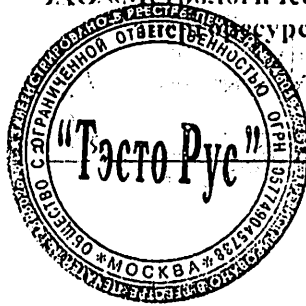


УТВЕРЖДАЮ
Руководитель ФЦИ СИ «Тест ПУ» -
исполнительный директор
ЗАО «Метрологический центр
«Тест ПУ»»



А.В. Федоров

2006 г.

ИНСТРУКЦИЯ

Измерители комбинированные
TESTO 400, TESTO 405, TESTO 415, TESTO 416, TESTO 417,
TESTO 425, TESTO 435, TESTO 445
фирмы «Testo AG», Германия

Методика поверки

2.р. 17273-06

1 Общие сведения

1.1. Настоящая методика поверки распространяется на измерители комбинированные TESTO 400, TESTO 405, TESTO 415, TESTO 416, TESTO 417, TESTO 425, TESTO 435, TESTO 445 (далее – приборы) и устанавливает порядок проведения их первичной и периодической поверки.

1.2. Первичную и периодическую поверку проводят органы Государственной метрологической службы или юридические лица, аккредитованные на право поверки в соответствии с действующим законодательством.

1.3. Межповерочный интервал – 1 год.

2 Операции поверки

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

Таблица №1

№ п/п	Наименование операции	Номер пункта методики	Обязательность проведения операции при поверке	
			Первичная	Периодическая
1	Внешний осмотр и опробование	7.1	Да	Да
2	Определение погрешности измерений скорости воздушного потока для зондов-крыльчаток	7.2	При наличии зондов - крыльчаток	При наличии зондов - крыльчаток
3	Определение погрешности измерений скорости воздушного потока для зондов с термоэлементом	7.3	При наличии зондов с термоэлементом	При наличии зондов с термоэлементом
4	Определение среднего коэффициента преобразования динамического давления трубки Пито	7.4	При наличии трубки Пито	При наличии трубки Пито
5	Определение относительной погрешности определения среднего коэффициента преобразования трубки Пито для всего диапазона скоростей.	7.5	При наличии трубки Пито	При наличии трубки Пито
6	Определение абсолютной погрешности измерений температуры для зондов воздуха, комбинированных и многофункциональных зондов	7.6	При наличии зонда воздуха, комбинированных и многофункциональных зондов	При наличии зонда воздуха, комбинированных и многофункциональных зондов
7	Определение погрешности измерений температуры приборов с погружаемыми зондами температуры.	7.7	При наличии погружаемого зонда температуры.	При наличии погружаемого зонда температуры.
8	Определение абсолютной и относительной погрешности измерений температуры. (высокотемпературные зонды)	7.8	При наличии высокотемпературных зондов	При наличии высокотемпературных зондов

№ п/п	Наименование операции	Номер пункта методики	Обязательность проведения операции при проверке	
			Первичная	Периодическая
9	Определение абсолютной погрешности измерений относительной влажности	7.9	При наличии зонда влажности	При наличии зонда влажности
10	Определение абсолютной погрешности измерений точки росы	7.10	При наличии зонда точки росы	При наличии зонда точки росы
11	Определение абсолютной погрешности измерений давления	7.11	При наличии зонда давления	При наличии зонда давления
12	Определение абсолютной погрешности измерений концентрации CO ₂ в атмосфере	7.12	При наличии зонда CO ₂ в атмосфере	При наличии зонда CO ₂ в атмосфере
13	Определение абсолютной погрешности измерений концентрации CO в атмосфере	7.13	При наличии зонда CO в атмосфере	При наличии зонда CO в атмосфере

3 Средства поверки

3.1 При проведении поверки должны применяться средства измерений и вспомогательное оборудование, указанные в таблице 2.

