

**Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт им. Д.И. Менделеева»
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»**



Государственная система обеспечения единства измерений

**Измерители энергии высоковольтного импульса ИЭВИ - 02 «ДИАМАНТ»
Методика поверки**

МП-244-0057-2024

Руководитель научно-исследовательского
отдела госстандартов и стандартных образцов
в области биоаналитических и
медицинских измерений
М.С. Вонский М.С.

Заместитель руководителя
лаборатории 2442
А.А. Чубанов А.А.

Санкт-Петербург
2024 г.

1 Общие положения

Настоящая методика применяется для поверки измерителей энергии высоковольтного импульса ИЭВИ - 02 «ДИАМАНТ» (далее - измерители) предназначенных для измерений энергии одиночного высоковольтного импульса, подаваемого на высоковольтный вход от внешних источников.

В результате опробования методики поверки подтверждено обеспечение прослеживаемости при поверке измерителей энергии высоковольтного импульса ИЭВИ - 02 «ДИАМАНТ» к государственным первичным эталонам:

ГЭТ14-2014 ГПЭ единицы электрического сопротивления в соответствии с Государственной поверочной схемой (ГПС) для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока, утвержденной Приказом Росстандарта от 30.12.2019 №3456.

ГЭТ89-2008 ГПСЭ единицы электрического напряжения (вольта) в диапазоне частот $10 \div 3 \cdot 10^7$ Гц в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений переменного электрического напряжения до 1000 В в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-1}$ до $2 \cdot 10^9$ Гц, утвержденной Приказом Росстандарта от 18.08.2023 №1706

Методикой поверки не предусмотрена возможность проведения периодической поверки для меньшего числа измеряемых измерителем величин.

2 Перечень операций поверки средства измерений

Для поверки измерителей должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 - Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	8
Проверка программного обеспечения	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия СИ метрологическим требованиям	Да	Да	10

3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- диапазон температуры окружающего воздуха, °C: от +15 до +25
- диапазон относительной влажности воздуха, %: от 0 до 80
- диапазон атмосферного давления, кПа: от 86 до 106

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности и производственной санитарии в клинико-диагностической лаборатории, изучившие эксплуатационную документацию на поверяемые измерители, средства их поверки, и аттестованные в качестве поверителя средств измерений в установленном порядке.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяются средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2 - Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п.8.1 Контроль условий поверки	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений не менее от +15 °C до +30 °C с абсолютной погрешностью не более 1,0; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 40 % до 86 % с абсолютной погрешностью не более 3 %; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне не менее от 79 кПа до 106 кПа, с абсолютной погрешностью не более 0,5 кПа	Прибор комбинированный Testo 622 (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений 53505-13)
п. 10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Эталоны единицы электрического сопротивления 4 разряда в соответствии с ГПС, утвержденной Приказом Росстандарта от 30.12.2019 №3456 в диапазоне от 25 Ом до 175 Ом с относительной погрешностью не более 0,004 % Эталоны электрического напряжения (вольта) 2 разряда в соответствии с ГПС, утвержденной Приказом Росстандарта от 18.08.2023 №1706 в диапазоне от 0 В до 750 В с относительной погрешностью от 0,15 % до 1 % Средства воспроизведения синусоидального сигнала в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-6}$ до $4 \cdot 10^8$ Гц; с напряжением выходного сигнала от $1 \cdot 10^{-3}$ до 10 В с относительной погрешностью не более 1,6 %	Мультиметр цифровой 34465А (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 63371-16)
Примечание – Допускается использовать при поверке другие средства поверки: средства измерений (стандартные образцы) утвержденного типа, имеющие актуальные сведения о положительных результатах поверки, внесенные в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений (имеющие действующие паспорта) удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице		

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки соблюдают требования безопасности, указанные в Правилах по охране труда при эксплуатации электроустановок (Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15 декабря 2020 г. N 903н) и руководстве по эксплуатации на измеритель и средства поверки.

6.2 Помещение, в котором проводится поверка, должно соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83.

