом	20	1	-	Rb
7	100 Ом	100 Ом	20	1	-	Ra
8	100 Ом	1 кОм	20	0,5	-	Rc
9	100 Ом	10 кОм	20	0,1	-	Rf
10	1 кОм	10 кОм	20	0,1	-	Rd
11	10 кОм	10 кОм	20	0,3	-	Rb
12	10 кОм	10 кОм	20	0,3	-	Ra
13	10 кОм	100 кОм	20	0,05	-	Rc
14	10 кОм	1 МОм	30	-	30	Rf

15	100 кОм	1 МОм	30	-	100	Rd
16	1 МОм	1 МОм	20	-	100	Rb
17	1 МОм	1 МОм	20	-	100	Ra
18	1 МОм	10 МОм	30	-	100	Rc
19	1 МОм	100 МОм	60	-	100	Rf
20	10 МОм	100 МОм	40	-	100	Rd

где: R_s – измерительное плечо установки 6622А для подключения эталонной меры;
 R_x – измерительное плечо установки 6622А для подключения эталонной меры;
 $t_{рев}$ — время реверсирования измерительного тока;
 I_x — измерительный ток, протекающий через плечо R_x ;
 U – испытательное напряжение, подаваемое на плечи R_s и R_x .

Примечание: в п. 1 и 2 (6 и 7; 11 и 12; 16 и 17) используются две меры сопротивления с последующей взаимной перестановкой из плеча R_s на R_x ; в п. 3, 4, 5 (8, 9, 10; 13, 14, 15; 18, 19, 20) используются одинаковые меры сопротивления с одинаковыми заводскими номерами номерами.

9.1.2 Перед началом измерений необходимо задать параметры измерения используя следующий путь диалоговых окон на дисплее моста-компаратора 6622А:

Setup→Edit Ohms→Normal (High Ohms)→Edit

В табло Edit вводятся значения, указанные в таблицах 6 и 7.

Таблица 6 — Параметры ввода данных при поверке в диапазоне от 1 Ом до 100 кОм в режиме Normal

Поле ввода	Параметр ввода
Resistance R_s :	Вводится номинальное значение резистора, который подключен к клемме R_s в Ом
Serial R_s :	Вводится серийный номер эталонного резистора
Resistance R_x :	Вводится номинальное значение резистора, который подключен к клемме R_x в Ом
Reversal Rate:	Вводится время измерений одного цикла в соответствии с таблицей 5.4.1
Test Current (mA):	Вводится измерительный ток, который проходит через плечо R_x , в соответствии с таблицей 5.4.1
Max Current (mA):	Вводится значение максимального измерительного тока 150 мА

Таблица 7 — Параметры ввода данных при поверке в диапазоне от 10 кОм до 100 МОм в режиме High Ohms

Поле ввода	Параметр ввода
Resistance Rs:	Вводится номинальное значение резистора, который подключен к клемме Rs в Ом
Serial Rs:	Вводится серийный номер эталонного резистора
Resistance Rx:	Вводится номинальное значение резистора, который подключен к клемме Rx в Ом
Reversal Rate:	Вводится время измерений одного цикла в соответствии с таблицей 5.4.1
Test Volt (V):	Вводится испытательное напряжение, которое подается на плечо Rx, в соответствии с таблицей 5.4.1
Max Volt (V):	Вводится значение максимального испытательного напряжения (100 В)

После ввода данных нажать кнопка Ок.

Нажать кнопку Previous два раза для возвращения в корневое меню. Нажать кнопку Measure. В появившемся окне убедиться, что высвечивается Ratio и нажать кнопку Meas off (начало измерений).

Контроль измерений проводить в меню окна View.

9.1.3 Результаты измерений записывают в протокол измерений за вычетом массива первых измерений. Массивом первых измерений называются первые 120 измерений, которые необходимо удалить (обнулить) из результата измерений. Для обнуления нажимают на установке «Clear Sum» → «Confirm», проводят еще минимум 10 измерений и записывают значение среднее квадратическое отклонение компарируемых случайной погрешности измерения мер сопротивления «Std.Dev» из столбца «Summary» в протокол поверки.

Полученные данные записать в протокол поверки (Приложение А).

