

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
«24» января 2022 г.



ГСИ. Измерители-калибраторы сопротивлений прецизионные ИКС-1.
Методика поверки

МП 2202-0082-2022

Заместитель руководителя
лаборатории термометрии

В. М. Фуксов В.М. Фуксов

Заместитель руководителя лаборатории
измерений параметров электрических цепей

Е. В. Кривицкая Е.В.Кривицкая

Санкт-Петербург
2022

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика применяется для поверки измерителей-калибраторов сопротивлений прецизионных ИКС-1 (далее – калибраторы), которые предназначены для: высокоточных измерений, воспроизведения, хранения и передачи единицы электрического сопротивления; измерений, воспроизведения сигналов термопреобразователей сопротивления с номинальными статическими характеристиками (НСХ) в соответствии с ГОСТ 6651-2009; а также прецизионных измерений температуры при использовании совместно с эталонными термопреобразователями сопротивления (ТСПВ, ВТС, ПТС-10 и других) в диапазоне от минус 200 до плюс 1085 °С.

Изготовитель: ООО «ИзТех» г. Москва, г. Зеленоград.

Методика поверки должна обеспечивать прослеживаемость калибраторов к Государственному первичному эталону единицы электрического сопротивления (ГЭТ 14-2014) в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока, утвержденной приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 г. № 3456 для рабочих эталонов 2-го, 3-го и 4-го разрядов в поддиапазонах:

от 2,5 Ом до 9,99999 кОм - 2 разряд;

от 0,5 Ом до 100 кОм - 3 разряд;

от 0,001 до 100 кОм - 4 разряд.

Методика поверки должна обеспечивать прослеживаемость калибратора при использовании совместно с эталонными термопреобразователями сопротивления в качестве прецизионного термометра к Государственным первичным эталонам единицы температуры ГЭТ 34 – 2020 «Государственный первичный эталон единицы температуры в диапазоне от 0 °С до 3200 °С» и ГЭТ 35-2021 «Государственный первичный эталон единицы температуры - кельвина в диапазоне от 0,3 К до 273,16 К».

Калибраторы могут применяться в качестве прецизионных приборов: для измерений и воспроизведения сигналов термопреобразователей сопротивления с НСХ по ГОСТ 6651-2009 «ГСИ. Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля. Общие технические требования и методы испытаний»; для измерений сигналов эталонных термопреобразователей сопротивления; для измерений электрического сопротивления; а также в качестве многозначной меры электрического сопротивления для поверки, калибровки вторичных приборов, входным сигналом которых является электрическое сопротивление.

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблицах 1.1, 1.2.

Таблица 1.1 – Метрологические требования при измерении/воспроизведении электрического сопротивления

Диапазоны измерений/воспроизведения, Ом	Относительная погрешность измерений/воспроизведения, %				
	при применении в качестве рабочего средства измерений	при применении в качестве рабочего эталона	Разряд по ГПС		
			2	3	4
от 0,001000 до 0,009999	±0,5		-	-	+
от 0,01000 до 0,09999	±0,1		-	-	+
от 0,10000 до 0,49999	±0,01		-	-	+
от 0,50000 до 2,49999	±0,001		-	+	+
от 2,50000 до 9999,99	±0,0004		+	+	+
от 10000,00 до 100000,0	±0,001		-	+	+

Таблица 1.2 - Метрологические требования при определении нестабильности воспроизведения электрического сопротивления

Диапазоны воспроизведения, Ом	Относительная нестабильность воспроизведения за год, %				
	при применении в качестве рабочего средства измерений	при применении в качестве рабочего эталона	Разряд по ГПС		
			2	3	4
от 0,001000 до 0,009999	-	±0,5	-	-	+
от 0,01000 до 0,09999		±0,1	-	-	+
от 0,10000 до 0,49999		±0,01	-	-	+
от 0,50000 до 2,49999		±0,002	-	+	+
от 2,50000 до 9999,99		±0,0008	+	+	+
от 10000,00 до 100000,0		±0,002	-	+	+

Метод поверки измерителей-калибраторов на соответствие НСХ термопреобразователей сопротивления ГОСТ 6651-2009 «ГСИ. Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля. Общие технические требования и методы испытаний» основан на воспроизведении значений электрического сопротивления, эквивалентных значениям температуры, указанных в ГОСТ 6651-2009.

Методикой поверки предусмотрена возможность проведения поверки отдельно канала измерения или воспроизведения и выборочных диапазонов измерений/воспроизведения электрического сопротивления для меньшего числа измеряемых величин (диапазонов).

