

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель службы качества

ФГУП «ВНИИОФИ»



Н.П. Муравская

10

2017 г.


Государственная система обеспечения единства измерений

**ДЕЛИТЕЛЬ ИМПУЛЬСНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ
TESTEC HVP-15HF**

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ
МП 044.M12-17**

Главный метролог

ФГУП «ВНИИОФИ»


С.Н. Негода
« 13 » 10 2017 г.

Москва 2017

1 ВВЕДЕНИЕ

Настоящая методика поверки распространяется на делитель импульсных напряжений высоковольтный TESTEC HVP-15HF (далее по тексту – делитель) и устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок.

Делитель предназначен для преобразования (деления) высоковольтного импульсного напряжения с заданным коэффициентом преобразования в низковольтное напряжение.

Интервал между поверками – 1 год.

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

2.1 При проведении первичной и периодической поверок должны быть выполнены следующие операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	8.1	Да	Да
Опробование	8.2	Да	Да
Определение метрологических характеристик	8.3		
Определение коэффициента преобразования	8.3.1	Да	Да
Расчет относительной погрешности коэффициента преобразования	8.3.2	Да	Да
Определение максимального значения амплитуды измеряемых импульсов напряжения	8.3.3	Да	Да
Определение времени нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды	8.3.4	Да	Да
Расчет относительной погрешности измерений времени нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды	8.3.5	Да	Да

2.2 При получении отрицательных результатов при проведении любой операции поверка прекращается.

2.3 Поверку средств измерений осуществляют аккредитованные в установленном порядке в области обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели.

2.4 Метрологические характеристики по таблице 1 допускается определять не в полном объеме, при этом поверка проводится по сокращенной программе. Объем поверочных работ определяется совместным решением (или по договоренности) между заказчиком и исполнителем проведения работ.

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 При проведении первичной и периодической поверок применяются средства, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства для проведения первичной и периодической поверок

Номер пункта методики 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	Основные технические и (или) метрологические характеристики
8.3.1 – 8.3.5	<p>1 Генератор импульсов высокого напряжения ступенчатой формы ГИВН</p> <p>2 Рабочий эталон единицы импульсного электрического напряжения 2-го разряда в диапазоне от $1,0 \cdot 10^{-3}$ до $1,0 \cdot 10^5$ В ГОСТ Р 8.761-2011.</p> <p>3 Осциллограф цифровой Tektronix TDS 784D, ГР СИ № 19296-00.</p>	<p>Максимальная амплитуда воспроизводимых импульсов высокого напряжения с длительностью фронта импульса не более 2 нс на уровне от 0,1 до 0,9 от установившегося значения и длительностью импульса на уровне 0,5 от установившегося значения не менее 500 нс – не менее 15 кВ, относительная погрешность воспроизведения амплитуды импульсов не более 4,0 %, длительности фронта не более 10 %.</p> <p>Диапазон значений импульсного электрического напряжения, в котором эталон хранит и передает значение величины, составляет от $1,0 \cdot 10^{-3}$ до $1,0 \cdot 10^5$ В. Относительная погрешность составляет от 1,0 до 6,0 %.</p> <p>Полоса пропускания: 1 ГГц, диапазон коэффициента отклонения от 1 мВ/дел до 10 В/дел, диапазон коэффициента развертки от 200 пс/дел до 10 с/дел, пределы допускаемой относительной погрешности коэффициента отклонения: ± 1 %, входное сопротивление: 50 Ом/1 МОм</p>

3.2 Допускается применение других средств поверки, не приведенных в таблице 2, но обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик поверяемого средства измерений с требуемой точностью.

3.3 Средства измерений, указанные в таблице 2, должны быть поверены и аттестованы в установленном порядке.

4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

4.1 К проведению поверки допускаются лица, изучившие настоящую методику поверки и руководства по эксплуатации на делитель и средства поверки, имеющие удостоверение квалификационной группы на право работы с электроустановками напряжением свыше 1000 В в соответствии с правилами по охране труда и эксплуатации электроустановок, указанных в приложении к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 24.07.13 № 328Н.

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 Перед началом поверки необходимо изучить руководство по эксплуатации делителя и настоящую методику поверки.

5.2 При проведении поверки следует соблюдать требования, установленные правилами по охране труда и эксплуатации электроустановок, указанных в приложении к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 24.07.13 № 328Н. Оборудование, применяемое при поверке, должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.003-91. Воздух рабочей зоны должен соответствовать ГОСТ 12.1.005-88 при температуре помещения, соответствующей условиям испытаний для легких физических работ.