9.1.4 Провести расчет НСП, обусловленной коэффициентами передачи при компарировании мер сопротивления мостом-компаратором с расширителем коэффициента передачи мостом-компаратором по следующей формулам (1) и (2):

$$S_{1:1} = \frac{(|R_a \cdot R_b| - 1) \cdot 10^6}{2} \quad (1)$$

$$S_{100:10:1} = \frac{|R_d - (R_c \cdot R_f)| \cdot 10^6}{3 \cdot R_d} \quad (2)$$

Полученные данные записать в протокол поверки (Приложение Б).

$S_{1:1}$ и $S_{100:10:1}$ не должны превышать значений, указанных в таблицах 8 и 9.

Таблица 8 – Допускаемые значения $S_{1:1}$ при отношении 1:1

Номинальное значение сопротивлений		Коэффициенты компарирования $e_{1:1}$, 10^{-6}
Мера сопротивления	Мера сопротивления	
1 Ом	1 Ом	0,05
100	100	0,05
10 кОм	10 кОм	0,05
1 МОм	1 МОм	0,4

Таблица 9 – Допускаемые значения $S_{100:10:1}$ при отношении 100:10:1

Номинальное значение сопротивлений			Коэффициенты компарирования $e_{100:10:1}$, 10^{-6}
Мера сопротивления	Мера сопротивления	Мера сопротивления	
1 Ом	10 Ом	100 Ом	0,07
100 Ом	1 кОм	10 кОм	0,2
10 кОм	100 кОм	1 МОм	1,2
1 МОм	10 МОм	100 МОм	1,2

9.1.5 Среднее квадратическое отклонение суммарной погрешности S_{Σ_0} определяют по формуле:

$$S_{\Sigma_0} = \sqrt{S^2 + S_{\theta}^2} \quad (3)$$

где S – СКО случайной погрешности измерения в соответствии с п. 9.1.3;
 S_{θ} – СКО суммарной неисключённой систематической погрешности.

СКО суммарной НСП вычисляют по формуле:

$$S_{\theta} = \sqrt{\frac{\theta_{\delta_T}^2}{3} + \frac{\theta_{\delta_{ком}}^2}{3} + \frac{\theta_{\delta_3}^2}{3}} \quad (4)$$

где: θ_{δ_T} – границы НСП, обусловленные температурной составляющей измеряемой эталонной меры;
 $\theta_{\delta_{ком}}$ – $S_{1:1}$ или $S_{100:10:1}$ (в зависимости от проведенных измерений);
 θ_{δ_3} – границы НСП, обусловленные температурной составляющей измеряемой эталонной меры.

9.4 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

Оценка соответствия моста-компаратора обязательным метрологическим требованиям к вторичным (рабочим) эталонам проводится на соответствие приказу Росстандарта от 30.12.2019 г. № 3456 Определяются среднее квадратическое отклонение суммарной погрешности по формул (4).

Результаты оценки считаются положительными, если S_{Σ_0} не превышают значений, указанных в таблице 7.

Таблица 7 - Результаты оценки $S_{\Sigma 0}$

Плечо моста-компаратора		$S_{\Sigma 0}$, не более, мкОм/Ом (требования ГПС)
Rs	Rx	
1 Ом	1 мОм – 0,08 Ом включ.	0,2
	свыше 0,08 – 6,3 Ом включ.	0,3
	свыше 6,3 – 13,4 Ом включ.	0,3
	свыше 13,4 – 107 Ом включ.	0,15
10 Ом	8 – 63 Ом включ.	0,3
	свыше 63 – 134 Ом включ.	0,15
	свыше 134 – 1075 Ом включ.	0,15
100 Ом	80 – 630 Ом включ.	0,15
	свыше 630 – 1340 Ом включ.	0,15
	свыше 1,34 – 10,75 кОм включ.	0,2
1 кОм	800 Ом – 6,3 кОм включ.	0,15
	свыше 6,3 – 13,4 кОм включ.	0,2
	свыше 13,4 – 107,5 кОм включ.	0,2
10 кОм	8 – 63 кОм включ.	0,2
	свыше 63 – 134 кОм включ.	0,2
100 кОм	80 – 630 кОм включ.	
	свыше 630 кОм – 1,34 МОм включ.	0,2
		0,7
1 МОм	800 кОм – 6,3 МОм включ.	0,7
	свыше 6,3 – 13,4 МОм включ.	0,7
10 МОм	8 – 63 МОм включ.	0,7
	свыше 63 – 134 МОм включ.	0,7

