



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР СТАНДАРТИЗАЦИИ,
МЕТРОЛОГИИ И ИСПЫТАНИЙ В Г. МОСКВЕ И МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ»
(ФБУ «РОСТЕСТ-МОСКВА»)**

СОГЛАСОВАНО

Заместитель генерального директора
ФБУ «Ростест-Москва»



А.Д. Меньшиков

М.п.

"28" января 2021 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

ЗОНДЫ ЦИФРОВЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ
Testo

Методика поверки

РТ-МП-8067-442-2021

г. Москва
2021 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика распространяется на зонды цифровые измерительные Testo (далее – зонды Testo) и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

1.2 В целях обеспечения прослеживаемости поверяемого зонда Testo к государственным первичным эталонам единиц величин необходимо соблюдать требования настоящей методики поверки.

Выполнение всех требований настоящей методики обеспечивает прослеживаемость поверяемого средства измерений к:

– ГЭТ 34-2020 Государственный первичный эталон единицы температуры в диапазоне от 0 до 3200 °С;

– ГЭТ 35-2021 Государственный первичный эталон единицы температуры - кельвина в диапазоне от 0,3 до 273,16 К;

– ГЭТ 151-2020 Государственный первичный эталон единиц относительной влажности газов, молярной (объемной) доли влаги, температуры точки росы/инея, температуры конденсации углеводородов;

– ГЭТ 150-2012 Государственный первичный специальный эталон единицы скорости воздушного потока;

– ГЭТ 101-2011 ГПЭ единицы давления для области абсолютного давления в диапазоне $1 \cdot 10^{-1}$ - $7 \cdot 10^5$ Па;

– ГЭТ 154-2019 ГПЭ единиц молярной доли, массовой доли и массовой концентрации компонентов в газовых и газоконденсатных средах;

– ГЭТ 5-2012 Государственный первичный эталон единиц силы света и светового потока непрерывного излучения;

– ГЭТ 4-91 ГПЭ единицы силы постоянного электрического тока;

– ГЭТ 13-2001 ГПЭ единицы электрического напряжения.

1.3 Средства измерений, используемые при поверке зондов Testo, должны быть утвержденного типа и иметь действующую поверку. Используемые эталоны единиц величин должны иметь свидетельство об аттестации эталона единицы величины, действующее на момент поверки.

1.4 В настоящей методике поверки используются методы прямых измерений по эталонным мерам и непосредственного сличения с эталонным средством поверки.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

2.1 При проведении первичной и периодической поверки выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень операций поверки

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Необходимость выполнения при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр средства измерений	7	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	Да	Да
Определение метрологических характеристик средств измерений	9	-	-
– определение абсолютной погрешности измерений температуры	9.1	Да	Да

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Необходимость выполнения при	
		первичной поверке	периодической поверке
– определение абсолютной погрешности измерений относительной влажности	9.2	Да	Да
– определение абсолютной погрешности измерений скорости воздушного потока	9.3	Да	Да
– определение абсолютной погрешности измерений абсолютного давления	9.4	Да	Да
– определение абсолютной погрешности измерений концентраций CO ₂ и CO	9.5	Да	Да
– определение относительной погрешности измерений освещенности	9.6		
– определение относительной погрешности градуировки по источнику типа А, Δ _А	9.6.1	Да	Да
– определение отклонения световой характеристики от линейной, Δ _н	9.6.2	Да	Да
– определение погрешности отклонения относительной спектральной чувствительности от относительной спектральной световой эффективности монохроматического излучения для дневного зрения, Δ _{vis} и дополнительной погрешности чувствительности в ближних УФ и ИК областях спектра Δ _{n-vis}	9.6.3	Да	Нет
– определение погрешности утомляемости, Δ _у	9.6.4	Да	Нет
Определение абсолютной погрешности измерений напряжения и силы постоянного тока	9.7	Да	Да
Подтверждение соответствие средства измерений метрологическим требованиям	9.7	Да	Да
Оформление результатов поверки	11	Да	Да

2.2 Для зондов Testo, предназначенных для измерений нескольких измеряемых величин, допускается проведение поверки отдельных измерительных каналов или на меньшее число измеряемых величин с обязательным указанием информации об объеме проведенной поверки при оформлении результатов поверки.

2.3 Определение метрологических характеристик проводится в диапазоне, указанном на этикетке зонда. В случае отсутствия диапазона измерений на этикетке, поверка проводится в полном диапазоне, указанном в описании типа.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия влияющих факторов:

- температура окружающего воздуха, °С от плюс 15 до плюс 25;
- относительная влажность окружающего воздуха, %, не более 80;
- атмосферное давление, кПа от 84 до 106.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки допускаются лица:

- ознакомленные с документом «Зонды цифровые измерительные Testo. Стандарт предприятия ES.DMP (Руководство по эксплуатации)»;
- прошедшие инструктаж по технике безопасности;
- аккредитованные на право проведения поверки средств измерений в соответствии с действующими нормативными документами.

4.2 Требования к количеству специалистов в целях обеспечения безопасности работ и возможности выполнения процедур поверки отсутствуют.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