5.3 Система электрического питания приборов должна быть защищена от колебаний и пиков сетевого напряжения, искровые генераторы не должны устанавливаться вблизи приборов.

5.4 При выполнении измерений должны соблюдаться требования, указанные в «Правилах техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», утвержденных Госэнергонадзором, а также требования руководства по эксплуатации делителя.

5.5 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.

6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки соблюдают следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С от 18 до 35;
- относительная влажность воздуха, % от 50 до 80;
- атмосферное давление, кПа от 96 до 104;
- напряжение питания сети, В от 198 до 242;
- частота сети, Гц от 49 до 51.

6.2 Помещение, где проводится поверка, должно быть чистым и сухим, свободным от пыли, паров кислот и щелочей.

6.3 В помещении, где проводится поверка, должны отсутствовать механические вибрации, а также мощные постоянные и переменные электрические и магнитные поля.

7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

7.1 Проверьте наличие средств поверки по таблице 2, укомплектованность их документацией и необходимыми элементами соединений.

7.2 Используемые средства поверки разместите, заземлите и соедините в соответствии с требованиями их технической документации.

7.3 Подготовку, соединение, включение и прогрев поверяемого средства и средств поверки, регистрацию показаний и другие работы по поверке произведите в соответствии с документацией на указанные средства.

8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

8.1 Внешний осмотр

8.1.1 Проверяют комплектность делителя.

Комплектность делителя должна соответствовать таблице 3.

Таблица 3

Наименование	Обозначение	Количество
Делитель импульсных напряжений высоковольтный TESTEC HVP-15HF	–	1 шт.
Паспорт	МБВИ.411521.003 ПС	1 экз.
Руководство по эксплуатации	МБВИ.411521.003 РЭ	1 экз.
Методика поверки	МП 044.М12-17	1 экз.
Упаковка	–	1 шт.

8.1.2 Проверяют делитель на отсутствие механических повреждений и ослаблений элементов конструкции.

8.1.3 Делитель признается прошедшим операцию поверки, если не обнаружены несоответствия комплектности, механические повреждения, ослабления элементов конструкции, неисправности разъемов.

8.2 Опробование

8.2.1 При опробовании делителя оценивают отклонение значения коэффициента преобразования от паспортного значения с целью выявления внутренних скрытых дефектов (нарушение целостности сборки), возникших при транспортировании или эксплуатации, препятствующих дальнейшей эксплуатации делителя.

8.2.2 Подключают выход генератора импульсов высокого напряжения ступенчатой формы ГИВН к измерительной системе рабочего эталона единицы импульсного электрического напряжения с согласованной нагрузкой 50 Ом (см. рисунок 1), параллельно к которой подсоединяют высоковольтный электрод делителя. Выход делителя с помощью встроенной гибкой линии связи, имеющей подсоединительный разъем типа BNC, подключают к первому входу измерительного осциллографа Tektronix TDS 784D с установленным входным сопротивлением 50 Ом. Ко второму входу осциллографа для контроля формы импульса испытательного напряжения подключают выход измерительной системы рабочего эталона.

8.2.3 Устанавливают амплитуду $U_{\text{ген.ГИВН}}$ импульсов напряжения на выходе генератора ГИВН равной 10 кВ. Воспроизводят импульсы напряжения на выходе генератора ГИВН, регистрируют с помощью осциллографа Tektronix TDS 784D импульсы на выходе делителя и определяют среднее значение амплитуды напряжения $V_{\text{ср}}$ (см. рисунок 2).

8.2.4 По формуле (1) вычисляют значение коэффициента преобразования делителя:

$$K_{\text{пр}} = V_{\text{ср}} / U_{\text{ген.ГИВН}} \quad (1)$$

8.2.5 Делитель признается прошедшим операцию поверки, если вычисленное значение коэффициента преобразования отличается от указанного в паспорте значения не более чем на $\pm 10\%$.