Таблица 2

№ п/п	Наименование и обозначение средства поверки	Метрологические характеристики
1.	Стенд аэродинамический переносной АДСП-60/30-М	Диапазон скоростей стенда, м/с 5...21 Диапазон скоростей приставки, м/с 0,1...7 Коэффициент конфузора стенда 1,011 Коэффициент приставки: - в диапазоне от 0,1 до 0,85 м/с 0,406; - в диапазоне от 0,85 до 7 м/с 0,428; Относительная погрешность определения коэффициента конфузора, % 1,5 Абсолютная погрешность измерений скорости, м/с: - в диапазоне от 0,1 до 7 м/с $\pm(0,03+0,02V)$; - в диапазоне от 5 до 21 м/с $\pm(0,1+0,02V)$
2.	Термометр ртутный стеклянный	Цена деления 0,1°C по ГОСТ28498-90
3.	Микроманометр МКВ-250	Диапазон измерений от 0 до 2500 Па. КТ 0,02 (2-го разряда) ТУ 14-13-015-79.
4.	Секундомер СОП пр-2а-3	
5.	Термометр эталонный 2-го разряда ПТС-10 ПНЗ.879.001ТУ	Диапазон измерений от минус 200 до 630 °С
6.	Барометр типа БРС-1М	Диапазон измерений от 600 до 1100 гПа
7.	Гигрометр психрометрический типа ВИТ-2	Диапазон измерений от 0 до 50 °С, погрешность $\pm 0,2^\circ\text{C}$
8.	Камера климатическая PSL-4GM	Диапазон температуры от минус 70 до 100 °С, $\Delta = \pm 0,3^\circ\text{C}$
9.	Термометр сопротивления эталонный ЭТС-100	Диапазон измерений температуры от минус 160 до 660 °С, $\Delta = \pm(0,02 \dots 0,06)^\circ\text{C}$
10.	Прецизионный цифровой термометр МИТ-8.10	Диапазон измерений температуры от минус 200 до 2000 °С, $\Delta = \pm 0,004^\circ\text{C} + T \times 10^{-5}$

№ п/п	Наименование и обозначение средства поверки	Метрологические характеристики
11.	Термостат	Диапазон термостатирования от 60 до 260 °С, погрешность термостатирования $\pm 0,02$ °С
12.	Генератор влажного газа "Родник-2".	Абсолютная погрешность воспроизведения влажного газа $\Delta_p = \pm 0,5$ %
13.	Термопреобразователь сопротивления типа ЭЧП, ГОСТ Р 50356-92	Диапазон температуры от 0 до 1100 °С
14.	Вольтметр В7-34.	Погрешность измерений $\pm 0,02$ %
15.	Электропечь СУОЛ-04.4/12.5 ГОСТ 13474-79	Номинальная температура 1250°С
16.	Генератор влажного газа «MG-101»	Диапазон воспроизведения точки росы от минус 80 до 20 °С, абсолютная погрешность воспроизведения влажного газа $\pm 1,0$ °С
17.	Микроманометр МКМ-4	Класс точности 0,01. Диапазон измерений от 0,1 до 4,0 кПа.
18.	Манометр грузопоршневой МП-2,5 I разряда по ГОСТ 8291-83	Диапазон измерений от 25 кПа до 0,25 МПа. Погрешность измерений $\pm 0,01$ %.
19.	Манометр абсолютного давления МПА -15	Погрешность $\pm 6,65$ Па в диапазоне от 0 до 20 кПа; $\pm 13,3$ Па - в диапазоне от 20 кПа до 133 кПа; $\pm 0,01$ % - в диапазоне от 133 кПа до 400 кПа;
20.	Манометр грузопоршневой МП-6 0 и I разрядов	Погрешности $\pm 0,005$ %, $\pm 0,01$ % в диапазоне от 0,04 до 0,6 МПа.
21.	Манометр грузопоршневой МП-60 0 и I разрядов	Погрешности $\pm 0,005$ %, $\pm 0,01$ % в диапазоне измерений от 0,1 до 6 МПа.
22.	Манометр грузопоршневой МП-600 0 и I разрядов	Погрешности $\pm 0,005$ %, $\pm 0,01$ % в диапазоне измерений от 0,1 до 60 МПа.
23.	ГСО-ПГС СО ₂ в азоте в баллонах под давлением по ТУ 6-16-2956-92	Номера по Госреестру СИ 3750-87, 3757-87, 3758-87, 375-87, 3760-87
24.	ГСО-ПГС СО в воздухе в баллонах под давлением по ТУ 6-16-2956-92	Номера по Госреестру СИ 3844-87, 4265-88, 7590-99, 3850-87
25.	Ротаметр для измерения расхода газа с верхним пределом измерений не менее 2,5 л/мин	Тип РМ – 0,25 ГУЗ по ТУ 25.02.070213-82