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

Таблица 2 – Средства поверки

Номер пункта документа по поверке	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
9.1	Термопреобразователь сопротивления эталонный, диапазон измерений температуры от -100 до +300 °С, 3-й разряд по ГОСТ 8.558-2009 (далее – эталонный термометр)
	Измеритель температуры многоканальный прецизионный МИТ 8, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры $\Delta t \pm (0,0035 + 10^{-5} \cdot t)$ °С (номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений 19736-11) (далее – МИТ 8)
	Термостаты переливные прецизионные ТПП, диапазон воспроизведения температуры от -75 до +300 °С, нестабильность поддержания температуры не более $\pm 0,01$ °С (номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений 33744-07) (далее – термостат)
	Калибраторы температуры JOFRA серии АТС-650, диапазон воспроизведения температуры от +50 до +650 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения температуры $\Delta t = \pm 0,35$ °С (с внешним эталонным термометром $\Delta t = \pm 0,11$ °С), нестабильность поддержания температуры не более $\pm 0,02$ °С (номер в номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений 46576-11) (далее – калибратор температуры)
	Камера климатическая «WEISS WK 180/40», диапазон воспроизведения температуры от -70 до +180 °С, нестабильность поддержания температуры $\pm 0,3$ °С (далее – камера климатическая)
9.2	Камера климатическая «WEISS WK 180/40», диапазон воспроизведения относительной влажности от 10 до 98 %, нестабильность поддержания относительной влажности $\pm (1-3)$ %
	Гигрометр Rotronic модификации HygroLog NT, диапазон измерений относительной влажности от 0 до 100 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений относительной влажности ± 1 % (номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений 64196-16) (далее – эталонный гигрометр)
	Генератор влажного воздуха HygroGen 2, диапазон воспроизведения относительной влажности от 0 до 100 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,5$ % (в диапазоне от 5 до 95 %), ± 1 % (в остальном диапазоне) (номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений 32405-11) (далее – HygroGen 2)
9.3	Установки аэродинамические эталонные 1 и 2 разрядов по ГОСТ Р 8.886-2015

Номер пункта документа по поверке	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
9.4	Рабочий эталон абсолютного давления, диапазон измерений от 700 до 1100 гПа, 3 разряд по Приказу Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 6 декабря 2019 г. N 2900
	Камера барометрическая, диапазон воспроизведения абсолютного давления от 700 до 1100 кПа (далее – барокамера)
9.5	Стандартные образцы состава искусственной газовой смеси в азоте (N2-M3-0) (номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений 10705-2015) (таблица 5)
	Стандартные образцы состава искусственной газовой смеси в азоте (N2-M3-1) (номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений 10706-2015) (таблица 6)
	Поверочный нулевой газ (ПНГ) азот марки Б по ТУ 6-21-39-96
	Ротаметр РМ-А-0,063ГУЗ, ГОСТ 13045-81
	Секундомер электронный Интеграл С-01 (номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений 44154-16)
	Вентиль точной регулировки ВТР-1, АПИ4.463.008
	Трубки ПВХ гибкие, ТУ-6-01-1196-79
9.6	Группа из трех эталонных светоизмерительных ламп типа СИС с цветовой температурой 2856 К в ранге рабочего эталона, относительная погрешность по силе света не более 2,5 % (далее – эталонная(ые) лампа(ы))
	Монохроматор с комплектом фотодиодов, диапазон измерений от 0,2 до 1,7 мкм (в диапазоне ОСЧ от 0,01 до 1,0 отн. ед.), $\pm 0,4$ нм (далее – установка для измерения ОСЧ)
	Секундомер электронный Интеграл С-01 (номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений 44154-16)
	Светофильтр с известным интегральным коэффициентом направленного пропускания
	Фотометрическая скамья ФС-М (6м) (номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений 1792-63)
9.7	Компаратор-калибратор универсальный КМ300КТ, 2 разряд по Приказу Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 декабря 2019 г. №3457; 1 разряд по Приказу Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 1 октября 2018 г. №2091 (номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений 54727-13)
Примечание – для индикации результатов измерений зондов Testo используются средства отображения, не входящие в комплект поставки. В качестве средств отображения применяются совместимые средства измерений Testo, например, комплекты измерительные Testo 440 (номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений 75129-19), измерители комбинированные Testo 400 (номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений 77857-20), измерители комбинированные Testo 150 (номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений 81234-21) и др.	

5.2 Допускается применение других средств поверки с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими передачу единицы величины поверяемому средству измерений с точностью, удовлетворяющей требованиям:

– ГОСТ 8.558-2009 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений температуры;

- ГОСТ 8.547-2009 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений влажности газов;
- ГОСТ Р 8.886-2015 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений скорости воздушного потока;
- Приказ Росстандарта от 06.12.2019 г. № 2900. Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений абсолютного давления в диапазоне $1 \cdot 10^{-1}$ - $1 \cdot 10^7$ Па;
- Приказ Росстандарта от 14 декабря 2018 № 2664 Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений содержания компонентов в газовых и газоконденсатных средах;
- ГОСТ 8.023-2014 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений световых величин непрерывного и импульсного излучений;
- Государственной поверочной схемы для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы, утвержденной Приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 г. №3457;
- Государственной поверочной схемы для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне от $1 \cdot 10^{-16}$ ÷ 100 А, утвержденной Приказом Росстандарта от 1 октября 2018 г. №2091.

5.3 Эталоны единиц величин, используемые при поверке, должны быть утверждены в соответствии с Положением об эталонах единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 23 сентября 2010 г. № 734.

5.4 Для выполнения п. 9.5 методики поверки допускается использование стандартных образцов состава искусственных газовых смесей, не указанных в таблицах 5 и 6, при выполнении следующих условий:

- номинальное значение и пределы допускаемого отклонения содержания определяемого компонента в газовых смесях должны соответствовать значениям, указанным в таблицах 5 и 6;
- отношение погрешности, с которой устанавливается содержание компонента в газовых смесях к пределу допускаемой погрешности поверяемого зонда Testo, должно быть не более 1/3.

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки необходимо соблюдать:

- общие правила техники безопасности в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.003 «Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности»;
- «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок», утвержденные Приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 24 июля 2013 года № 328н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»;
- требования техники безопасности согласно Федеральным нормам и правилам в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности при использовании оборудования, работающего под избыточным давлением», утвержденные Приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15 декабря 2020 года № 536;
- указания по технике безопасности, приведенные в эксплуатационной документации на средства поверки;
- указания по технике безопасности, приведенные в эксплуатационной документации на зонды Testo.

Помещение, в котором проводят поверку по каналам CO₂ и CO, должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

При внешнем осмотре зондов Testo проверяется:

- соответствие внешнего вида и маркировки Описанию типа и эксплуатационной документации на зонды Testo;
- отсутствие видимых повреждений зондов Testo, которые могут повлиять на метрологические характеристики;
- отсутствие повреждения соединительных проводов (металлические жилы проводов не должны быть оголены).