7 Внешний осмотр средства измерений

При проведении внешнего осмотра измерителя проверяется соответствие следующим требованиям:

- проверка соответствия внешнего вида измерителя описанию и изображению, приведенному в описании типа СИ;
- проверка наличия знака утверждения типа в месте, указанном в описании типа СИ;
- отсутствие механических повреждений измерителя;
- соответствие комплектности измерителя нормативной и эксплуатационной документации (руководство по эксплуатации и описание типа);
- определение целостности питающих кабелей для безопасного включения измерителя в сеть;
- измеритель и средства поверки должны быть заземлены в случае наличия соответствующих требований, указанных в руководствах по эксплуатации.

При несоответствии требованиям измеритель к дальнейшей поверке не допускают.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Контроль условий поверки

Условия проведения поверки должны удовлетворять требованиям, изложенным в разделе 3 настоящей методики поверки.

8.2 Проведение подготовительных работ

Перед проведением поверки выполняют следующие подготовительные работы:

- произвести внешний осмотр прибора;
- проверить комплектность прибора, наличие технической документации;
- разместить прибор на рабочем месте, обеспечив удобство работы и исключив попадание на дисплей прямых солнечных лучей.

8.3 Опробование

Измеритель включают в соответствии с требованиями эксплуатационной документации.

Измеритель допускается к дальнейшему проведению работ по поверке, если отсутствуют какие-либо ошибки в процессе запуска в соответствии с требованиями эксплуатационной документации.

Результат опробования считают положительным, если при включении и самодиагностике измеритель все процедуры соответствуют требованиям эксплуатационной документации.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 Проводится подтверждение соответствия идентификационных данных программного обеспечения измерителя требованиям, указанным в описании типа.

Идентификационное наименование и номер версии встроенного ПО отображаются отображается на экране измерителя при включении.

9.2 Идентификационное наименование и номер версии ПО должны соответствовать указанным в таблице 3.

Таблица 3 - Идентификационные данные ПО

Идентификационные признаки	Значение
Идентификационное наименование ПО	IEVI_V2_X.hex
Номер версии (идентификационный номер) ПО	V2.X
Цифровой идентификатор ПО	0x159BF4F7
Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО	CRC32
* V2. - метрологически значимая часть. Символом X обозначена метрологически незначимая часть ПО (от 0 до 9)	

Результат подтверждения соответствия ПО измерителя считают положительным, если идентификационные данные совпадают с установленными при утверждении типа (Таблица 3).

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

10.1 Определение номинальных значений активного сопротивления эквивалентной нагрузки. Устанавливают на мультиметре режим измерения сопротивления. Проводят измерения сопротивления между пластинами измерителя при установленных значениях нагрузки прибора 75 Ом, 125 Ом, 150 Ом, 175 Ом.

Относительная погрешность измерения сопротивления нагрузки по формуле (1).

$$\delta_R = \frac{R_{изм} - R_{уст}}{R_{уст}} * 100\% \quad (1)$$

где δ_R – относительная погрешность нагрузочного сопротивления, %

$R_{изм}$ – измеренное значение сопротивления, Ом;

$R_{уст}$ – установленное значение сопротивления

($R_{уст} = 75, 125, 150, 175$ Ом).

Результаты считаются удовлетворительными, если отклонение измеренного значения сопротивлений нагрузки от номинального не превышает $\pm 2\%$.

10.2 Определение отношения коэффициентов передачи усилителя по низковольтному и высоковольтному входам.

ВНИМАНИЕ! Необходимо отключить от прибора «ИЭВИ-02» колодку переключателя нагрузочного сопротивления и кабель, соединяющий с разрядными платформами.

ВНИМАНИЕ! Подача напряжения 220 В на высоковольтный вход с не отключённой колодкой переключателя приводит к выходу из строя прибора.

Включить прибор, установить предел измерения **50 Дж**. Подать на высоковольтный вход напряжение сети: 220 В, 50 Гц. Измерить вольтметром величину напряжения $U_{\text{ВВ}}$ на высоковольтном входе. Подключить второй вольтметр к выходу измерителя и измерить величину напряжения $U_{\text{В1}}$.