Примечание: При проведении поверки допускается применять другие средства поверки, не уступающие по техническим и метрологическим характеристикам средствам, указанным в табл. 2.

3.2 Все средства поверки должны иметь действующие свидетельства о поверке (или аттестаты).

4 Требования безопасности

4.1 Во время подготовки и проведения поверки должны соблюдаться правила безопасной работы, установленные в технических описаниях на средства поверки (таблица 2).

5 Условия поверки

5.1 К проведению поверки допускаются лица, имеющие высшее или среднетехническое образование и право проведения поверки.

5.2 Все операции поверки проводятся в следующих условиях:

температура окружающего воздуха, °С

20±5;

относительная влажность воздуха, %

от 30 до 80;

атмосферное давление, кПа

от 84 до 106,7.

№ п/п	Наименование операции	Номер пункта методики	Обязательность проведения операции при проверке	
			Первичная	Периодическая
9	Определение абсолютной погрешности измерений относительной влажности	7.9	При наличии зонда влажности	При наличии зонда влажности
10	Определение абсолютной погрешности измерений точки росы	7.10	При наличии зонда точки росы	При наличии зонда точки росы
11	Определение абсолютной погрешности измерений давления	7.11	При наличии зонда давления	При наличии зонда давления
12	Определение абсолютной погрешности измерений концентрации CO ₂ в атмосфере	7.12	При наличии зонда CO ₂ в атмосфере	При наличии зонда CO ₂ в атмосфере
13	Определение абсолютной погрешности измерений концентрации CO в атмосфере	7.13	При наличии зонда CO в атмосфере	При наличии зонда CO в атмосфере

3 Средства поверки

3.1 При проведении поверки должны применяться средства измерений и вспомогательное оборудование, указанные в таблице 2.

Таблица 2

№ п/п	Наименование и обозначение средства поверки	Метрологические характеристики
1.	Стенд аэродинамический переносной АДСП-60/30-М	Диапазон скоростей стенда, м/с 5...21 Диапазон скоростей приставки, м/с 0,1...7 Коэффициент конфузора стенда 1,011 Коэффициент приставки: - в диапазоне от 0,1 до 0,85 м/с 0,406; - в диапазоне от 0,85 до 7 м/с 0,428; Относительная погрешность определения коэффициента конфузора, % 1,5 Абсолютная погрешность измерений скорости, м/с: - в диапазоне от 0,1 до 7 м/с $\pm(0,03+0,02V)$; - в диапазоне от 5 до 21 м/с $\pm(0,1+0,02V)$
2.	Термометр ртутный стеклянный	Цена деления 0,1 °С по ГОСТ28498-90
3.	Микроанометр МКВ-250	Диапазон измерений от 0 до 2500 Па. КТ 0,02 (2-го разряда) ТУ 14-13-015-79.
4.	Секундомер СОП пр-2а-3	
5.	Термометр эталонный 2-го разряда ПТС-10 ПНЗ.879.001ТУ	Диапазон измерений от минус 200 до 630 °С
6.	Барометр типа БРС-1М	Диапазон измерений от 600 до 1100 гПа
7.	Гигрометр психрометрический типа ВИТ-2	Диапазон измерений от 0 до 50 °С, погрешность $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$
8.	Камера климатическая PSL-4GM	Диапазон температуры от минус 70 до 100 °С, $\Delta = \pm 0,3^{\circ}\text{C}$
9.	Термометр сопротивления эталонный ЭТС-100	Диапазон измерений температуры от минус 160 до 660 °С. $\Delta = \pm(0,02 \dots 0,06)^{\circ}\text{C}$
10.	Прецизионный цифровой термометр МИТ-8.10	Диапазон измерений температуры от минус 200 до 2000 °С, $\Delta = \pm 0,004^{\circ}\text{C} + T \times 10^{-5}$