Зонды Testo, не отвечающий перечисленным выше требованиям, дальнейшей поверке не подлежат.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Зонды Testo должны предварительно выдерживаться в нерабочем состоянии при температуре окружающего воздуха, указанной в п. 3, не менее двух часов.

8.2 Опробование зондов Testo проводить следующим образом:

8.2.1 Подключить зонд Testo к совместимому средству отображения результатов измерений;

8.2.2 Включить средство отображения, убедиться, что на его дисплее высвечиваются значения измеряемых параметров.

8.2.3 Зонды Testo, не отвечающие перечисленным выше требованиям, дальнейшей поверке не подлежат.

9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Определение абсолютной погрешности измерений температуры

9.1.1 Определение абсолютной погрешности измерений температуры проводить не менее чем в трех контрольных значениях, равномерно распределенных внутри диапазона измерений температуры, включая два крайних значения диапазона. Допускается отклонение от крайних значений в пределах 5 % от диапазона измерений.

9.1.2 Для зондов Testo 0618 0073, 0618 0072, 0618 0071 и 0572 2163 допускается определять абсолютную погрешность измерений температуры в нижней границе диапазона измерений, соответствующей минус 80 °С.

9.1.3 Определение абсолютной погрешности измерений температуры проводить методами:

- непосредственного сличения с эталонным термометром в термостате или камере климатической (рисунок 1);
- прямых измерений в калибраторах температуры (рисунок 2).

Выбор метода определения абсолютной погрешности измерений температуры проводить в соответствии с таблицей 3.

Таблица 3 – Методы определения абсолютной погрешности измерений температуры

Исполнения (артикул) зонда	Метод непосредственного сличения с эталонным термометром		Метод прямых измерений в калибраторах температуры
	Термостат	Камера климатическая	
0635 1032		от -20 до +70 °С	
0636 9775		от -20 до +180 °С	
0628 0152		от 0 до +50 °С	
0635 1052		от 0 до +50 °С	
0618 0070		от +10 до +60 °С	
0618 0075		от +5 до +40 °С	

Исполнения (артикул) зонда	Метод непосредственного сличения с эталонным термометром		Метод прямых измерений в калибраторах температуры
	Термостат	Камера климатическая	
0618 0275	от -80 до +300 °С		
0618 0073	от -80 до +300 °С		от +300 до +400 °С
0618 7072	от -50 до +300 °С		от +300 до +400 °С
0618 0072	от -80 до +90 °С		от +90 до +400 °С
0618 0071	от -80 до +265 °С		
0572 2162		от -30 до +50 °С	
0572 2163	от -80 до +150 °С		
0572 2164		от -30 до +50 °С	
0572 2165		от -30 до +50 °С	
0636 9730		от -20 до +70 °С	
0636 9770		от -20 до +70 °С	
0632 1550		от 0 до +50 °С	
0635 9370		от -20 до +70 °С	
0635 9430		от -20 до +70 °С	
0635 1570		от -20 до +70 °С	
0635 9570		от -10 до +70 °С	

9.1.4 Определение абсолютной погрешности измерений температуры методом непосредственного сличения с эталонным термометром

9.1.4.1 При определении абсолютной погрешности измерений температуры методом непосредственного сличения воспроизведение контрольного значения температуры осуществлять с помощью термостата или камеры климатической (рисунок 1).

9.1.4.2 Отсчет эталонного значения температуры проводить с помощью эталонного термометра, подключенного к МИТ 8.



Рисунок 1 – Схема определения абсолютной погрешности измерений температуры методом непосредственного сличения

9.1.4.3 В рабочую зону термостата или камеры климатической поверяемый зонд Testo и эталонный термометр помещать таким образом, чтобы их чувствительные элементы находились в непосредственной близости.

9.1.4.4 Глубина погружения поверяемого зонда Testo и эталонного термометра должны соответствовать их эксплуатационной документации. Допускается в камеру климатическую помещать зонды Testo целиком (кроме зонда 0636 9775).

9.1.4.5 Отсчет результатов измерений эталонного термометра и поверяемого зонда Testo проводить после выхода термостата (камеры климатической) на установленный температурный режим и стабилизации показаний эталонного термометра и поверяемого зонда Testo.

9.1.4.6 Абсолютную погрешность измерений температуры (Δt) вычислять по формуле (1).

$$\Delta t = t_{\text{пов}} - t_{\text{эт}}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (1)$$

где $t_{\text{пов}}$ – результат измерений поверяемого зонда Testo, $^\circ\text{C}$;

$t_{\text{эт}}$ – результат измерений эталонного термометра, $^\circ\text{C}$.

9.1.5 Определение абсолютной погрешности измерений температуры методом прямых измерений

9.1.5.1 При определении абсолютной погрешности измерений температуры методом прямых измерений воспроизведение контрольных значений температуры осуществлять с помощью калибраторов температуры (рисунок 2).



Рисунок 2 – Схема определения абсолютной погрешности измерений температуры методом прямых измерений

9.1.5.2 В рабочую зону калибратора температуры поверяемый зонд Testo помещать таким образом, чтобы зазор между стенкой отверстия калибратора температуры (вставной трубки) и зондом Testo был не более 0,5 мм.

9.1.5.3 Отсчет результатов измерений проводить после выхода калибратора температуры на установленный температурный режим и стабилизации показаний поверяемого зонда Testo.

9.1.5.4 Абсолютную погрешность измерений температуры (Δt) вычислять по формуле (1), где $t_{\text{пов}}$ – результат измерений поверяемого зонда Testo, °C; $t_{\text{эт}}$ – воспроизводимое значение калибратором температуры, °C.

9.2 Определение абсолютной погрешности измерений относительной влажности

9.2.1 Определение абсолютной погрешности измерений относительной влажности проводить методами:

– непосредственного сличения с эталонным гигрометром в камере климатической (рисунок 3);

– прямых измерений в генераторе влажного газа HygroGen 2 (рисунок 4).

При выборе метода необходимо руководствоваться требованиями Государственной поверочной схемы для средств измерений влажности газов и техническими возможностями применяемой камеры климатической.

