

**Федеральное государственное унитарное предприятие
Всероссийский научно-исследовательский институт
метрологической службы (ФГУП «ВНИИМС»)**

УТВЕРЖДАЮ

**Заместитель директора
по производственной метрологии
ФГУП «ВНИИМС»**



Н.В. Иванникова

М.п.

«16» 11 2020 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Комплексы программно-технические контроля энергетической эффективности
и технического состояния технологического оборудования ПТК «Дельта»

Методика поверки

МП 201-045-2020

г. Москва
2020

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	3
2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ.....	4
3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....	4
4 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ	5
5 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....	6
6 ВНЕШНИЙ ОСМОТР.....	6
7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ.....	6
8 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ.....	6
9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК.....	7
10 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ.....	11
11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.....	11

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика устанавливает объем, средства и методы первичной и периодической поверок комплексов программно-технических контроля энергетической эффективности и технического состояния технологического оборудования ПТК «Дельта», изготавливаемых ООО «ВегаМашПроект», г. Москва.

Производство серийное.

Комплексы программно-технические контроля энергетической эффективности и технического состояния технологического оборудования ПТК «Дельта» (далее - комплексы) предназначены для измерений и измерительных преобразований аналоговых выходных сигналов датчиков в виде напряжения постоянного и переменного тока, силы постоянного тока, сопротивления постоянному току, сигналов от термопар и термопреобразователей сопротивления, частоты следования импульсов, регистрации и хранения измеренных значений, приема и обработки дискретных сигналов, формирования управляющих цифровых и дискретных сигналов на основе измерений параметров технологических процессов.

Комплексы являются проектно-компонентными, применяются в качестве вторичной части измерительных и управляющих систем, используемых для автоматизации технологических процессов в различных отраслях промышленности, в том числе в нефтяной, газовой, химической.

Основные функции комплексов:

- автоматический сбор и обработка в реальном масштабе времени данных от штатного измерительного оборудования систем автоматического управления и дополнительного измерительного оборудования;

- непрерывное определение технического состояния турбокомпрессорного оборудования на основе данных диагностических измерительных модулей, входящих в состав комплекса;

- предоставления сводной информации по запросу пользователей комплекса.

В состав комплекса входят следующие измерительные программно-технические подсистемы:

- подсистема параметрической диагностики (ПД);

- подсистема вибрационной диагностики (ВД);

- подсистема мониторинга напряженно-деформированного состояния (НДС).

Измерительные каналы (ИК) ПД строятся на основе модулей аналого-цифрового преобразования сигналов силы и напряжения постоянного тока R200 AI 04 051, модулей аналого-цифрового преобразования сигналов от термопар и термопреобразователей сопротивления R200 AI 02 031. ПД осуществляет на основе измеряемых данных анализ параметров работы отдельных узлов, а также всего турбокомпрессорного оборудования в целом.

ИК ВД выполнены на базе измерительных модулей LTR 24 (вариант 1), модулей Multilog On-line System IMx-8/16 (вариант 2), осуществляющих аналого-цифровое преобразование сигналов напряжения постоянного и переменного тока, частоты следования прямоугольных импульсов. ВД обрабатывает данные, получаемые от датчиков вибрации, датчиков осевых сдвигов и оборотов, установленных на узлах турбокомпрессорного оборудования.

ИК НДС строятся на базе усилителей измерительных QuantumX модель MX840A, осуществляющих аналого-цифровое преобразование сигналов напряжения постоянного тока от тензодатчиков. НДС служит для контроля изменений напряженно-деформированного состояния обвязки турбокомпрессорного оборудования.

При проведении поверки должна обеспечиваться прослеживаемость комплексов к государственным первичным эталонам единиц величин.

Допускается проведение поверки отдельных измерительных каналов из состава комплексов, для меньшего числа величин и на меньшем числе поддиапазонов измерений. в

соответствии с письменным заявлением владельца оборудования с обязательной передачей информации об объеме проведенной поверки в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений (ФИФ ОЕИ) в соответствии с порядком создания и ведения ФИФ ОЕИ, передачи сведений в него и внесении изменений в данные сведения.