№ п/п	Наименование и обозначение средства поверки	Метрологические характеристики
11.	Термостат	Диапазон термостатирования от 60 до 260 °С, погрешность термостатирования ±0,02 °С
12.	Генератор влажного газа "Родник-2".	Абсолютная погрешность воспроизведения влажного газа $\Delta_{\text{в}} = \pm 0,5\%$
13.	Термопреобразователь сопротивления типа ЭЧП, ГОСТ Р 50356-92	Диапазон температуры от 0 до 1100 °С
14.	Вольтметр В7-34.	Погрешность измерений ±0,02 %
15.	Электронечь СУОП-04.4/12.5 ГОСТ 13474-79	Номинальная температура 1250°С
16.	Генератор влажного газа «МГ-101»	Диапазон воспроизведения точки росы от минус 80 до 20 °С, абсолютная погрешность воспроизведения влажного газа ±1,0 °С
17.	Микроманометр МКМ-4	Класс точности 0,01. Диапазон измерений от 0,1 до 4,0 кПа.
18.	Манометр грузопоршневой МП-2,5 1 разряда по ГОСТ 8291-83	Диапазон измерений от 25 кПа до 0,25 МПа. Погрешность измерений ± 0,01 %.
19.	Манометр абсолютного давления МПА -15	Погрешности ±6,65 Па в диапазоне от 0 до 20 кПа; ±13,3 Па - в диапазоне от 20 кПа до 133 кПа; ±0,01% - в диапазоне от 133 кПа до 400 кПа;
20.	Манометр грузопоршневой МП-6 0 и 1 разрядов	Погрешности ±0,005 %, ±0,01 % в диапазоне от 0,04 до 0,6 МПа.
21.	Манометр грузопоршневой МП-60 0 и 1 разрядов	Погрешности ±0,005 %, ±0,01 % в диапазоне измерений от 0,1 до 6 МПа.
22.	Манометр грузопоршневой МП-600 0 и 1 разрядов	Погрешности ±0,005 %, ±0,01 % в диапазоне измерений от 0,1 до 60 МПа.
23.	ГСО-ПГС СО2 в азоте в баллонах под давлением по ТУ 6-16-2956-92	Номера по Госреестру СИ 3750-87, 3757-87, 3758-87, 375-87, 3760-87
24.	ГСО-ПГС СО в воздухе в баллонах под давлением по ТУ 6-16-2956-92	Номера по Госреестру СИ 3844-87, 4265-88, 7590-99, 3850-87
25.	Ротаметр для измерения расхода газа с верхним пределом измерений не менее 2,5 л/мин	Тип РМ - 0,25 ГУЗ по ТУ 25.02.070213-82

Примечание: При проведении поверки допускается применять другие средства поверки, не уступающие по техническим и метрологическим характеристикам средствам, указанным в табл. 2.

3.2 Все средства поверки должны иметь действующие свидетельства о поверке (или аттестата).

4 Требования безопасности

4.1 Во время подготовки и проведения поверки должны соблюдаться правила безопасной работы, установленные в технических описаниях на средства поверки (таблица 2).

5 Условия поверки

5.1 К проведению поверки допускаются лица, имеющие высшее или среднетехническое образование и право проведения поверки.

5.2 Все операции поверки проводятся в следующих условиях:

температура окружающего воздуха, °С

20 ± 5;

относительная влажность воздуха, %

от 30 до 80;

атмосферное давление, кПа

от 84 до 106,7.