Определить величину коэффициента передачи усилителя по формуле (2).

$$k_{\text{ВВ}} = \frac{U_{\text{ВВ}}}{U_{\text{В1}}} \quad (2)$$

где $U_{\text{ВВ}}$ – напряжение на высоковольтном входе, В.

$U_{\text{В1}}$ – напряжение на выходе, В.

Подать на низковольтный вход с генератора синусоидальный сигнал частотой 50 Гц, амплитудой $U_{\text{ампл}} = 1,414$ В ($U_{\text{эфф}} = 1,0$ В). Измерить вольтметром величину напряжения $U_{\text{НВ}}$ на низковольтном входе. Подключить второй вольтметр к выходу измерителя и измерить величину напряжения $U_{\text{В2}}$.

Определить величину коэффициента передачи усилителя по формуле (3).

$$k_{\text{НВ}} = \frac{U_{\text{НВ}}}{U_{\text{В2}}} \quad (3)$$

где $U_{\text{НВ}}$ – напряжение на низковольтном входе, В.

$U_{\text{В2}}$ – напряжение на выходе, В.

Определить отношение коэффициентов передачи по низковольтному и высоковольтному входам по формуле (4):

$$N = \frac{k_{\text{НВ}}}{k_{\text{ВВ}}} \quad (4)$$

Результаты считаются удовлетворительными, если рассчитанное значение отношения находится в пределах от 0,00098 до 0,00102.

Выключить измеритель.

10.3 Определение абсолютной и относительной погрешности измерения энергии импульса.

Установить на генераторе режим генерации сигнала синусоидальной формы частотой 100 Гц. Подключить генератор к низковольтному входу измерителя. Включить измеритель, установить предел измерения 50 Дж., величину нагрузки 50 Ом. Установить на выходе генератора напряжение $U_{\text{ампл}}=0,250$ В ($U_{\text{эфф}}=0,177$ В) с точностью $\pm 0,001$ В.

Провести измерение энергии поданного импульса, сняв показания прибора на отрезке 10 мс и сравнить результат измерения с результатом, рассчитанным по формуле (5):

$$Q_{R\sin p} = \frac{U_{\text{эфф}}^2 \cdot T \cdot 10^6}{R_h} \quad (5)$$

где: $Q_{R\sin p}$ – расчетная энергия синусоидального импульса, Дж;

$U_{\text{эфф}}$ - эффективное значение напряжения, В;

T - длительность импульса, сек;

R_h - значение установленного на измерителе сопротивления нагрузки, Ом.

Рассчитать значение абсолютной погрешности измерения:

$$\Delta_{\text{абс}} = Q_{Rsin\text{ и}} - Q_{Rsin\text{ р}} \quad (6)$$

где: $\Delta_{\text{абс}}$ – абсолютная погрешность измерения, Дж;

$Q_{Rsin\text{ и}}$ - измеренная энергия импульса, Дж;

$Q_{Rsin\text{ р}}$ - расчетная энергия импульса, Дж.

Произвести измерения энергии поданного импульса и расчеты абсолютной погрешности измерений для значений напряжений $U_{\text{ампл}}=0,250$ В ($U_{\text{эфф}}=0,177$ В) и $U_{\text{ампл}}=0,50$ В ($U_{\text{эфф}}=0,354$ В), $U_{\text{ампл}}=1,0$ В ($U_{\text{эфф}}=0,707$ В) и значений нагрузки в соответствии с таблицей 4.

Результаты считаются удовлетворительными, если значение абсолютной погрешности измерения находится в пределах $\pm 2,5$ Дж.

Установить на измерителе предел измерения 800 Дж., величину нагрузки 50 Ом. Установить на выходе генератора напряжение $U_{\text{ампл}}=1,00$ В ($U_{\text{эфф}}=0,707$ В) с точностью $\pm 0,001$ В. Провести измерение энергии поданного импульса, сняв показания прибора на отрезке 10 мс и сравнить результат измерения с результатом, рассчитанным по формуле (6).