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

При проведении первичной и периодической поверки должны выполняться 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	Да	Да	7
Опробование калибратора и контроль условий поверки	Да	Да	8
Проверка программного обеспечения	Да	Нет	9
Определение метрологических характеристик:	Да	Да	10.1.1
Определение действительного значения сопротивления			
Определение относительной погрешности воспроизведения электрического сопротивления, в зависимости от диапазона	Да	Да	10.1.2
Определение относительной нестабильности за год при воспроизведении электрического сопротивления, в зависимости от диапазона	Нет	Да	10.1.3
Определение относительной погрешности измерения электрического сопротивления, в зависимости от диапазона	Да	Да	10.1.4
Определение абсолютной погрешности измерений и воспроизведения сигналов термопреобразователей сопротивления (ТС) в температурном эквиваленте	Да	Нет	10.2
Проверка на соответствие обязательным требованиям	Да (в случае применения в качестве измерителя)	Да	10.1.1 10.1.2 10.1.3 10.1.4
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	11
Оформление результатов поверки	Да	Да	12

При отрицательных результатах одной из операций поверка прекращается

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны соблюдаться условия, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – Требования к условиям проведения поверки

Влияющая величина	Значение влияющей величины
температура окружающего воздуха, °С	20,0±2,0
относительная влажность воздуха, %	не более 80
атмосферное давление, кПа (мм рт. ст)	от 84 до 106,7 (от 630 до 800)
напряжение питающей сети, В	220±20
частота питающей сети, Гц	50±1

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

К проведению поверки допускаются лица, являющиеся специалистами органа метрологической службы юридического лица или индивидуального предпринимателя, аккредитованного на право поверки, непосредственно осуществляющие поверку средств измерений по данному виду.

К проведению поверки допускаются лица, изучившие настоящую методику поверки, эксплуатационные документы на ИКС-1, имеющие необходимую квалификацию в области электрических измерений и прошедшие инструктаж по технике безопасности.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

При проведении поверки применяют средства измерений, указанные в таблице 5

Таблица 5 – Метрологические характеристики применяемых средств измерений при поверке ИКС-1

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 3 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от +15 °С до +25 °С с абсолютной погрешностью не более ±1 °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 20 до 90 % с погрешностью не более ±2 %; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 80 до 106 кПа, с абсолютной погрешностью не более ±0,5 кПа Средства измерений напряжения питающей сети в диапазоне от 145 до 250 В, с относительной погрешностью не более ±1 % Средства измерений частоты питающей сети в диапазоне от 45 до 55 Гц, с абсолютной погрешностью не более ±0,1 Гц	Термогигрометр ИВА-6Н-Д, регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 46434-11, диапазон измерений относительной влажности от 0 до 98 %, температуры от -20 до +60 С, атмосферного давления от 700 до 1100 гПа; погрешность измерений относительной влажности при (+23,0) °С, от 0 до 90 % ±2 %, от 90 до 98 % ±3 %, температуры ±0,3 °С, атмосферного давления ±2,5 гПа Мультиметры цифровые Fluke 87V MAX, рег. № 80953-21
п. 10 Определение метрологических характеристик	Эталоны единицы электрического сопротивления и средства измерений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 1 разряда по приказу Росстандарта от 30.12.2019 г.	Катушки электрического сопротивления измерительные Р310, Р321, Р331 номинальных значений от 1 мОм до 100 кОм, применяемые в качестве 1, 2, 3 разрядов, рег.

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	№ 3456, в диапазоне значений электрического сопротивления от 2,5 Ом до 10 кОм; Эталоны единицы электрического сопротивления и средства измерений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 2 разряда по приказу Росстандарта от 30.12.2019 г. № 3456, в диапазоне значений электрического сопротивления от 0,5 Ом до 100 кОм; Эталоны единицы электрического сопротивления и средства измерений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 3 разряда по приказу Росстандарта от 30.12.2019 г. № 3456, в диапазоне значений электрического сопротивления от 0,001 Ом до 100 кОм.	№1162-58; Меры электрического сопротивления однозначные МС 3050 номинальных значений от 1 мОм до 100 кОм, применяемые в качестве рабочих эталонов 1, 2, 3 разрядов, рег. № 28926-05; Меры электрического сопротивления однозначные МС 3050М номинальных значений от 1 мОм до 100 кОм, применяемые в качестве рабочих эталонов 1, 2, 3 разрядов, рег. № 46843-11; Мосты-компараторы постоянного тока для измерения электрического сопротивления автоматические серии 6622А модели: 6622А-В, 6622А-ХR, 6622А-ХPR, 6622А-ХPS, 6622А-НV, 6622А-Т, рег. № 61103-15; Компаратор сопротивления полуавтоматический цифровой Р3015, рег. № 9933-85; Установка мостовая для измерения сопротивления УМИС-2М, рег. № 9933-85; Мультиметр 3458А, применяемый в качестве рабочих эталонов 1, 2, 3 разрядов, рег. № 77012-19