6 Подготовка к поверке

6.1 Перед проведением поверки подготовить средства поверки в соответствии с требованиями эксплуатационной документации на них.

7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр, опробование.

При внешнем осмотре проверить:

- соответствие внешнего вида приборов и составных частей требованиям эксплуатационной документации;

- отсутствие механических повреждений, влияющих на работоспособность приборов.

Проверить прибор на функционирование в следующей последовательности:

- включить питание прибора, убедиться, что батарея питания не разряжена;

- проконтролировать наличие индикации показаний измеряемых параметров на дисплее прибора;

- проверить работоспособность прибора в соответствии с эксплуатационной документацией.

Результаты поверки по данному пункту считаются положительными, если установлено соответствие приборов перечисленным выше требованиям.

7.2. Определение абсолютной погрешности измерений скорости воздушного потока зондами-крыльчатками

Установить зонд анемометра в зоне равных скоростей рабочего участка аэродинамического стенда в соответствии ТД.

Подключить зонд анемометра к измерительному блоку в соответствии ТД.

Поочередно установить скорости воздушного потока в рабочем участке аэродинамического стенда в соответствии со значениями, приведенными в таблице 3.

Таблица 3

Тип прибора (зонда-крыльчатки)	Значения скорости воздушного потока в контрольных точках, м/с					
TESTO 400, TESTO 445 (Зонд-крыльчатка Ø100 мм)	0,2±0,1	0,5±0,1	1±0,2	3±0,5	10±1	15±2
TESTO 417	0,3 ±0,1	0,5±0,1	1±0,2	3±0,5	10±1	20±2
TESTO 400, TESTO 445, TESTO 435 (Зонд-крыльчатка Ø60 мм)	0,25±0,1	0,5±0,1	1±0,2	3±0,5	10±1	20±2
TESTO 400, TESTO 445 (Зонд-крыльчатка Ø25 мм)	0,4±0,1	1±0,2	3±0,5	10±1	15±2	20±2
TESTO 400, TESTO 445, TESTO 435 (Зонды-крыльчатки Ø16 мм, Ø12 мм), TESTO 416	0,6±0,1	1±0,2	3±0,5	10±1	15±2	20±2

Перевести прибор в режим измерений средней скорости воздушного потока в соответствии с ТД.

При каждом установленном значении скорости зафиксировать средние показания дисплея измерительного блока анемометра.

Определить абсолютную погрешность измерений скорости воздушного потока по формуле:

$$\gamma = V_{\text{инст}} - V_s$$

где: $V_{\text{инст}}$ – показания дисплея измерительного блока поверяемого прибора;
 V_s – значение скорости по эталонному стенду.

Результаты поверки по данному пункту методики считаются положительными если, в контрольных точках диапазона измерений значения погрешности находятся в пределах, приведенных в п.2 таблицы 7.

7.3 Определение абсолютной погрешности измерений скорости воздушного потока приборов (зондов) с обогреваемыми измерительными элементами (струна, шарик).

Установить зонд термоанемометра в зоне равных скоростей рабочего участка аэродинамического стенда в соответствии ТД.

Поочередно установить скорости воздушного потока в рабочем участке аэродинамического стенда в соответствии со значениями, приведенными в таблице 4.

Таблица 4

Тип прибора (заводской номер зонда с обогреваемым элементом)	Значения скорости воздушного потока в контрольных точках, м/с					
	TESTO 405, TESTO 415 и TESTO 400, TESTO 445 (зонды 0635 1549, 0635 1049, 0635 1540)	0,2±0,1	0,5±0,1	1±0,2	3±0,5	5±1
TESTO 425 и TESTO 400, TESTO 445 (зонд 0635 1041), TESTO 435 (зонды 0635 1535, 0635 1025)	0,2±0,1	0,5±0,1	1±0,2	3±0,5	10±1	20±2

Перевести прибор в режим измерений средней скорости воздушного потока в соответствии с ТД.

При каждом установленном значении скорости зафиксировать средние показания дисплея измерительного блока анемометра.