Периодическую поверку комплексов выполняют в процессе эксплуатации.

После ремонта комплексов, аварий, если эти события могли повлиять на метрологические характеристики комплексов, проводят первичную поверку. Допускается проводить поверку только тех измерительных каналов, которые подверглись указанным выше воздействиям.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

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

Таблица 1 – Перечень операций поверки

Наименование операции	Раздел настоящей методики	Обязательность проведения операции при поверке	
		первичной	периодической
Внешний осмотр	6	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование	7	Да	Да
Проверка программного обеспечения	8	Да	Да
Определение метрологических характеристик	9	Да	Да
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	10	Да	Да
Оформление результатов поверки	11	Да	Да

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 Экспериментальные работы по определению метрологических характеристик комплексов выполняют в следующих условиях:

- температура окружающего воздуха, °С от +19 до +21,
- относительная влажность, % от 5 до 95,
- атмосферное давление, кПа от 86 до 106,7.

3.2 Перед экспериментальной проверкой погрешности измерительных каналов (ИК) комплексов все измерительные компоненты комплекса, используемые эталоны и вспомогательные технические средства должны быть подготовлены к работе в соответствии с указаниями эксплуатационной документации на них.

3.3 При проведении поверки комплексов в условиях, отличных от условий п.3.1, но соответствующих рабочим условиям применения комплексов (далее «реальные условия поверки»), значения такой влияющей величины как температура окружающей среды, оказывающей существенное влияние на погрешность измерительных компонентов комплексов, подлежат экспериментальному определению непосредственно перед проверкой погрешности ИК.

3.3.1 По завершении обследования условий работы комплексов оценивают пределы допускаемых значений погрешности каждого ИК в реальных условиях поверки.

3.3.2 Приводят форму представления основных и дополнительных погрешностей ИК к единому виду (например, абсолютная; по входу или выходу ИК).

3.3.3 Для каждого ИК рассчитывают предел допускаемых значений погрешности в реальных условиях поверки (см. РД 50-453-84) путем учета основной и дополнительной

погрешности от влияния температуры окружающей среды на момент поверки. Расчёт проводят по формуле 1.

3.3.4 Предел допускаемых значений погрешности $\Delta_{си}$ ИК в реальных условиях поверки вычисляют по формуле 1:

$$\Delta_{си} = \Delta_o + \Delta_t \quad (1)$$

где Δ_o - предел допускаемых значений основной погрешности ИК;

Δ_t - предел допускаемой дополнительной погрешности ИК от влияния температуры окружающей среды в реальных условиях поверки.

Примечание: для тех ИК комплексов, для которых погрешность нормирована в рабочих условиях применения, проверяют только соответствие условиям п.3.3.1.

4 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

4.1 В таблице 2 приведены рекомендуемые для поверки комплексы средства поверки.

Таблица 2 – Рекомендуемые средства поверки

Наименование средства поверки	Тип	Рег. № ¹	Основные характеристики
калибратор многофункциональный	Fluke 5502E	55804-13	воспроизведение напряжения постоянного тока в диапазоне 0-10 В, $\Delta = \pm (50 \times 10^{-6} \times U + 50 \text{ мкВ})$; 0-100 мВ, $\Delta = \pm (50 \times 10^{-6} \times U + 5 \text{ мкВ})$; воспроизведение силы постоянного тока в диапазоне 0-20 мА, $\Delta = \pm (100 \times 10^{-6} \times I + 0,25 \text{ мкА})$; воспроизведение напряжения переменного тока в диапазоне 0-10 В, $\Delta = \pm (300 \times 10^{-6} \times U + 600 \text{ мкВ})$
магазин сопротивлений	МСП-60М	2751-71	0-10 кОм, кл.т.0,02 (2 шт.)
частотомер электронно-счётный	АКИП-5102	57319-14	3 разряд в соответствии с ГПС утверждённой Приказом Росстандарта №1621 от 31.07.2018
термометр лабораторный электронный	ЛТ-300	61806-15	От -50 до +199,99 °С, $\Delta = \pm 0,05 \text{ °С}$
прибор комбинированный	Testo 608-N1	53505-13	Пределы допускаемой абсолютной погрешности при измерении температуры $\pm 0,5 \text{ °С}$ в диапазоне от 0 до +50 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности при измерении влажности $\pm 3 \%$ в диапазоне от 15 до 85 %
барометр-анероид метеорологический	БАММ-1	5738-76	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений давления воздуха $\pm 0,2 \text{ кПа}$ в диапазоне от 80 до 106 кПа