Примечания:

- Все эталоны и средства измерений, применяемые при поверке, должны иметь действующие документы о поверке или аттестации;
- Допускается применение средств поверки с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений;
- В случае изменения Государственной поверочной схемы (ГПС) для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока необходимо сопоставить требования к средствам поверки и обязательным требованиям действующей ГПС;
- Допускается использовать при поверке канала воспроизведения электрического сопротивления канал измерения электрического сопротивления ИКС-1 при выполнении требований п.10.1.5;
- Работа с указанными средствами измерений должна проводиться в соответствии с документацией по их эксплуатации.

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать:

- требования безопасности, которые предусматривают «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок» ПОТ РМ-016-2001;
- указания по технике безопасности, приведенные в эксплуатационной документации на эталонные средства измерений и средства поверки;
- указания по технике безопасности, приведенные в руководстве эксплуатации поверяемых СИ;
- требования безопасности, изложенные в эксплуатационной документации на калибраторы.

6.2 Средства поверки, вспомогательные средства поверки и оборудование должны соответствовать требованиям безопасности, изложенным в их эксплуатационной документации.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

При проведении внешнего осмотра необходимо убедиться в:

- соответствия внешнего вида измерителя-калибратора ИКС-1 описанию и изображению, приведенному в описании типа;
- целостности измерителя-калибратора ИКС-1 (отсутствие трещин или вмятин на корпусе);
- наличии заводского номера и целостности пломб;
- чистоте и исправности разъемов и клемм;
- сохранности органов управления, четкости фиксации их положений;
- соответствии комплектности, маркировки, упаковки требованиям, указанным в эксплуатационной документации.

Результат внешнего осмотра считают положительным, если выполняются вышеуказанные требования. При наличии дефектов поверяемый измеритель-калибратор ИКС-1 бракуется и подлежит ремонту.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 В соответствии с эксплуатационной документацией подготовить средства поверки для проведения измерений, проверить соблюдение требований п.3 средствами измерений, осуществляющими контроль температуры, отн. влажности, атм. давления, напряжения сети в лаборатории и имеющими наличие сведений о результатах поверки в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

8.2 Проверить наличие сведений о результатах предыдущей поверки калибратора в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений и наличие руководства по эксплуатации (далее - РЭ);

8.3 Провести подготовительные работы поверяемого измерителя-калибратора сопротивлений прецизионного ИКС-1 в соответствии с разделами 3 и 6 РЭ;

8.4 Измеритель-калибратор ИКС-1 готов к работе после включения питания и выхода встроенного термостата опор на режим (п. 4.1.1.1.1 РЭ).

Результат проверки считают положительным, если в каждом из окон экрана включается каждый из предусмотренных в нем символов согласно руководству.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Проверка идентификационных данных программного обеспечения осуществляется при включении измерителя-калибратора.

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

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Определение относительной погрешности измерений/воспроизведения электрического сопротивления

10.1.1 Определение действительного значения сопротивления в режиме «калибратора»

Поверку проводят в соответствии с методами, указанными в приложении Б. Метод поверки выбирается исходя из применения измерителя-калибратора ИКС-1 в качестве рабочего средства измерений или в качестве рабочих эталонов 2, 3, 4 разрядов.

Перед проведением измерений выполнить настройки измерителя-калибратора ИКС-1 для высокоточного воспроизведения электрического сопротивления в соответствии с технической документацией на него. Перевести измеритель-калибратор ИКС-1 в режим «точного» воспроизведения электрического сопротивления (п. 4.1.4.4.3 РЭ). Выбрать 4-х проводную схему подключения при воспроизведении электрического сопротивления согласно п. 4.1.4.4.5 РЭ.