Определите погрешность измерений скорости воздушного потока по формуле:

$$\gamma = V_{\text{инст}} - V_s$$

где: $V_{\text{инст}}$ – показания дисплея измерительного блока;
 V_s – значение скорости по эталонному стенду.

Результаты поверки по данному пункту методики считаются положительными если, в контрольных точках диапазона измерений значения погрешности находятся в пределах, приведенных в п.3 таблицы 7.

7.4 Определение среднего коэффициента преобразования динамического (скоростного) давления трубки – Kt.

7.4.1 Трубку установить в рабочем участке аэродинамического стенда АДСП - 60/30М. Ее приемную часть установить на выходе конфузора навстречу воздушному потоку. Трубку подключить к дифференциальному «рабочему» каналу блока контроля и управления стенда аэродинамического. Конфузор подключить ко входу второго «эталонного» канала дифференциального манометра блока управления и контроля.

7.4.2 Блок контроля и управления установить в режим «Работа» и «Рэ».

7.4.3 Менять положения переключателей блока управления и контроля, последовательно задать не менее 5 ($m \geq 5$) значений скоростей воздушного потока V_j , находящихся в диапазоне измерений

Параметры	Модели							
	TESTO 400	TESTO 405	TESTO 415	TESTO 416	TESTO 417	TESTO 425	TESTO 435	TESTO 445
2 Пределы допускаемой погрешности измерений скорости потока (зонд - крыльчатка), V-измеренное значение скорости	Ø12 мм, Ø16 мм, Ø25 мм ±(0,2+0,05V) м/с, Ø60 мм, Ø100 мм ±(0,1+0,05V) м/с			±(0,2+0,05V) м/с	±(0,1+0,05V) м/с		Ø16 мм ±(0,2+0,05V) м/с Ø60 мм ±(0,1+0,05V) м/с	Ø12 мм, Ø16 мм, Ø25 мм ±(0,2+0,05V) м/с Ø60, Ø100 мм ±(0,1+0,05V) м/с
3 Пределы допускаемой погрешности измерений скорости потока (зонд с термоэлементом), V-измеренное значение скорости	Зонды с обогреваемой струной и трехфункциональный зонд: ±(0,1+0,05V) м/с Зонд с обогреваемым шариком: ±(0,1+0,05V) м/с в диапазоне от 0 до 1,99 м/с, ±(0,5+0,1V) м/с в диапазоне от 2 до 10 м/с	±(0,1+0,05V) м/с в диапазоне от 0 до 2 м/с, ±(0,3+0,05V) м/с в остальном диапазоне	±(0,1+0,05V) м/с			±(0,1+0,05V) м/с	±(0,1+0,05V) м/с	Зонды с обогреваемой струной и трехфункциональный зонд: ±(0,1+0,05V) м/с Зонд с обогреваемым шариком: ±(0,1+0,05V) м/с в диапазоне от 0 до 1,99 м/с, ±(0,5+0,1V) м/с в диапазоне от 2 до 10 м/с
4 Пределы допускаемой относительной погрешности измерений дифференциального давления	±1 % (датчик от 0 до 100 Па) ±1 % (датчик от 0 до 10 гПа) ±0,5 % (датчик от 0 до 100 гПа)						±0,02 гПа в диапазоне от 0 до 2 гПа, ±1 % в остальном диапазоне	±1 % (датчик от 0 до 100 Па) ±1 % (датчик от 0 до 10 гПа) ±0,5 % (датчик от 0 до 100 гПа)
5 Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений абсолютного давления	±5 гПа						±5 гПа	±5 гПа
6 Пределы допускаемой приведенной погрешности измерений избыточного давления	±1 %							