4.2 Допускается использовать иные средства поверки, не приведенные в таблице 2, при соблюдении следующих условий:

- допускаемая погрешность эталонов, используемых для воспроизведения сигналов, подаваемых на входы проверяемых ИК для каждой проверяемой точки не должна превышать 0,3 предела допускаемой погрешности проверяемого ИК в условиях поверки.

- погрешность средств поверки используемых для контроля условий поверки, не должна превышать погрешность Testo 608-N1 и БАММ-1, указанных в таблице 2.

4.3 Средства измерений, применяемые при поверке, а также средства измерений, применяемые в качестве эталонов единиц величин, должны быть поверены и иметь действующую поверку, подтвержденную записью о положительных результатах поверки в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений, а также соответствовать требованиям государственных поверочных схем.

5 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, предусмотренные документами «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок» (Приложение к Приказу Минтруда России от 15.12.2020 г. № 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»), ГОСТ 12.3.019-80 «Система стандартов безопасности труда. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности», ГОСТ 12.2.007.0-75 «Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности», ГОСТ 12.1.019-2017 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты», ГОСТ 12.2.091-2002 «Безопасность электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного оборудования. Часть 1. Общие требования», указаниями по безопасности, изложенными в руководстве по эксплуатации комплекса, применяемых средств поверки и вспомогательного оборудования.

6 ВНЕШНИЙ ОСМОТР

6.1 Внешний осмотр

6.1.1 Проверяют целостность корпусов и отсутствие видимых повреждений измерительных компонентов комплексов.

6.1.2 Проверяют отсутствие следов коррозии и нагрева в местах подключения проводных линий.

6.2 При обнаружении несоответствий по п. 6.1 дальнейшие операции по поверке прекращают до устранения выявленных несоответствий.

7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ

7.1 Перед проведением поверки выполняют следующие операции:

- проверяют наличие руководства по эксплуатации и описания типа на комплексы;
- готовят к работе средства поверки в соответствии с эксплуатационной документацией на них;

- измеряют температуру и влажность окружающего воздуха, атмосферного давления.

7.3 Опробование

7.3.1 Проводят проверки функционирования визуализации измеряемых параметров на видеокдрах автоматизированного рабочего места (АРМ), настроенного на отображение измеряемых и преобразуемых параметров.

7.3.2 Проводят проверки работоспособности измерительных функций комплекса, которые совмещают с проведением экспериментальных проверок по п. 9 настоящей методики.

8 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

8.1 Сравнивают идентификационные данные программного обеспечения (ПО) поверяемого комплекса, отображаемые на видеокадре, с данными, приведёнными в таблице 3.

Примечание - проверке подлежит ПО соответствующее комплектации поверяемого экземпляра комплекса.