Действительное значение сопротивления калибратора определяют методом сличением с эталонной мерой в точках, кратных и дольных десяти 10^n Ом, где $n = -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5$ (по требованию заказчика возможно проведение измерений в большем диапазоне и для значений, не кратных 10. В этом случае дополнительно рассчитывается допускаемая погрешность измерений в соответствии с описанием типа).

Номинальная сила тока, протекающая через воспроизводимое электрическое сопротивление, в зависимости от диапазона указана в таблице 10.1.1.

Таблица 10.1.1 – Номинальная сила тока, протекающая через воспроизводимое электрическое сопротивление

Диапазон воспроизводимых электрических сопротивлений	Номинальный измерительный ток
от 0,001 до 28,99999 Ом	10
от 29 до 289,9999 Ом	3
от 290 до 2899,999 Ом	1
от 2900 до 28999,99 Ом	0,1
от 29000 до 100000 Ом	0,01

За действительное значение сопротивления принимают среднее арифметическое из 10 полученных результатов R_i (Приложение Б).

10.1.2 Определение относительной погрешности воспроизведения электрического сопротивления (в режиме «калибратора») в зависимости от диапазона

Относительную погрешность воспроизведения электрического сопротивления в режиме «калибратора» (границу доверительной погрешности δ_0 при доверительной вероятности 0,95 %) определяют по формуле:

$$\delta_0 = 2,3 \cdot S_{\Sigma}, \quad (1)$$

где:

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{k1}^2 + S_{k2}^2 + S_v^2}, \quad (2)$$

$$S_v = \frac{v_3}{\sqrt{3}} \frac{9}{12}. \quad (3)$$

S_{k1}, S_{k2} – среднеквадратическое отклонение результатов измерений, полученных при предыдущей и настоящей поверке (при первичной поверке S_{k2} не учитывается);

v_3 – нестабильность исходного эталона, применяемого при поверке;

9 – число месяцев, прошедших с момента поверки или аттестации исходного эталона.

Результаты поверки считают положительными, если значения относительной погрешности воспроизведения электрического сопротивления находятся в пределах или равны, указанным в описании типа.

10.1.3 Определение относительной нестабильности за год при воспроизведении электрического сопротивления (в режиме «калибратора») в зависимости от диапазона

Относительную нестабильность сопротивления за год v_o при воспроизведении электрического сопротивления определяют по формуле:

$$v_o = \frac{R_i - R_{\partial 2}}{mR_{ном}} \cdot 100 \%, \quad (4)$$

где

R_i – действительное значение меры при текущей поверке, Ом;

$R_{\partial 2}$ – действительное значение меры при предыдущей поверке, Ом;

$R_{ном}$ – номинальное значение сопротивления, Ом;

m – число лет, прошедших со времени предыдущей поверки.

Результаты поверки считают положительными, если v_o находится в пределах или равна, допускаемой относительной нестабильности, указанной в описании типа.

10.1.4 Определение относительной погрешности измерений электрического сопротивления в зависимости от диапазона в режиме измерений сопротивления.

Перед проведением измерений выполнить настройки измерителя-калибратора ИКС-1 для высокоточного измерения электрического сопротивления в соответствии с технической документацией на него: время измерений – 10 секунд, цифровой фильтр – включен.

При определении относительной погрешности измерений электрического сопротивления используют метод прямых измерений.

К измерительным зажимам измерителя-калибратора ИКС-1 подсоединяют эталонные меры электрического сопротивления кратные и дольные десяти 10^n Ом (где $n = -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5$) и проводят измерения в соответствии с настройками (выбор опорного резистора и измерительного тока), указанными в таблице 10.1.4.

Таблица 10.1.4 – Настройки при измерении электрического сопротивления

Номинал МЭС	Опорный резистор, Ом	Измерительный ток, мА
0,001; 0,1; 1; 10	10	10
100	100	3
1000	1000	1
10000	10000	0,1
100000	100000	0,01

Относительную погрешность измерений электрического сопротивления определяют по формуле:

$$\delta_R = \frac{R_{изм} - R_{действ}}{R_{действ}} \cdot 100 \%, \quad (5)$$

где $R_{изм}$ – измеренное значение сопротивления эталонной меры;

$R_{действ.}$ – действительное значение сопротивления эталонной меры.

За измеренное значение сопротивления $R_{изм}$ принимают среднее арифметическое из 10 полученных результатов измерений.

Результаты поверки считают положительными, если значения относительной погрешности измерений электрического сопротивления находятся в пределах или равны, указанным в описании типа.