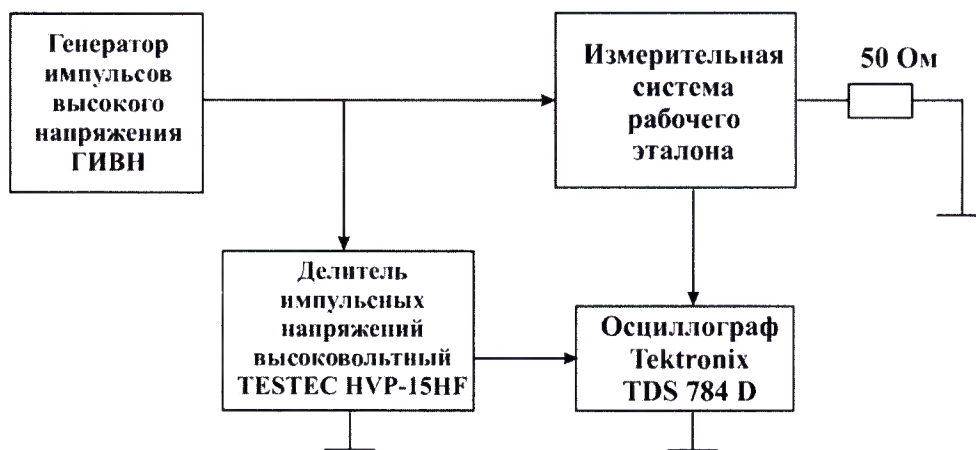


Рисунок 1 – Схема подключения при определении характеристик делителя

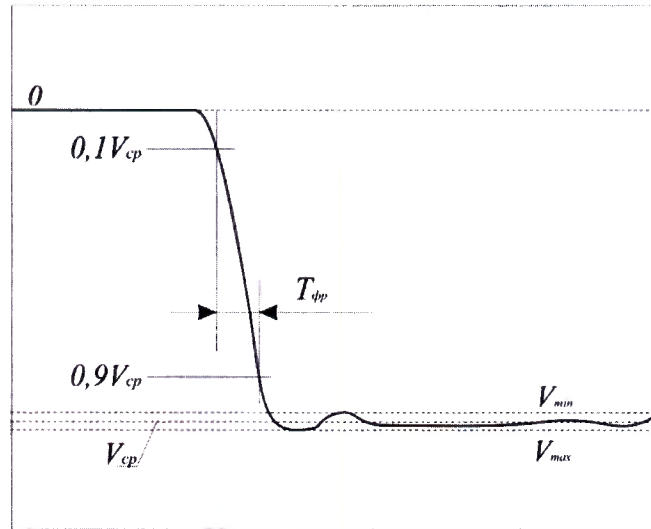


Рисунок 2 – Эюра напряжения на выходе делителя при определении коэффициента преобразования

8.3 Определение метрологических характеристик

8.3.1 Определение коэффициента преобразования

8.3.1.1 Проводят работы по п.п. 8.2.2 – 8.2.3, воспроизводят импульсы напряжения на выходе генератора ГИВН и обеспечивают регистрацию импульсов на выходе делителя.

По полученной осциллограмме при помощи маркеров осциллографа на вершине импульса измеряют две величины: V_{\max} – соответствующую максимальному значению амплитуды и V_{\min} – соответствующую минимальному значению амплитуды (см. рисунок 2).

Описанные измерения производят 10 раз и по формулам (2) вычисляют средние арифметические значения \bar{V}_{\max} и \bar{V}_{\min} :

$$\bar{V}_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_{\max_i}, \quad \bar{V}_{\min} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_{\min_i}, \quad (2)$$

где V_{\max_i} – i -е измерение напряжения V_{\max} , В;
 V_{\min_i} – i -е измерение напряжения V_{\min} , В;
 n – число измерений.

Значение коэффициента преобразования делителя определяют по формуле (3):

$$K_{np} = \frac{\bar{V}_{\max} + \bar{V}_{\min}}{2 \cdot U_{\text{ген. ГИВН}}}. \quad (3)$$

Средние квадратические отклонения (СКО) $S(\bar{V}_{\max})$ и $S(\bar{V}_{\min})$ измерений максимального V_{\max} и минимального V_{\min} значений напряжения на выходе шунта вычисляют по формуле (4):

$$S(\bar{V}_{\max}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_{\max_i} - \bar{V}_{\max})^2}{n(n-1)}}, \quad S(\bar{V}_{\min}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_{\min_i} - \bar{V}_{\min})^2}{n(n-1)}}. \quad (4)$$

Из полученных значений $\{S(\bar{V}_{\max}) \text{ и } S(\bar{V}_{\min})\}$ выбирают максимальное и принимают это значение в качестве оценки СКО для $S(K_{np})$.

Доверительные границы случайной погрешности результата измерений коэффициента преобразования делителя (без учета знака) при доверительной вероятности $P = 0,95$ и числе измерений $n = 10$ находят по формуле (5):

$$\varepsilon_{Knp} = 2,262 \cdot S(K_{np}) \cdot \frac{100\%}{\bar{V}_{\max/\min}}, \quad (5)$$

где $\bar{V}_{\max/\min}$ – соответствующее среднее значение, относящееся к выбранному в качестве максимальной величины $S(\bar{V}_{\max})$, В или $S(\bar{V}_{\min})$, В.

8.3.1.2 Делитель признается прошедшим операцию поверки, если вычисленное значение коэффициента преобразования составляет: 10^{-3} В/В.