9.2.2 Определении абсолютной погрешности измерений относительной влажности проводить не менее чем в трех контрольных значениях (при установленной температуре от плюс 20 °C до плюс 23 °C):

Таблица 4 – Контрольные значения при определении абсолютной погрешности измерений относительной влажности

Исполнения (артикул) зонда	Контрольные значения относительной влажности, %		
0636 9730	8±3	50±3	87±3
0572 2164			
0572 2165			
0636 9775	7±2	50±3	93±2
0632 1550			
0636 9770		50±3	
0635 1570			

9.2.3 Определение абсолютной погрешности измерений относительной влажности методом непосредственного сличения с эталонным гигрометром

9.2.3.1 При определении абсолютной погрешности измерений относительной влажности методом непосредственного сличения воспроизведение контрольного значения относительной влажности осуществлять с помощью камеры климатической (рисунок 3).



Рисунок 3 – Схема определения абсолютной погрешности измерений относительной влажности методом непосредственного сличения

9.2.3.2 Отсчет эталонного значения относительной влажности проводить с помощью эталонного гигрометра.

9.2.3.3 В рабочую зону камеры климатической поверяемый зонд Testo и эталонный гигрометр помещать таким образом, чтобы их чувствительные элементы находились в непосредственной близости.

9.2.3.4 Отсчет результатов измерений эталонного гигрометра и поверяемого зонда Testo проводить после выхода камеры климатической на установленный влажностный режим и стабилизации показаний эталонного гигрометра и поверяемого зонда Testo.

9.2.3.5 Абсолютную погрешность измерений относительной влажности ($\Delta\varphi$) вычислять по формуле (2).

$$\Delta\varphi = \varphi_{\text{пов}} - \varphi_{\text{эт}}, \% \quad (2)$$

где $\varphi_{\text{пов}}$ – результат измерений поверяемого зонда Testo, %;
 $\varphi_{\text{эт}}$ – результат измерений эталонного гигрометра, %.

9.2.4 Определение абсолютной погрешности измерений относительной влажности методом прямых измерений

9.2.4.1 При определении абсолютной погрешности измерений относительной влажности методом прямых измерений воспроизведение контрольного значения относительной влажности осуществлять в генераторе влажного газа HygroGen 2 (рисунок 4).

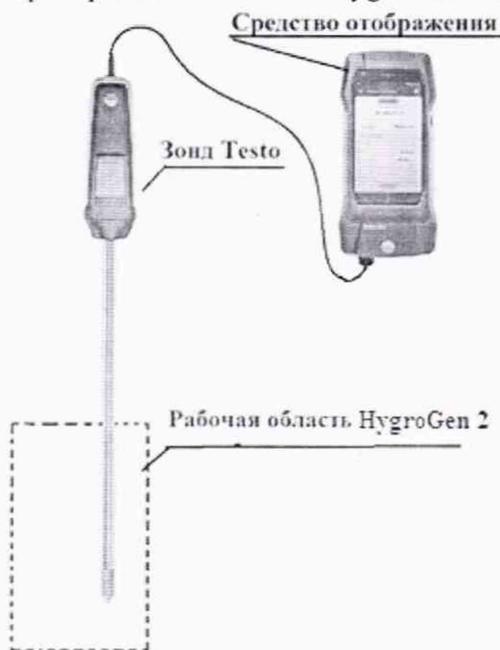


Рисунок 4 – Схема определения абсолютной погрешности измерений относительной влажности методом прямых измерений

9.2.4.2 Отсчет результатов измерений HygroGen 2 и поверяемого зонда Testo проводить после выхода HygroGen 2 на установленный влажностный режим и стабилизации показаний поверяемого зонда Testo.

9.2.4.3 Абсолютную погрешность измерений относительной влажности ($\Delta\varphi$) вычислять по формуле (2), где $\varphi_{\text{пов}}$ – результат измерений поверяемого зонда Testo, %; $\varphi_{\text{эт}}$ – воспроизведенное значение в HygroGen 2, %.

9.3 Определение абсолютной погрешности измерений скорости воздушного потока

9.3.1 Определение абсолютной погрешности измерений скорости воздушного потока проводить не менее чем в пяти контрольных значениях, равномерно распределенных в диапазоне измерений, включая крайние значения диапазона. Допускается отклонение от крайних значений диапазона измерений в пределах 0,2 м/с.

9.3.2 Определение абсолютной погрешности измерений скорости воздушного потока проводить в установке аэродинамической эталонной (далее - УАЭ) (рисунок 5).

9.3.3 Отсчет эталонного значения скорости воздушного потока проводить с помощью УАЭ.

9.3.4 Отсчет результатов измерений УАЭ и поверяемого зонда Testo проводить после выхода УАЭ на установленный режим и стабилизации показаний поверяемого зонда Testo.

9.3.5 Абсолютную погрешность измерений относительной влажности (ΔV) вычислять по формуле (3).

$$\Delta V = V_{\text{пов}} - V_{\text{эт}}, \text{ м/с} \quad (3)$$

где $V_{\text{пов}}$ – результат измерений поверяемого зонда Testo, м/с;

$V_{\text{эт}}$ – воспроизводимое значение УАЭ, м/с.