10.1.5 Применение измерителя-калибратора ИКС-1 в качестве компаратора сопротивлений

При применении измерителя-калибратора ИКС-1 в качестве компаратора сопротивлений должны выполняться следующие требования:

- погрешность компарирования при передаче единицы от вышестоящего (исходного) эталона к нижестоящему, должна лежать в пределах от 0,0002 % до 1 % в зависимости от диапазона измерений электрического сопротивления и соответствовать уровню эталона, изложенному в приказе Росстандарта № 3456 от 30.12.2019 г.;

- соотношение между погрешностью вышестоящего эталона и погрешностью компарирования должно быть не более 1/2.

10.2 Определение абсолютной погрешности измерений и воспроизведения сигналов ТС в температурном эквиваленте при первичной поверке

Для определения абсолютной погрешности измерений и воспроизведения сигналов ТС необходимо соединить клеммы «выхода воспроизведения» с соответствующими клеммами «входа измерения» и активировать вкладку «Измерение/Воспроизведение».

10.2.1 В меню калибратора ИКС-1 установить: «Тип измерений» - «НСХ ТС»; статическая характеристика – «100П»; «Тип воспроизведения» - «Ом/кОм».

Установить последовательно на калибраторе выходное сопротивление 100,000 Ом и 139,1056 Ом, что соответствует точным значениям температуры 0,000 °С и +100,000 °С по ГОСТ 6651-2009.

10.2.2 Абсолютную погрешность измерений сигналов ТС в температурном эквиваленте определить как разность между значением по показанию калибратора ИКС-1 и точным значением по ГОСТ 6651-2009.

10.2.3 В меню калибратора ИКС-1 установить: «Тип измерений» - «НСХ ТС»; статическая характеристика – «100П»; «Тип воспроизведения» - «НСХ ТС»; статическая характеристика – «100П».

Установить последовательно на калибраторе выходной сигнал, эквивалентный точным значениям температуры 0,000 °С и +100,000 °С.

10.2.4 Абсолютную погрешность воспроизведения сигналов ТС в температурном эквиваленте определить как разность между измеренным и точным значениями температуры.

10.2.5 Результат определения абсолютной погрешности измерений/воспроизведения температуры считают положительным, если значения меньше или равны указанным в описании типа.

11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 Для подтверждения соответствия метрологических характеристик измерителей-калибраторов сопротивлений прецизионных ИКС-1 метрологическим требованиям используют: значения относительной погрешности измерений/воспроизведения электрического сопротивления; относительной нестабильности за год (для режима «калибратор»); абсолютной погрешности измерений/воспроизведения сигналов ТС в соответствии с разделом 10 настоящей методики.

11.2 Критериями подтверждения соответствия считают выполнение обязательных метрологических требований, установленных приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30.12.2019 г. № 3456 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока» для рабочих эталонов 2, 3, 4 разрядов, а также выполнения требований к метрологическим характеристикам калибратора в режимах измерений/воспроизведения сигналов ТС, установленных в описании типа.

Если значения относительной погрешности измерений/воспроизведения электрического сопротивления, нестабильности за интервал между поверками во всех контрольных точках, абсолютная погрешность в режимах измерений, воспроизведения температуры, определенные в соответствии с разделом 10, удовлетворяют требованию пунктов 11.1 и 11.2, выполнены требования разделов 4, 7, 8 и 9 настоящей методики, то принимают решение о соответствии измерителей-калибраторов сопротивлений прецизионных ИКС-1 метрологическим требованиям.

Если хотя бы одно из значений относительной погрешности измерений/воспроизведения, нестабильности за интервал между поверками, абсолютной погрешности в режимах измерений, воспроизведения температуры, полученные в соответствии с разделом 10, не удовлетворяют требованиям пунктов 11.1 и 11.2 и/или требования разделов 4, 7, 8 и 9 настоящей методики не выполнены, то принимают решение о несоответствии измерителей-калибраторов сопротивлений прецизионных ИКС-1 метрологическим требованиям. Выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

Результаты поверки оформляют протоколом (рекомендуемая форма протокола приведена в приложении А).

По заявлению владельца измерителей-калибраторов сопротивлений прецизионных ИКС-1 или лица, представившего их на поверку, при положительных результатах поверки и при наличии сведений о результатах поверки в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений, выдается свидетельство о поверке установленной формы. При отрицательных результатах поверки выдается извещение о непригодности к применению.

Знак поверки наносится на свидетельство о поверке (в случае его оформления).