8.3.2 Расчет относительной погрешности коэффициента преобразования

8.3.2.1 Доверительные границы случайной составляющей погрешности измерений коэффициента преобразования в предположении о нормальном распределении результатов измерений входящих величин при доверительной вероятности $P=0,95$ и числе измерений $n = 10$ принимают равными значению, полученному в п.8.3.1.

8.3.2.2 Доверительные границы неисключенной систематической составляющей погрешности измерений коэффициента преобразования при доверительной вероятности $P=0,95$ и поправочном коэффициенте $k = 1,1$ определяют по формуле (6):

$$\Theta_{Knp} = 1,1 \sqrt{\Theta_{\Gamma-2}^2 + \Theta_{V_{\max}}^2 + \Theta_{V_{\min}}^2}, \quad (6)$$

где $\Theta_{\text{ГИВН}}$ – относительная погрешность воспроизведения амплитуды импульсов напряжения на выходе генератора импульсов ГИВН (в соответствии с технической документацией);

$\Theta_{V_{\max}} = 1 \%$ – относительная погрешность осциллографа Tektronix TDS 784D при определении максимальной амплитуды V_{\max} импульсов напряжения на выходе делителя;

$\Theta_{V_{\min}} = 1 \%$ – относительная погрешность осциллографа Tektronix TDS 784D при определении минимальной амплитуды V_{\min} импульсов напряжения на выходе делителя;

8.3.2.3 Доверительные границы погрешности измерений коэффициента преобразования вычисляют по полученным значениям случайной и неисключенной систематической погрешности в соответствии с ГОСТ 8.736-2011 «ГСИ. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения» по формуле (7):

$$\delta_{Knp} = K \cdot S_{\Sigma}, \quad (7)$$

где K – коэффициент, зависящий от соотношения случайной составляющей погрешности и неисключенной систематической погрешности,

S_{Σ} – суммарное среднее квадратическое отклонение измерения коэффициента преобразования, определяемое по формуле (8):

$$S_{\Sigma} = 1,1 \sqrt{S_{\Theta}^2 + S(K_{np})^2}, \quad (8)$$

где S_{Θ} – СКО неисключенной систематической погрешности измерений коэффициента преобразования, вычисляемое по формуле (9):

$$S_{\Theta} = \frac{\Theta_{Knp}}{1,1\sqrt{3}}. \quad (9)$$

Коэффициент K вычисляют по формуле (10):

$$K = \frac{\varepsilon_{Knp} + \Theta_{Knp}}{S(K_{np}) + S_{\Theta}}. \quad (10)$$

8.3.2.4 Делитель признается прошедшим операцию поверки, если пределы допускаемой относительной погрешности коэффициента преобразования не превышают $\pm 6\%$.

8.3.3 Определение максимального значения амплитуды измеряемых импульсов напряжения

8.3.3.1 Проводят работы по п.8.2.2 и устанавливают на выходе генератора импульсов высокого напряжения ГИВН амплитуду $U_{ген.мин}$ импульсов напряжения равной 15 кВ, соответствующей максимальному значению амплитуды измеряемых импульсов напряжения. Десятикратно воспроизводят импульсы напряжения на выходе генератора ГИВН и визуально контролируют наличие электрических пробоев по высоковольтным частям делителя и пробоев на «землю». Проводят регистрацию формы импульсов напряжения с помощью осциллографа Tektronix TDS 784D на выходе делителя.

8.3.3.2 Делитель признается прошедшим операцию поверки, если максимальное значение амплитуды измеряемых импульсов напряжения составляет не менее 15 кВ, и в процессе нагружения импульсами высокого напряжения не наблюдалось наличия электрических пробоев по высоковольтным частям делителя и пробоев на «землю», а на зафиксированных осциллограммах наблюдалась стабильная форма регистрируемых испытательных импульсов.

8.3.4 Определение времени нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды

8.3.4.1 Проводят работы по п.п. 8.2.2. – 8.2.3. Последовательно воспроизводят 10 импульсов напряжения с амплитудой 10 кВ и регистрируют их с помощью осциллографа Tektronix TDS 784D. С помощью маркеров определяют длительность фронта $T_{фр.i}$ зарегистрированных импульсов между уровнями от 0,1 до 0,9 от среднего значения амплитуды напряжения $V_{ср}$ на выходе делителя (см. рисунок 2).