14.2.6.11. Рассчитать значение относительной погрешности измерения:

$$\delta_{\text{отн}} = \frac{Q_{Rsin\text{ и}} - Q_{Rsin\text{ р}}}{Q_{Rsin\text{ р}}} \cdot 100\% \quad (7)$$

где: $\delta_{\text{отн}}$ – относительная погрешность измерения, %;

$Q_{Rsin\text{ и}}$ - измеренная энергия импульса, Дж;

$Q_{Rsin\text{ р}}$ - расчетная энергия импульса, Дж.

Произвести измерения энергии поданного импульса и расчеты относительной погрешности измерений для значений напряжений $U_{\text{ампл}}=1,0$ В ($U_{\text{эфф}}=0,707$ В), $U_{\text{ампл}}=1,414$ В ($U_{\text{эфф}}=1,0$ В), $U_{\text{ампл}}=1,80$ В ($U_{\text{эфф}}=1,275$ В), $U_{\text{ампл}}=2,540$ В ($U_{\text{эфф}}=1,80$ В) и значений нагрузки в соответствии с таблицей 4.

Результаты считаются удовлетворительными, если значение относительной погрешности измерения находится в пределах ± 5 %.

Таблица 4. Расчетные значения энергии (Дж) синусоидального сигнала частотой 100 Гц на отрезке 10 мс.

Напряжение на входе		Сопротивление нагрузки					
		25 Ом		50 Ом		100 Ом	
		Предел измерения энергии импульса					
U _{амп} , В	U _{эфф} , В	50 Дж	800 Дж	50 Дж	800 Дж	50 Дж	800 Дж
0,250	0,178	12,5		6,25			
0,50	0,354	50,0		25,0		12,5	
1,0	0,707		200,0		100,0	50,0	
1,414	1,0		400,0		200,0		100,0
1,80	1,275		648,0		324,0		162,0
2,540	1,80				645,0		322,5

11 Оформление результатов поверки

11.1 По результатам проведения поверки составляют протокол по форме, приведенной в Приложении А (Рекомендуемое).

11.2 Результаты поверки считаются положительными, если измеритель удовлетворяет всем требованиям методики поверки. Аккредитованное на поверку лицо, проводившее поверку, в случае положительных результатов поверки (подтверждено соответствие средства измерений метрологическим требованиям) заносит данные в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, выдает свидетельство о поверке (по заявлению владельца средства измерений, или лица, предоставившего его на поверку), оформленное в соответствии с требованиями к содержанию свидетельства о поверке.

11.3 Результаты считаются отрицательными, если при проведении поверки установлено несоответствие поверяемого измерителя хотя бы одному из требований методики поверки. Аккредитованное на поверку лицо, проводившее поверку, заносит отрицательные результаты поверки в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений с указанием причин непригодности, выдает извещение о непригодности к применению (по заявлению владельца средства измерений, или лица, предоставившего его на поверку).

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ
№ _____ от XX.XX.20XX г.

Наименование прибора, тип	
Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (ОЕИ)	
Заводской номер	
Изготовитель	
Год выпуска (если имеется информация)	
Заказчик (наименование и адрес)	
Серия и номер знака предыдущей поверки (если такие имеются)	

Вид поверки_____

Методика поверки_____

Средства поверки:

Наименование и регистрационный номер эталона, тип СИ, заводской номер, номер паспорта на ГСО	Метрологические характеристики, срок годности ГСО

Условия поверки:

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

Результаты поверки:

Внешний осмотр_____

Опробование_____

Подтверждение соответствия программного обеспечения_____

1. Определение метрологических характеристик

1.1 Определение относительной погрешности измерителя

Наименование параметра / единица измерений	Пределы допускаемой относительной погрешности, %	Измеренные значения	Значение относительной погрешности, полученное при поверке, %

Заключение о соответствии установленным требованиям: _____.

На основании результатов поверки выдано:

свидетельство о поверке/извещение о непригодности №_____ от____

Поверитель _____ от _____
ФИО _____ Подпись _____ Дата _____