Таблица 3 – Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные	Значение				ПО НДС
	ПО ПД	ПО ВД			
Идентификационное наименование ПО	Epsilon LD	Драйвер сбора данных крейта LTRD	Программа расчета параметров ltrvmtd	Прошивка контроллера IMx -16 версии не ниже v 0.31	QuantumX Firmware
Номер версии (идентификационный номер) ПО	Epsilon LD V1.6.14.0 (64-bit)	Версия не ниже 2.1.4.14 Платформа OS Linux	Версия не ниже 1.7 Платформа OS Linux	Аппаратная платформа контроллера SKF версии не ниже v 0.31	Версии не ниже 1.17.6.0
Цифровой идентификатор ПО	-	Длина 128960 байт	Длина 1523424 байт	-	-

8.2 Комплекс признают прошедшим идентификацию ПО, если полученные при проверке идентификационные данные соответствуют данным, приведённым в таблице 3.

9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

9.1 Проверка основной погрешности каналов измерения сигналов напряжения и силы постоянного тока, сопротивления.

Для каждой проверяемой точки $i = 1, \dots, 5$ выполняют следующие операции:

– устанавливают на входе поверяемого ИК комплекса значения входного сигнала X_i силы (напряжения, сопротивления) постоянного тока от калибратора тока или напряжения, сопротивления от магазина сопротивления и делают не менее 4-х отсчётов Y_i на выходе ИК;

– за оценку абсолютной погрешности Δ_{ai} ИК в i -й проверяемой точке принимают значение, вычисляемое по формуле 2:

$$\Delta_{ai} = \max \{ |Y_i - X_i| \} \quad (2),$$

здесь Y_i выражено в единицах подаваемого входного сигнала.

Примечание: выходной сигнал может быть выражен в единицах цифрового кода. В этом случае его переводят в единицы подаваемого входного сигнала.

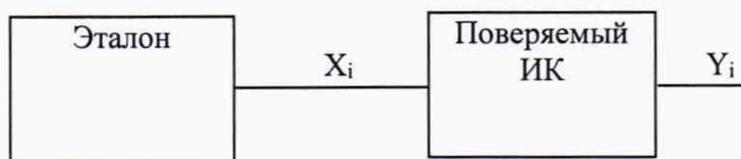


Рисунок 1 – Схема проверки ИК измерения сигналов напряжения и силы постоянного тока, сопротивления

9.2 Проверка основной погрешности каналов измерения среднеквадратического и амплитудного значения сигналов напряжения переменного тока гармонической формы.

Для каждой проверяемой точки $i = 1, \dots, 5$ выполняют следующие операции:

- устанавливают на входе поверяемого канала среднеквадратическое значение входного сигнала X_i напряжения переменного тока от калибратора напряжения переменного тока;

- амплитудное значение входного сигнала напряжения переменного тока рассчитывают по формуле 3:

$$X_{ai} = 1,414 \cdot X_i \quad (3);$$

- делают не менее 4-х отсчётов Y_i (среднеквадратическое значение) и Y_{ai} (амплитудное значение) на выходе ИК;

- за оценку абсолютной погрешности Δ_i и Δ_{ai} ИК в i -й проверяемой точке принимают значение, вычисляемое по формулам 4, 5:

$$\Delta_i = \max \{ |Y_i - X_i| \} \quad (4),$$

$$\Delta_{ai} = \max \{ |Y_{ai} - X_{ai}| \} \quad (5),$$

здесь Y_i и Y_{ai} выражено в единицах подаваемого входного сигнала.

Примечание: проверку напряжения переменного тока проводят для трёх значений частоты равномерно распределённых по диапазону измерений.

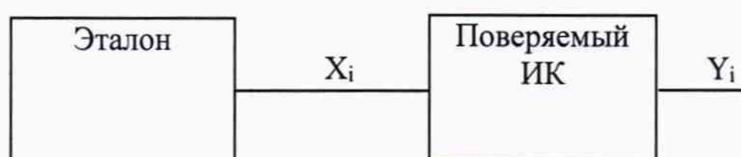


Рисунок 2 – Схема проверки ИК измерения среднеквадратического и амплитудного значения сигналов напряжения переменного тока гармонической формы

9.3 Проверка погрешности каналов измерения сигналов от термопар

Для каждой проверяемой точки $i = 1, \dots, 5$ выполняют следующие операции:

- для каждой проверяемой точки « T_i » значения температуры в градусах Цельсия для данного типа термопары по таблицам ГОСТ Р 8.585-2001 находят напряжение U_{xi} , соответствующее значению температуры в i -ой проверяемой точке;

- термометром с погрешностью не более $0,1 \text{ } ^\circ\text{C}$ измеряют температуру $T_{хс}$ вблизи места подключения холодного спая термопары;

- рассчитывают входной сигнал U_{xi} в милливольтках для каждой проверяемой точки по формуле: $U_{xi} = U_{xi'} - U_{тх.с.}$, где $U_{тх.с.}$ - напряжение, соответствующее температуре холодного спая (по таблицам ГОСТ Р 8.585);

- устанавливают на входе поверяемого канала значение U_{xi} напряжения постоянного тока от калибратора напряжения и делают не менее 4-х отсчётов Y_i на выходе ИК;

- за оценку абсолютной погрешности Δ_{ai} ИК в i -й проверяемой точке принимают значение, вычисляемое по формуле 6:

$$\Delta_{ai} = \max \{ |Y_i - T_i| \} \quad (6),$$

здесь Y_i выражено в градусах Цельсия.

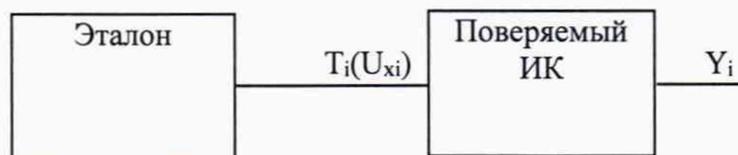


Рисунок 3 – Схема проверки ИК измерения сигналов от термопар

9.4 Проверка погрешности каналов измерения сигналов от термопреобразователей сопротивления

Для каждой проверяемой точки $i = 1, \dots, 5$ выполняют следующие операции:

- для каждой проверяемой точки « T_i » значения температуры в градусах Цельсия (для данного типа термопреобразователя сопротивления) по таблицам ГОСТ 6651-2009 находят значение сопротивления X_i , соответствующее значению температуры в i -ой проверяемой точке;

- устанавливают на входе поверяемого канала значение X_i сопротивления от магазина сопротивлений и делают не менее 4-х отсчётов Y_i на выходе ИК;

- за оценку абсолютной погрешности Δ_{ai} ИК в i -й проверяемой точке принимают значение, вычисляемое по формуле 7:

$$\Delta_{ai} = \max \{ |Y_i - T_i| \} \quad (7),$$

здесь Y_i выражено в градусах Цельсия.

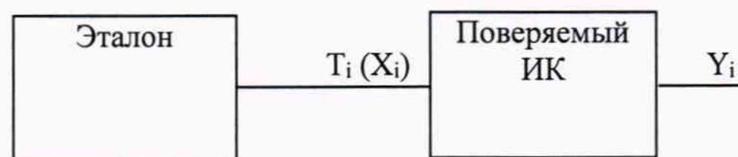


Рисунок 4 – Схема проверки ИК измерения сигналов от термопреобразователей сопротивления

9.5 Проверка основной погрешности каналов измерения частоты напряжения переменного тока.

Для каждой проверяемой точки $i = 1, \dots, 5$ выполняют следующие операции:

- устанавливают на входе поверяемого канала значения частоты X_i входного сигнала напряжения переменного тока от калибратора ($U_{amp}=5$ В, $Offset=2,5$ В), контролируемого частотомером, и делают не менее 4-х отсчётов Y_i на выходе ИК;

– за оценку абсолютной погрешности Δ_{ai} ИК в i -й проверяемой точке принимают значение, вычисляемое по формуле 8:

$$\Delta_{ai} = \max \{ |Y_i - F_i| \} \quad (8),$$

здесь Y_i выражено в единицах подаваемого входного сигнала, F_i - значение частоты измеренное частотомером.