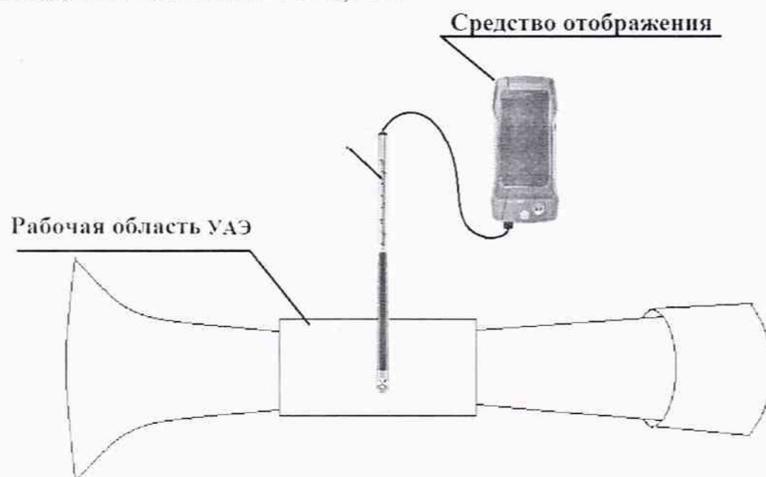


Рисунок 5 – Схема определения абсолютной погрешности измерений скорости воздушного потока

9.4 Определение абсолютной погрешности измерений абсолютного давления

9.4.1 Определение абсолютной погрешности измерений абсолютного давления проводить не менее чем в пяти контрольных значениях, равномерно распределенных в диапазоне измерений, включая крайние значения диапазона. Допускается отклонение от крайних значений в пределах 5 % от диапазона измерений.

9.4.2 Определение абсолютной погрешности измерений абсолютного давления проводить методом непосредственного сличения с рабочим эталоном абсолютного давления.

9.4.3 Воспроизведение значений абсолютного давления выполнять в барокамере (рисунок 6).

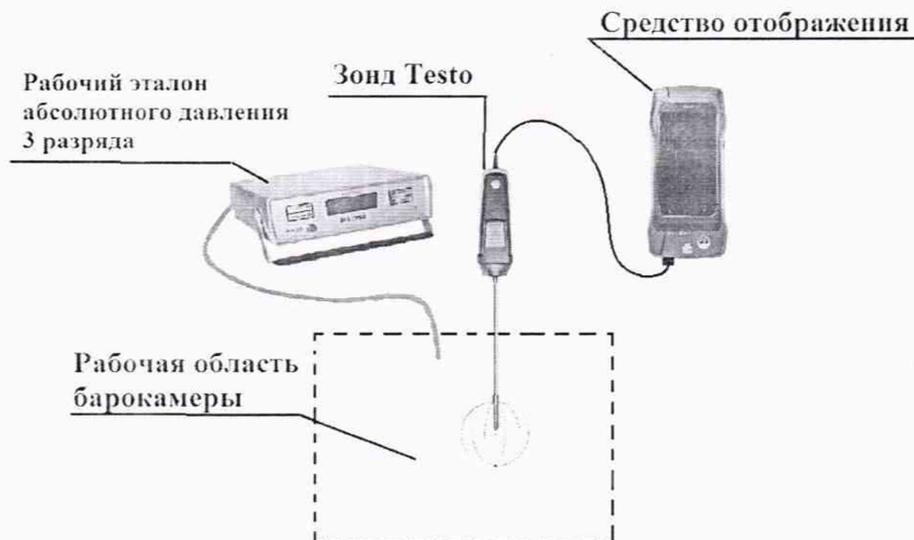


Рисунок 6 – Схема определения абсолютной погрешности измерений абсолютного давления

9.4.4 Отсчет результатов измерений эталона абсолютного давления и поверяемого зонда Testo проводить после стабилизации их показаний.

9.4.5 Абсолютную погрешность измерений абсолютного давления (ΔP) вычислять по формуле (4).

$$\Delta P = P_{\text{пов}} - P_{\text{эт}}, \text{ гПа} \quad (4)$$

где $P_{\text{пов}}$ – результат измерений поверяемого зонда Testo, гПа;

$P_{\text{эт}}$ – результат измерений эталона абсолютного давления, гПа.

9.5 Определение абсолютной погрешности измерений концентраций CO_2 и CO

9.5.1 Определение абсолютной погрешности измерений концентрации диоксида углерода (CO_2) и оксида углерода (CO) проводить поочередной подачей газовых смесей на поверяемый зонд Testo. Последовательность подачи газовых смесей (таблицы 5 и 6): 1-2-3-2-1-3.

Таблица 5 – Технические характеристики газовых смесей, используемых при поверке зонда Testo 0632 1550

№№ ГС	Компонентный состав	Номинальное значение объёмной доли CO_2 , пределы допускаемого отклонения от номинального значения, млн ⁻¹	№ ГСО по госреестру
1	ПНГ азот	-	-
2	$\text{CO}_2 + \text{N}_2$	4500 ± 500	10705-2015
3	$\text{CO}_2 + \text{N}_2$	8000 ± 500	

Таблица 6 – Технические характеристики газовых смесей, используемых при поверке зонда Testo 0632 1270

№№ ГС	Компонентный состав	Номинальное значение объёмной доли CO , пределы допускаемого отклонения от номинального значения, млн ⁻¹	№ ГСО по госреестру
1	ПНГ азот	-	-
2	$\text{CO} + \text{N}_2$	250 ± 50	10706-2015
3	$\text{CO} + \text{N}_2$	450 ± 50	

9.5.2 Подачу необходимой газовой смеси на зонд Testo осуществлять в следующем порядке:

9.5.2.1 Собрать схему, приведённую на рисунке 7.

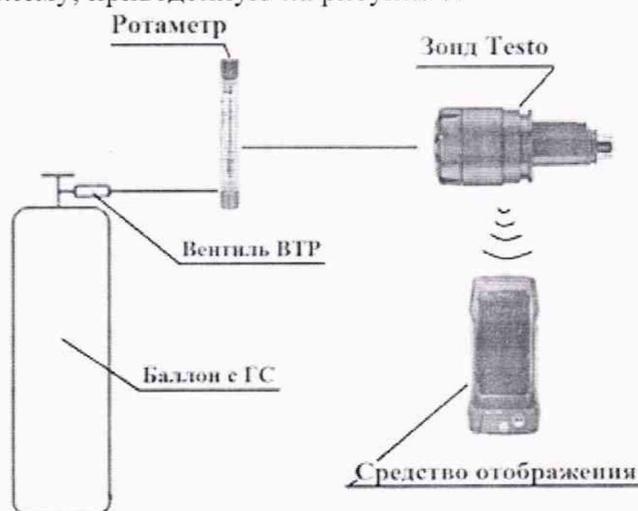


Рисунок 7 – Схема подачи газовых смесей

9.5.2.2 Вентилем точной регулировки установить расход газовой смеси равным $(0,5 \pm 0,1)$ дм³/мин.