ПРОТОКОЛ № _____
первичной (периодической) поверки

Наименование прибора, тип	Измеритель-калибратор сопротивлений прецизионный ИКС-1
Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по ОЕИ	
Заводской номер	
Изготовитель	ООО «ИзТех»
Год выпуска	
Заказчик	
Серия и номер знака предыдущей поверки Дата предыдущей поверки	

Место проведения поверки _____

Вид поверки Периодическая (первичная) _____

Методика поверки МП 2202-0082-2022 «ГСИ. Измерители-калибраторы сопротивлений прецизионные ИКС-1. Методика поверки»

Средства поверки:

Наименование и регистрационный номер эталона, тип СИ, заводской номер	Метрологические характеристики	

Условия поверки

Параметры	Требования НД	Измеренные значения
Температура окружающего воздуха, °С		
Относительная влажность воздуха, %		
Атмосферное давление, кПа		

Результаты поверки

- 1 Внешний осмотр _____
- 2 Опробование _____
- 3 Подтверждение соответствия ПО, версия: _____

Таблица 1 – Результаты определения погрешности воспроизведения электрического сопротивления (режим «калибратор») при первичной поверке

Номинальное сопротивление эталонной меры, Ом	Измерительный ток, мА	Действительное значение сопротивления меры калибратора R_i , Ом	Относительная погрешность воспроизведения электрического сопротивления δ_o , %

Таблица 2 – Результаты определения погрешности воспроизведения электрического сопротивления (режим «калибратор») при периодической поверке

Номинальное сопротивление эталонной меры, Ом	Измерительный ток, мА	Действительное значение сопротивления меры калибратора R_i , Ом	Относительная погрешность воспроизведения электрического сопротивления δ_o , %	Относительная нестабильность сопротивления за год v_o , %

Таблица 3 – Результаты определения погрешности при измерении электрического сопротивления (режим «измеритель»)

Действительное значение сопротивления эталонной меры, Ом	Опорный резистор, Ом	Измерительный ток, мА	Относительная погрешность измерений электрического сопротивления δ_R , %

Таблица 4 - Результаты определения абсолютной погрешности измерений /воспроизведения сигналов ТС в температурном эквиваленте при первичной поверке

Температура, °С	Измеренное значение, °С	Абсолютная погрешность, °С	Воспроизведенное значение, °С	Абсолютная погрешность, °С
0				
100				

Вывод: _____

Поверитель _____

Дата проведения поверки «__» _____ 20__ г.

Б.1 Методы определения действительного значения сопротивления

Б.1.1 Метод замещения с помощью цифрового омметра

Поверяемую меру подключают к эталонному цифровому омметру (далее – омметр) в соответствии с указаниями технической документацией (ТД) на омметр. Выполняют однократное или многократные измерения в соответствии с требованиями ТД на омметр. Погрешность измерения действительного значения сопротивления при однократном измерении равна погрешности омметра. Погрешность измерения действительного значения сопротивления при многократных измерениях определяют согласно требованиям ТД на омметр. Действительное значение сопротивления поверяемой меры $R_{\partial x}$ определяют по формуле (5). Подсоединяют эталонную меру сопротивления к омметру (в соответствии с требованиями ТД на омметр) и определяют поправку Δ омметра по формуле (А1).

$$\Delta = R_{\partial} - R_s, \quad (B1)$$

где: R_{∂} – действительное значение эталонной меры сопротивления;

R_s – измеренное значение сопротивления эталонной меры эталонным омметром.

$$R_{\partial x} = R_x + \Delta, \quad (B2)$$

где: R_x – измеренное значение сопротивления поверяемой меры на эталонном омметре.

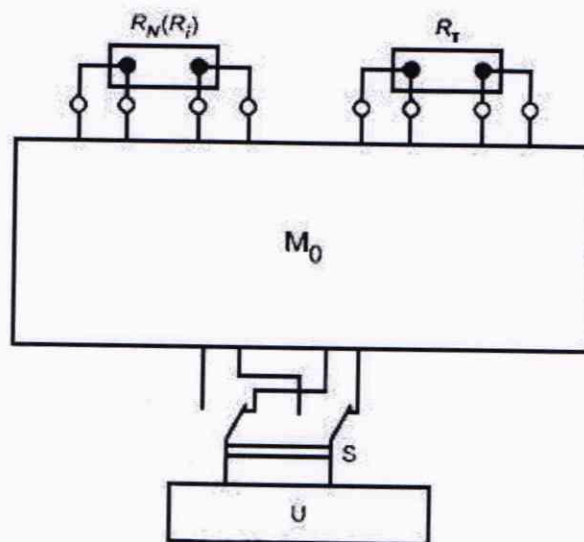
Б.1.2 Измерение с помощью моста для измерений электрического сопротивления постоянного тока

Действительное значение сопротивления поверяемой меры с помощью эталонного моста для измерений электрического сопротивления постоянного тока (далее - мост) определяют одним из трех методов: прямого измерения, замещения, перестановки.