Таблица 7

Параметры	Модели											
	TESTO 400	TESTO 405	TESTO 415	TESTO 416	TESTO 417	TESTO 425	TESTO 435	TESTO 445				
1 Пределы допускаемой погрешности измерений температуры	NTC	±0,2 °C в диапазоне от минус 10 до 50 °C	±0,1 °C в диапазоне от минус 30 до 99,9 °C	±0,4 °C в диапазоне от 100 до 199,9 °C	±1 °C в диапазоне от 200 до 600 °C	±0,5 °C в диапазоне от 0 до 50 °C, ±0,7 °C в остальном диапазоне	±0,2 °C в диапазоне от минус 25 до 74,9 °C	±0,4 °C в диапазоне от минус 30 до 25,1 °C и от 75 до 99,9 °C, ±0,5 % в диапазоне от 100 до 150 °C	NTC	TESTO 445	±0,2 °C в диапазоне от 25 до 74,9 °C	±0,4 °C в диапазоне от минус 30 до 25,1 °C и от 75 до 99,9 °C, ±0,5 % в диапазоне от 100 до 150 °C
		±0,4 °C в диапазоне от минус 30 до 50 °C										
	Pt100	±0,4 °C в диапазоне от минус 30 до 200 °C	±0,5 °C в диапазоне от 200,1 до 1000 °C	±0,5 °C в диапазоне от 200 до 600 °C	±0,5 °C в диапазоне от 0 до 50 °C, ±0,7 °C в остальном диапазоне	±0,5 °C в диапазоне от 0 до 50 °C, ±0,7 °C в остальном диапазоне	±0,4 °C в диапазоне от минус 25 до 74,9 °C	±0,5 % в диапазоне от 100 до 150 °C	K	TESTO 445	±0,3 °C в диапазоне от минус 30 до 60 °C, ±0,5 % в остальном диапазоне	±0,3 °C в диапазоне от минус 30 до 60 °C, ±0,5 % в остальном диапазоне
		±1 °C в диапазоне от 200,1 до 1000 °C										
J	±0,4 °C в диапазоне от минус 30 до 150 °C	±0,5 °C в диапазоне от 150,1 до 600 °C	±0,5 °C в диапазоне от 150,1 до 600 °C	±0,5 °C в диапазоне от 150,1 до 600 °C	±0,5 °C в диапазоне от 150,1 до 600 °C	±0,5 °C в диапазоне от 150,1 до 600 °C	±0,5 % в диапазоне от 100 до 150 °C	J	TESTO 445	±0,3 °C в диапазоне от минус 30 до 60 °C, ±0,5 % в остальном диапазоне	±0,3 °C в диапазоне от минус 30 до 60 °C, ±0,5 % в остальном диапазоне	
	±1 °C в диапазоне от 150,1 до 600 °C											±1 °C в диапазоне от 150,1 до 600 °C

Модели

	TESTO 404	TESTO 405	TESTO 415	TESTO 416	TESTO 417	TESTO 425	TESTO 435	TESTO 445
Пределы допускаемой погрешности измерений концентрации CO ₂ в атмосфере	±(160ppm±3% от изм. зн.) в диапазоне от 0 до 5000 ppm, ±(160ppm±3% от изм. зн.) в диапазоне от 5001 до 10000 ppm	-	-	-	-	-	-	±5 ppm в диапазоне от 0 до 100 ppm, ±5 % в остальном диапазоне
9 Пределы допускаемой погрешности измерений относительной влажности, %	±2 % в диапазоне от 2 до 98 % При использовании высокоточного зонда: ±1 % в диапазоне от 10 до 90 %; ±2 % в остальном диапазоне	-	-	-	-	-	±(50ppm±2% от изм.зн.) в диапазоне от 0 до 5000 ppm. ±(160ppm±3% от изм. зн.) в диапазоне от 5001 до 10000 ppm	±(50ppm±2% от изм. зн.) в диапазоне от 0 до 5000 ppm, ±(160ppm±3% от изм. зн.) в диапазоне от 5001 до 10000 ppm
							±2 % в диапазоне от 2 до 98 %	±2 % в диапазоне от 2 до 98 % При использовании высокоточного зонда: ±1 % в диапазоне от 10 до 90 %; ±2 % в остальном диапазоне