Рисунок 5 – Схема проверки ИК измерения частоты сигналов напряжения переменного тока

9.6 Проверка основной погрешности каналов измерений сигналов от тензодатчиков. Проверку проводят в следующей последовательности:

- выполняют подключение к измерительному каналу комплекса по схеме рисунка 6 (на примере первого измерительного канала);
- устанавливают значение диапазона измерений мВ/В (на экране монитора АРМ отображение значений диапазона измерений приводится в условных единицах, полная шкала 24000 усл. ед.)

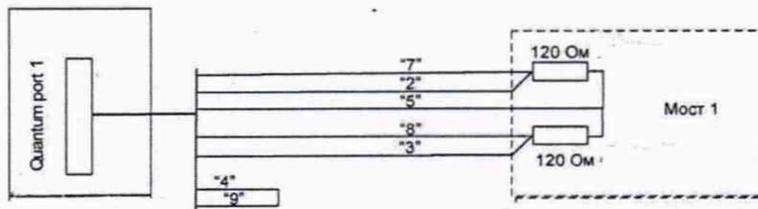


Рисунок 6 – Схема проверки ИК измерений сигналов от тензодатчиков

- вычисляют ожидаемый разбаланс по формуле 9. Вычисленные значения приведены в таблице 4

$$\frac{\Delta R}{R} = \left(\frac{R1}{R1+R2} - 0,5 \right) * 10^6 \quad (9)$$

Таблица 4 - Вычисленные значения разбаланса

R1, Ом	R2 (изменяемое сопротивление)	Вычисленный разбаланс X_i усл. ед. (мВ/В)
120	120,00	0
120	122,90	5969,535
120	125,80	11798,210
120	117,10	-6115,563
120	114,20	-12382,579

Для каждой проверяемой точки $i = 1, \dots, 5$ выполняют следующие операции:

- устанавливают значения сопротивлений R1 и R2 на магазинах сопротивлений в соответствии с таблицей 4 (возможно проводить поверку для других значений R1 и R2);
- делают не менее 4-х отсчётов Y_i разбаланса на выходе ИК;
- за оценку абсолютной погрешности Δ_{ai} ИК в i -й проверяемой точке принимают значение, вычисляемое по формуле 10:

$$\Delta_{ai} = \max \{ |Y_i - X_i| \} \quad (10),$$

здесь Y_i выражено в единицах подаваемого входного сигнала.

10 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Для каждой проверяемой точки по п. 9.1, 9.2, 9.6 рассчитывают значения приведённой погрешности. по формуле 11:

$$\gamma_{ai} = \frac{\Delta_{ai}}{D} 100\% \quad (11)$$

где D – нормирующее значение соответствующее:

- диапазону измерений для ИК ВД измерений среднеквадратического и амплитудного значений напряжения переменного тока, для ИК ПД измерений напряжения постоянного тока, силы постоянного тока, сопротивления, для ИК НДС;
- верхней границе диапазона измерений для ИК ВД измерений напряжения постоянного тока

10.2 Для каждой проверяемой точки по п. 9.5 рассчитывают значение относительной погрешности по формуле 12:

$$\delta_{ai} = \frac{\Delta_{ai}}{X_i} 100\% \quad (12)$$

10.3 Результаты экспериментального определения метрологических характеристик ИК комплексов считают положительными, если все вычисленные значения по п.п. 10.1, 10.2, 9.3, 9.4 не выходят за пределы допускаемой погрешности в соответствии с описанием типа и, в случае поверки в реальных условиях, рассчитанными в соответствии с п.3.3.4.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Результаты поверки оформляют в соответствии с приказом Минпромторга России № 2510 от 31.07.2020 г. «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке». Протоколы поверки оформляют в произвольной форме.

Зам. начальника отдела 201 «Отдел метрологического обеспечения измерительных систем»
ФГУП «ВНИИМС»

 Ю.А. Шатохина