Б.1.2.1 Прямое измерение действительного значения сопротивления меры проводят при двухзажимном или четырехзажимном подключении в соответствии с указаниями ТД на мост. За действительное значение сопротивления ОМЭС принимают показание моста. Погрешность определения действительного значения сопротивления определяют в соответствии с требованиями ТД на мост.

Для исключения влияния ТЭДС измерение проводят при двух направлениях тока питания. За результат измерения принимают среднеарифметическое значение результатов измерений при двух направлениях тока.

Б.1.2.2 Метод замещения применяют при отсутствии эталонного моста необходимой точности. Помимо эталонного моста (применяемого в качестве компаратора) в этом случае требуются две ОМЭС из состава исходного эталона с номинальным значением сопротивления, равным номинальному значению сопротивления поверяемой ОМЭС. Схема подключения поверяемой ОМЭС и эталонных СИ представлена на рисунке Б.1.



R_N - мера из состава исходного эталона; R_i - поверяемая ОМЭС; R_T - тарная мера; M_0 - эталонный мост (компаратор); S - переключатель; U - источник питания

Рисунок Б.1 - Подключение сравниваемых мер при использовании метода замещения

Сущность метода замещения состоит в том, что в одно плечо сравнения эталонного моста включают тарную меру, а в другое плечо сравнения поочередно включают одну ОМЭС из состава исходного эталона, вторую ОМЭС из состава исходного эталона, затем поверяемую ОМЭС. Тарная мера, поверяемая мера и меры из состава исходного эталона имеют одинаковое номинальное значение. Для исключения влияния ТЭДС каждый цикл измерений проводят при двух направлениях тока питания. Результаты измерений обрабатывают по формулам:

$$\begin{aligned} n_1 &= r_M + C_1; \\ n_2 &= r_{N2} + C_2; \\ \delta_1 &= n_1 + C; \\ \delta_2 &= n_2 + C; \\ &\dots\dots\dots \\ \delta_i &= r_i + C; \\ R_i &= R_{ном} (1 + \delta_i), \end{aligned} \quad (Б.3)$$

Где $n_1, n_2, \delta_1, \delta_2, \dots, \delta_i$ - относительные отклонения сопротивления мер из состава исходного эталона и поверяемых ОМЭС от номинального значения, Ом;

$r_{N1}, r_{N2}, r_1, r_2, \dots, r_i$ - среднеарифметическое значение показаний моста при включении мер из состава исходного эталона и поверяемых ОМЭС соответственно, Ом;

$R_i, R_{ном}$ - действительное и номинальное значения сопротивления поверяемой ОМЭС, Ом;

$$\begin{aligned} C_1 &= n_1 - r_M; \\ C_2 &= n_2 - r_{N2}; \\ C &= 0,5(C_1 + C_2). \end{aligned} \quad (Б.4)$$

При определении постоянной моста C различие в значениях C_1 и C_2 не должно превышать половины доверительной погрешности определения δ_i .

При наличии в схеме моста встроенных тарных мер внешнюю тарную меру можно не использовать.

Б.1.2.3 Метод перестановки отличается от метода замещения отсутствием тарной меры. Схема подключения поверяемой ОМЭС и эталонных СИ показана на рисунке Б.2. Сущность метода перестановки состоит в том, что поверяемую ОМЭС включают в одно плечо сравнения моста, ОМЭС из состава исходного эталона - в другое плечо сравнения и получают показание моста r_i . Затем осуществляют взаимную перестановку сравниваемых ОМЭС и получают показание моста r_n . Действительное значение сопротивления поверяемой ОМЭС определяют по формуле (n - относительное отклонение сопротивления меры из состава исходного эталона от номинального значения)