9.5.2.3 Подсоединить к схеме зонд Testo с помощью насадки для подачи газовой смеси.

9.5.2.4 Отсчет результатов измерений поверяемого зонда Testo проводить после стабилизации его показаний (через 3-5 минут после начала подачи газовой смеси).

9.5.3 Значение абсолютной погрешности ΔC , вычислять по формуле (5).

$$\Delta C = C_{\text{пов}} - C_{\text{эт}}, \text{ млн}^{-1} \quad (5)$$

где $C_{\text{пов}}$ – результат измерений концентрации определяемого компонента поверяемого зонда Testo, млн^{-1} ;

$C_{\text{эт}}$ – действительное значение концентрации определяемого компонента в газовой смеси, млн^{-1} .

9.6 Определение относительной погрешности измерений освещенности

9.6.1 Определение относительной погрешности градуировки по источнику типа А, Δ_A

9.6.1.1 Определить на фотометрической скамье расстояние от тела накала эталонной лампы, соответствующее освещенности в диапазоне от 800 до 1000 лк. Измерения освещенности допускается проводить на расстоянии не менее 1 м от лампы.

9.6.1.2 Для каждой эталонной лампы рассчитать действительную освещенность в точке измерений по формуле (6):

$$E_{\text{дi}} = \frac{I_i}{L^2}, \text{ лк} \quad (6)$$

где I_i – сила света i -ой эталонной лампы СИС 107-1000 (по свидетельству о поверке лампы);

L – расстояние от тела накала эталонной лампы до приемной поверхности фотометрической головки, м.

9.6.1.3 Установить зонд Testo 0635 0551 на оптической оси скамьи, на расстоянии L от тела накала эталонной лампы (рисунок 8), произвести не менее трех измерений освещенности с каждой эталонной лампой.

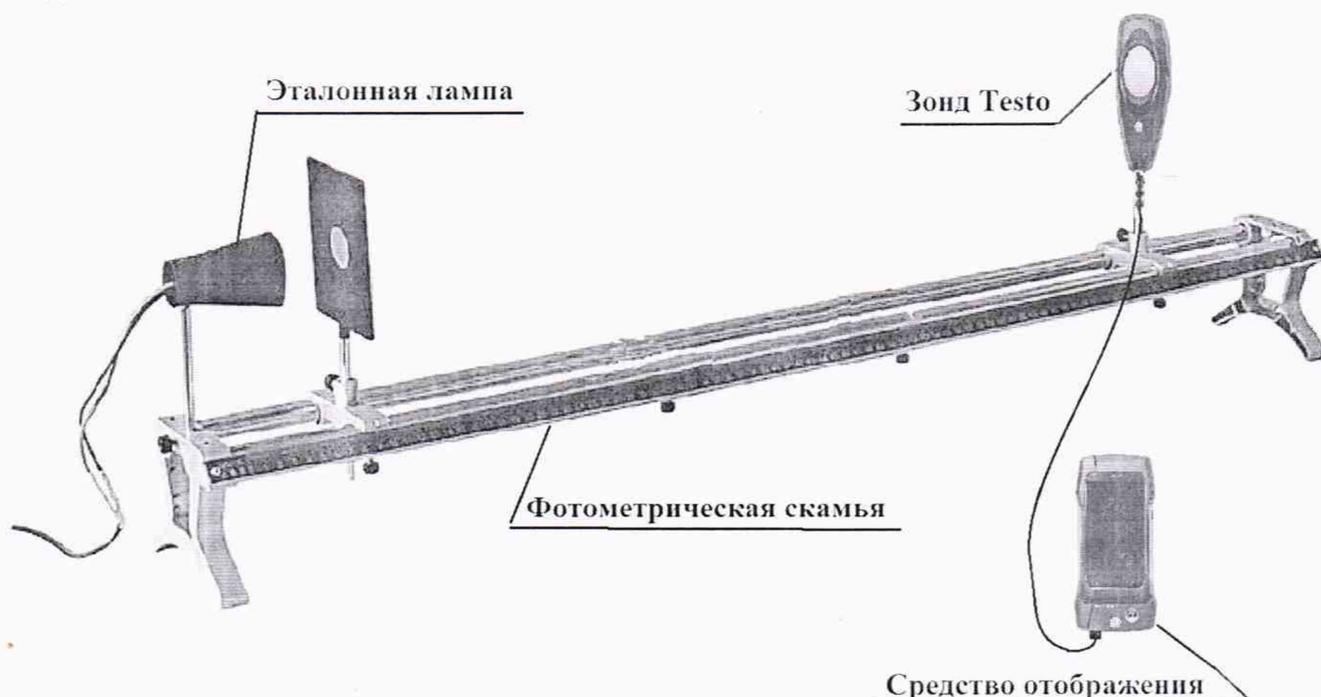


Рисунок 8 – Схема установки зонда Testo на фотометрической скамье

9.6.1.4 По результатам измерений на i -ой эталонной лампе определить среднее арифметическое значение.

9.6.1.5 Рассчитать относительную погрешность каждого измерений по формуле (7):

$$\Delta_{Ai} = \frac{E_{Di} - E_{ИЗМi}}{E_{Di}} \cdot 100, \% \quad (7)$$

где E_{Di} – действительная освещенность i -ой эталонной лампы СИС 107-1000 в точке измерений, рассчитанная по формуле (6), лк;

$E_{ИЗМi}$ – среднее арифметическое значение результатов измерений на i -ой эталонной лампе, лк.

9.6.1.6 Принять за относительную погрешность Δ_A градуировки зонда Testo 0635 0551 по источнику типа А максимальную из погрешностей Δ_{Ai} , полученных по формуле (7).

9.6.2 Определение отклонения световой характеристики от линейной, Δ_n

9.6.2.1 Измерение отклонения световой характеристики от линейной производить методом ослабления светового потока при помощи нейтрального ослабителя.