10 Оформление результатов поверки

Положительные результаты первичной поверки моста-компаратора с расширителем оформляют отметкой повелителя в свидетельстве, и сведения о результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. По требованию заказчика знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

Положительные результаты периодической поверки моста-компаратора с расширителем передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Рекомендуемая форма протокола поверки приведена в Приложении А.

Если по результатам поверки моста-компаратора с расширителем признают не годным, то оформляется извещение о непригодности с протоколом поверки (Приложении А).

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



ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

190005, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 19

**Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц
RA.RU.311541**

НИЛ № 2202

Всего листов __ лист

11

г. Санкт-Петербург, Московский пр-т, д.19, к 1, помещение 206

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ

№ _____ от _____ г.

Наименование средства измерений (эталона), тип	Мост – компаратор постоянного тока для измерения электрического сопротивления автоматический 6622А в комплекте с расширителем 6623А
Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде	
Заводской (серийный) номер или буквенно-цифровое обозначение	6622А-ХРР зав. № 73741 6623-10 зав. № 73839
Изготовитель	Guildline Instruments Limited, Канада
Год выпуска	2021
Заказчик	
Серия и номер знака предыдущей поверки	
Дата предыдущей поверки	

Вид поверки: первичная (периодическая) поверка

Методика поверки: МП 2202-0087-2022 «Мост – компаратор постоянного тока для измерения электрического сопротивления автоматический 6622А в комплекте с расширителем 6623А. Методика поверки»

Средства поверки:

- 2.1.ZZB.0213.2015.Государственный вторичный эталон (эталон-копия) единицы электрического сопротивления постоянного тока в диапазоне 1 Ом ...100 кОм;
- Прибор комбинированный Testo 622, рег. № 53505-13

Условия поверки:

Параметры	Требования НД	Измеренные значения
температура окружающего воздуха, °С	20,0±1,0	
относительная влажность воздуха, %	не более 80	
атмосферное давление, кПа	84 - 106,7	

Результаты поверки

1. Внешний осмотр: _____

2. Проверка программного обеспечения: _____

3. Сопротивление изоляции (заполняется при первичной поверке) _____

4. Опробование: _____

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

Таблица 7 - Результаты оценки $S_{\Sigma 0}$

Плечо моста-компаратора		$S_{\Sigma 0}$, не более, мкОм/Ом	
R_s	R_x	фактическая	допускаемая
1 Ом	0,08 – 6,3 Ом включ.		0,3
	свыше 6,3 – 13,4 Ом включ.		0,3
	свыше 13,4 – 107 Ом включ.		0,15
10 Ом	8 – 63 Ом включ.		0,3
	свыше 63 – 134 Ом включ.		0,15
	свыше 134 – 1075 Ом включ.		0,15
100 Ом	80 – 630 Ом включ.		0,15
	свыше 630 – 1340 Ом включ.		0,15
	свыше 1,34 – 10,75 кОм включ.		0,2
1 кОм	800 Ом – 6,3 кОм включ.		0,15
	свыше 6,3 – 13,4 кОм включ.		0,2
	свыше 13,4 – 107,5 кОм включ.		0,2
10 кОм	8 – 63 кОм включ.		0,2
	свыше 63 – 134 кОм включ.		0,2
100 кОм	80 – 630 кОм включ.		0,2
	свыше 630 кОм – 1,34 МОм включ.		0,2
1 МОм	800 кОм – 6,3 МОм включ.		0,2
	свыше 6,3 – 13,4 МОм включ.		0,7
10 МОм	8 – 63 МОм включ.		0,7
	свыше 63 – 134 МОм включ.		0,7

5. Дополнительная информация: _____

Заключение: эталон соответствует (не соответствует) предъявляемым требованиям и признан годным (непригодным) к применению.

На основании результатов поверки выдано (по заявлению владельца СИ)

Свидетельство о поверке № _____ от _____ г.

Поверку провёл _____ г.