8.3.4.2 Время нарастания переходной характеристики делителя между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения вычисляют по формуле (12):

$$T_{н.ПХ.i} = \sqrt{T_{фр.i}^2 - T_{фр.ГИВН}^2 - T_{осц}^2}, \quad (12)$$

где $T_{фр.i}$ – i -ое зарегистрированное значение длительности фронта импульсов между уровнями от 0,1 до 0,9 от среднего значения амплитуды, нс;

$T_{фр.ГИВН}$ – длительность фронта импульсов между уровнями от 0,1 до 0,9 от амплитуды на выходе генератора импульсов ГИВН (в соответствии с технической документацией);

$T_{осц} = 0,36$ нс – время нарастания переходной характеристики осциллографа Tektronix TDS 784D.

8.3.4.3 По формуле (13) вычисляют среднее арифметическое значение $\bar{T}_{н.ПХ}$ времени нарастания переходной характеристики по 10 измерениям.

$$\bar{T}_{н.ПХ} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_{н.ПХ.i}, \quad (13)$$

где $T_{н.пх.i}$ - i – тый результат измерений, пс;

n – количество измерений.

8.3.4.4 Делитель признается прошедшим операцию поверки, если полученное значение времени нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения составляет не более 7 нс.

8.3.5 Расчет относительной погрешности измерений времени нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды

8.3.5.1 Пределы допускаемой относительной погрешности измерений времени нарастания переходной характеристики при доверительной вероятности $P=0,95$ и поправочном коэффициенте $k = 1,1$ определяют по формуле (14).

$$\Theta_{T_{н.пх}} = 1,1\sqrt{\Theta_{фр}^2 + \Theta_{ГИВН}^2}, \quad (14)$$

где $\Theta_{фр} = 1\%$ – относительная погрешность осциллографа Tektronix TDS 784D при определении длительности фронта импульсов между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения напряжения на выходе делителя;

$\Theta_{ГИВН}$ – относительная погрешность воспроизведения длительности фронта импульсов между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения напряжения на выходе генератора импульсов ГИВН (в соответствии с технической документацией).

8.3.5.2 Делитель признается прошедшим операцию поверки, если полученное значение пределов допускаемой относительной погрешности измерений времени нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды при доверительной вероятности $P=0,95$ составляет не более $\pm 15\%$.

9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

9.1 Результаты поверки заносятся в протокол поверки по форме, приведенной в приложении А.

9.2 Делитель прошедший поверку с положительным результатом, признается годным и допускается к применению. На него выдается протокол и свидетельство о поверке установленной формы с указанием полученных по п.п. 8.3.1 - 8.3.5 фактических значений метрологических характеристик делителя, наносят знак поверки (место нанесения указано в описании типа) согласно Приказу Министерства промышленности и торговли Российской Федерации №1815 от 02.07.2015 г. «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке», и комплекс допускают к эксплуатации.

9.2 При отрицательных результатах поверки делитель признается негодным, не допускается к применению и на него выдается «Извещение о непригодности» с указанием причин в соответствии с требованиями Приказа Министерства промышленности и торговли Российской Федерации №1815 от 02.07.2015 г. Свидетельство о предыдущей поверке и (или) знак поверки аннулируется.

Ведущий научный сотрудник
ФГУП «ВНИИОФИ»



О.В. Михеев

ПРИЛОЖЕНИЕ А
к Методике поверки МП 044.М12-17
Делитель импульсных напряжений вы-
соковольтный TESTEC HVP-15HF»

ПРОТОКОЛ
первичной / периодической поверки
от « _____ » _____ 20__ года

Средство измерений: Делитель импульсных напряжений высоковольтный TESTEC HVP-15HF»

(Наименование СИ, тип (если в состав СИ входит несколько автономных блоков)

то приводят их перечень (наименования) и типы с разделением знаком «косая дробь» /)

Зав. № 20120481

Заводские номера блоков

Принадлежащее

Наименование юридического лица, ИНН

Поверено в соответствии с методикой поверки «ГСИ. Делители импульсных напряжений высоковольтные TESTEC HVP-15HF». Методика поверки МП 044.М12-17», утвержденной ФГУП «ВНИИОФИ» «13» октября 2017 г.

(Наименование документа на поверку, кем утвержден (согласован), дата)

С применением эталонов

(наименование, заводской номер, разряд, класс точности или погрешность)

При следующих значениях влияющих факторов:

(приводят перечень и значения влияющих факторов, нормированных в методике поверки)

- температура окружающего воздуха, °С
- относительная влажность воздуха, %, не более
- атмосферное давление, кПа
- напряжение питания сети, В
- частота сети, Гц

Получены результаты поверки метрологических характеристик:

Характеристика	Результат	Требования методики поверки

Рекомендации

Средство измерений признать пригодным (или непригодным) для применения

Исполнители:

подписи, ФИО, должность