9.6.2.2 Измерения проводить при освещении зонда Testo 0635 0551 излучением светоизмерительной лампы СИС 107-1000, при необходимости сфокусированным при помощи линзы.

9.6.2.3 Установить зонд для измерения освещенности на оптической оси скамьи, аналогично рисунку 8.

9.6.2.4 Изменяя расстояние от зонда Testo 0635 0551 до тела накала эталонной лампы, добиться показаний зонда Testo 0635 0551 в пределах от 80 % до 90 % шкалы на верхнем пределе измерений.

9.6.2.5 Считая установленный световой поток полным, измерить освещенность E_i^{Π} и зафиксировать значения.

9.6.2.6 Ввести в световой поток, между источником и зондом Testo 0635 0551, нейтральный ослабитель с известным коэффициентом пропускания и измерить освещенность E_i^{τ} и зафиксировать значения.

9.6.2.7 Рассчитать отклонение световой характеристики от линейной δ_{Hi} по формуле (8).

$$\Delta_{Hi} = \frac{E_i^{\tau} - \tau \cdot E_i^{\Pi}}{E_i^{\Pi}} \cdot 100, \% \quad (8)$$

где τ – коэффициент ослабления светофильтра (из свидетельства о поверке/сертификата калибровки);

E_i^{τ} – освещенность, измеренная с установленным ослабителем, лк;

E_i^{Π} – освещенность, измеренная без ослабителя, лк.

9.6.2.8 Повторить измерения не менее чем в пяти точках диапазона измерений поверяемого средства измерений.

9.6.2.9 Принять за отклонение световой характеристики от линейной Δ_n максимальную из величин, полученных по формуле (8).

9.6.3 Определение погрешности отклонения относительной спектральной чувствительности от относительной спектральной световой эффективности монохроматического излучения для дневного зрения, Δ_{vis} и дополнительной погрешности чувствительности в ближних УФ и ИК областях спектра Δ_{n-vis} .

9.6.3.1 Определение погрешности отклонения относительной спектральной чувствительности от относительной спектральной световой эффективности монохроматического излучения для дневного зрения, Δ_{vis} и дополнительной погрешности чувствительности в ближних УФ и ИК областях спектра Δ_{n-vis} выполнять только при периодической поверке.

9.6.3.2 Измерить относительную спектральную чувствительность зонда Testo 0635 0551 $S(\lambda)$ в соответствии с инструкцией по эксплуатации установки для измерения ОСЧ.

Измерения проводить в диапазоне длин волн от 250 до 1000 нм с шагом 5 нм.

Зонд Testo 0635 0551 установить в измерительный канал установки для измерения ОСЧ так, чтобы обеспечивалось полное засвечивание диффузного рассеивателя монохроматическим излучением. Результаты измерения $S(\lambda)$ приводить в табличной или графической формах.

9.6.3.3 Расчет погрешности отклонения относительной спектральной чувствительности от относительной спектральной световой эффективности монохроматического излучения для дневного зрения, Δ_{vis} , произвести по формуле (9).

$$\Delta_{vis} = \left(\frac{\int_{380}^{780} \varphi_A(\lambda) V(\lambda) d\lambda \cdot \int_{380}^{780} \varphi_Z(\lambda) S(\lambda) d\lambda}{\int_{380}^{780} \varphi_A(\lambda) S(\lambda) d\lambda \cdot \int_{380}^{780} \varphi_Z(\lambda) V(\lambda) d\lambda} - 1 \right) \cdot 100, \% \quad (9)$$

где $S(\lambda)$ – относительная спектральная чувствительность зонда Testo;

$V(\lambda)$ – относительная спектральная световая эффективность монохроматического излучения для дневного зрения ГОСТ 8.332-2013;

$\varphi_A(\lambda)$ – относительное спектральное распределение энергии излучения источника типа А ГОСТ 7721-89;

$\varphi_Z(\lambda)$ – относительное спектральное распределение энергии излучения источника одного из пяти контрольных источников излучения: трехполосная люминесцентная лампа, ртутная лампа высокого давления, натриевая лампа высокого давления, металлогалогенная лампа с тремя добавками и металлогалогенная лампа с редкими землями.

9.6.3.4 Принять за погрешность коррекции зонда Testo 0635 0551 Δ_{vis} максимальную из величин, полученных по формуле (9) для каждого из пяти контрольных источников.

9.6.3.5 Расчет дополнительной погрешности чувствительности зонда Testo 0635 0551 в ближних УФ и ИК областях спектра Δ_{n-vis} произвести по формуле (10).

$$\Delta_{n-vis} = \left(\frac{\int_{250}^{1000} S(\lambda) d\lambda}{\int_{380}^{780} S(\lambda) d\lambda} - 1 \right) \cdot 100, \% \quad (10)$$

9.6.4 Определение погрешности утомляемости, Δ_y

9.6.4.1 Определение погрешности утомляемости проводить только при периодической проверке.

9.6.4.2 Установить зонд Testo 0635 0551 на оптической оси скамьи, на расстоянии L от тела накала эталонной лампы аналогично рисунку 8.

Включить секундомер и произвести два отсчета показаний Testo 0635 0551 E_{10} и E_{1800} в моменты времени 10 с и 1800 с (30 мин) от начала измерений.

9.6.4.3 Рассчитать относительную погрешность утомляемости по формуле (11).

$$\Delta_y = \frac{E_{1800} - E_{10}}{E_{10}} \cdot 100, \% \quad (11)$$

9.7 Определение абсолютной погрешности измерений напряжения и силы постоянного тока.

9.7.1 Определение абсолютной погрешности измерений напряжения и силы постоянного тока проводить в четырех контрольных значениях, равномерно распределенных внутри диапазона измерений, включая два крайних значения диапазона.

9.7.2 На вход зонда Testo 0572 2166, от компаратора-калибратора универсального КМ300КТ подать сигнал, соответствующий напряжению или силе постоянного тока (рисунки 9 и 10).