$$R_i = R_{\text{ном}} [1 + n + 0,5(r_i - r_N)] \quad (\text{Б.5})$$

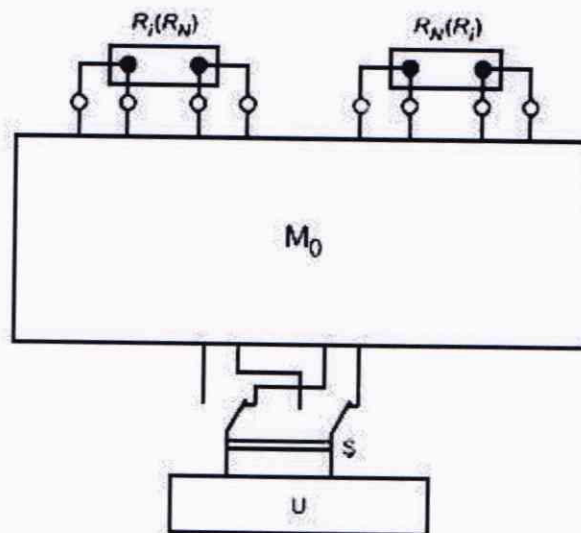
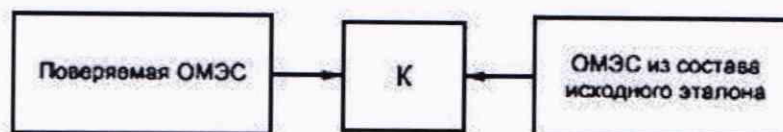


Рисунок Б.2 - Подключение сравниваемых мер при использовании метода перестановки

Б.1.2.4 Погрешность определения действительного значения сопротивления поверяемой меры рассчитывают согласно МВИ, приведенной в ТД на мост (компаратор), или МВИ, разработанной дополнительно и утвержденной в установленном порядке. Значение погрешности не должно превышать значений, указанных в МВИ.

Б.1.3 Измерение с помощью компаратора сопротивлений

Действительное значение сопротивления поверяемой ОМЭС определяют методом одновременного сравнения равнономинальных поверяемой ОМЭС и ОМЭС из состава исходного эталона с помощью компаратора сопротивлений (методом компарирования или метод сличения) (рисунок Б.3).



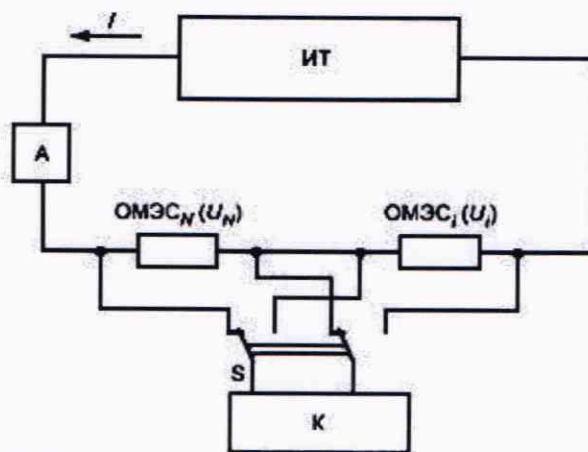
К - компаратор сопротивлений

Рисунок Б.3 - Измерение с помощью компаратора сопротивлений

Сравниваемые ОМЭС подключают к компаратору сопротивлений (далее - компаратор) согласно указаниям ТД на него. Действительное значение поверяемой ОМЭС рассчитывают в соответствии с методикой, приведенной в ТД на компаратор.

Б.1.4 Измерение с помощью компаратора напряжений или потенциометра постоянного тока

Действительное значение сопротивления ОМЭС может быть определено путем косвенных измерений с помощью потенциометра постоянного тока или компаратора напряжений (далее - компаратор). Поверяемую ОМЭС и ОМЭС из состава исходного эталона включают последовательно в цепь тока I (рисунок Б.4) и измеряют падение напряжения на них с помощью компаратора К.



ОМЭС_И- поверяемая мера; ОМЭС_Н- мера из состава исходного эталона; К - компаратор; ИТ - источник тока; А - амперметр; S – переключатель

Рисунок Б.4 - Измерение с помощью компаратора напряжений

Значение сопротивления поверяемой меры R_i , Ом, рассчитывают по формуле

$$R_i = R_N(U_i / U_N), \quad (\text{Б.6})$$

где R_N - значение сопротивления ОМЭС из состава исходного эталона, Ом;

U_i - падение напряжения на поверяемой ОМЭС, В;

U_N - падение напряжения на ОМЭС из состава исходного эталона, В.

Сила электрического тока I в цепи ОМЭС_И-ОМЭС_Н должна быть стабильной в течение обоих измерений.