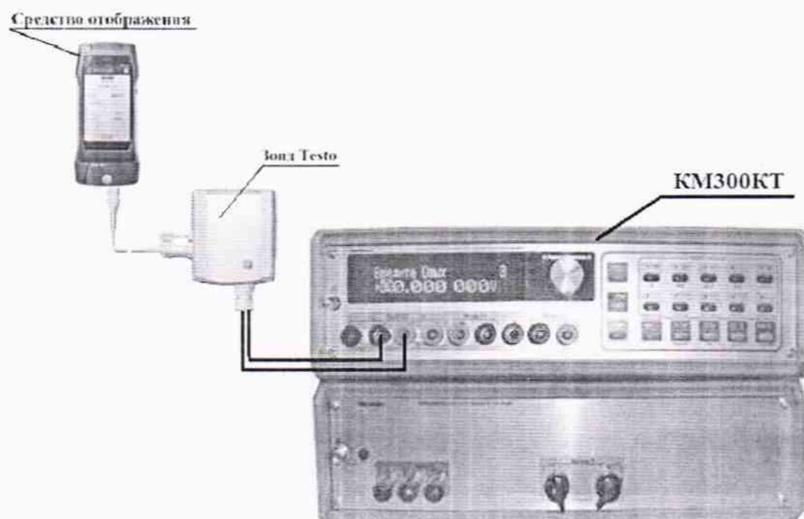


Рисунок 9 – Схема подключения зонда Testo к компаратору-калибратору универсальному KM300KT при определении абсолютной погрешности измерений напряжения постоянного тока

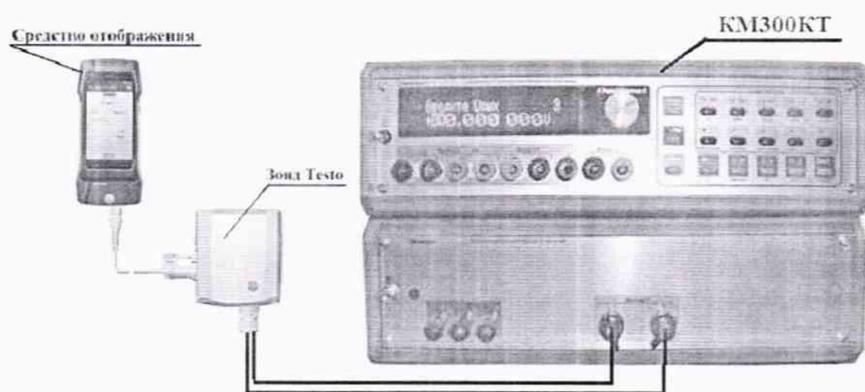


Рисунок 10 – Схема подключения зонда Testo к компаратору-калибратору универсальному KM300KT при определении абсолютной погрешности измерений силы постоянного тока

9.7.3 Абсолютную погрешность измерений в каждом контрольном значении рассчитать по формуле (12) для силы постоянного тока и формуле (13) для напряжения постоянного тока:

$$\Delta I = I_{\text{пов}} - I_{\text{эт}}, \text{ мА} \quad (12)$$

$$\Delta U = U_{\text{пов}} - U_{\text{эт}}, \text{ В} \quad (13)$$

где $I_{\text{пов}}$, $U_{\text{пов}}$ – измеренные значения силы и напряжения постоянного тока зондом Testo, мА и В соответственно;

$I_{\text{эт}}$, $U_{\text{эт}}$ – воспроизведенные значения силы и напряжения постоянного тока на KM300KT, мА и В соответственно;

10 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Подтверждение соответствия зондов Testo метрологическим требованиям выполнять для измеряемых величин с учетом п.п. 2.2 и 2.3.

10.2 Результат поверки зондов Testo по каналам измерений температуры, относительной влажности, скорости воздушного потока, абсолютного давления, концентраций CO₂ и CO, напряжения и силы постоянного тока считать положительными, если погрешности измерений, рассчитанные по формулам (1)-(5), (12) и (13) соответственно, в каждом контрольном значении не превышают пределов допускаемых погрешностей, указанных в описании типа для соответствующего исполнения зондов Testo.

10.3 Результат поверки зондов Testo по каналу измерений освещенности считать положительным, если:

– значение относительной погрешности градуировки по источнику типа А, рассчитанной в п. 9.6.1.6, не превышает 3 %;

– максимальное отклонение световой характеристики от линейной, рассчитанной в п. 9.6.2.9, не превышает 3 %;

– погрешность отклонения относительной спектральной чувствительности от относительной спектральной световой эффективности монохроматического излучения для дневного зрения, Δ_{vis} , рассчитанная по формуле (9), не превышает 4,0 %, а дополнительная погрешность чувствительности в ближних УФ и ИК областях спектра Δ_{n-vis} , рассчитанная по формуле (10), не превышает 0,5 % (при периодической поверке Δ_{vis} принимается равной 4,0 %, Δ_{n-vis} принимается равной 0,5 %);

– погрешность утомляемости, рассчитанная по формуле (11), не превышает 0,5 % (при периодической поверке принимается равной 0,5 %);

– суммарная относительная погрешность измерений освещенности $\Delta_{осв}$ при доверительной вероятности $P=0,95$, рассчитанная по формуле (14) по результатам п. 9.6, не превышает 15 %.

$$\Delta_{осв} = 1,1 \cdot \sqrt{\Delta_A^2 + \Delta_H^2 + \Delta_{vis}^2 + \Delta_{n-vis}^2 + \Delta_y^2}, \% \quad (14)$$

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Сведения о результатах поверки средств измерений передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

11.2 При положительных результатах поверки по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке средства измерений, оформленное в соответствии с действующими нормативно-правовыми документами.

11.3 При отрицательных результатах поверки по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается извещение о непригодности к применению средства измерений, оформленное в соответствии с действующими нормативно-правовыми документами.

11.4 Требования к оформлению протокола поверки не предъявляются.

11.5 При передаче сведений о результатах поверки информацию о применяемых при поверке средств отображения и съемных рукоятках не указывать.

И.о начальника лаборатории № 442



Д.А. Подобрянский

Начальник лаборатории № 448

А.Г. Дубинчик

Начальник лаборатории № 443



Д.А. Денисов