7.4.4 По истечении 20 с для каждого заданного значения скорости, последовательно, с интервалом 5 с, зарегистрировать не менее 3 ($n \geq 3$) значений показаний дифференциального манометра блока контроля и управления $P_{э}$ и $P_{и}$, в режимах работы блока «Рэ» и «Ри» соответственно, а затем по измеренным значениям $P_{эj}$ и $P_{иj}$, вычислить их средние значения по формулам:

$$P_{эj} = \frac{\Sigma(P_{эi})}{n}; \quad P_{иj} = \frac{\Sigma(P_{иi})}{n}$$

Для каждого выбранного положения переключателей задания скорости воздушного потока рассчитать:

а) значение скорости V_j по формуле:

$$V_j = 4,036 * \sqrt{K_k * P_{эj}} * \sqrt{(273+t) * 101,3 / (P_a * 293)},$$

где: K_k - коэффициент конфузора аэродинамической трубки (приведен в свидетельстве аттестации стенда);

t - температура, °C;

P_a - атмосферное давление, кПа;

б) значение коэффициента преобразования динамического давления трубки K_{tj} по формуле:

$$K_{tj} = K_k * P_{эj} / P_{иj}$$

7.4.5 Для всего диапазона скоростей вычислить среднее арифметическое значение коэффициента преобразования динамического давления K_t по формуле:

$$K_t = \frac{\Sigma(K_{tj})}{m}$$

7.4.6 Если среднее арифметическое значение коэффициента преобразования динамического давления K_t находится в диапазонах, приведенных в таблице 5, то прибор (трубка Пито) считается выдержавшим испытание.

Таблица 5.

Тип трубки Пито	Диапазон коэффициентов преобразования динамического давления K_t (коэффициентов Пито)
Г-образная	от 0,95 до 1,05
Прямая	от 0,65 до 0,85

7.5 Определение относительной погрешности определения среднего коэффициента преобразования динамического давления напорной трубки для всего диапазона скоростей

7.5.1 Оценить среднее отклонение ΔK_t от результата определения значения K_t для всего диапазона скоростей по формуле:

$$\Delta K_t = \frac{\Sigma(|K_{tj} - K_t|)}{m}$$

и его среднее относительное отклонение, выраженное в %, по формуле:

$$\delta_m = \frac{\Delta K_t}{K_t} * 100$$

7.5.2 Вычислить основную относительную погрешность определения коэффициента преобразования трубки δ для всего диапазона скоростей по формуле:

7.4.4 По истечении 20 с для каждого заданного значения скорости, последовательно, с интервалом 5 с, зарегистрировать не менее 3 ($n \geq 3$) значений показаний дифференциального манометра блока контроля и управления $P_э$ и $P_и$, в режимах работы блока « $P_э$ » и « $P_и$ » соответственно, а затем по измеренным значениям $P_{эi}$ и $P_{иi}$, вычислить их средние значения по формулам:

$$P_{эj} = \frac{\sum(P_{эi})}{n}; \quad P_{иj} = \frac{\sum(P_{иi})}{n}$$

Для каждого выбранного положения переключателей задания скорости воздушного потока рассчитать:

а) значение скорости V_j по формуле:

$$V_j = 4,036 * \sqrt{(K_k * P_{эj}) * \sqrt{(273+t) * 101,3 / (P_a * 293)}},$$

где: K_k - коэффициент конфузора аэродинамической трубы (приведен в свидетельстве аттестации стенда);

t - температура, °C;

P_a - атмосферное давление, кПа;

б) значение коэффициента преобразования динамического давления трубки K_j по формуле:

$$K_{tj} = K_k * P_{эj} / P_{иj}$$

7.4.5 Для всего диапазона скоростей вычислить среднее арифметическое значение коэффициента преобразования динамического давления K_t по формуле:

$$K_t = \frac{\sum(K_{tj})}{m}$$

7.4.6 Если среднее арифметическое значение коэффициента преобразования динамического давления K_t находится в диапазонах, приведенных в таблице 5, то прибор (трубка Пито) считается выдержавшим испытание.

Таблица 5

Тип трубки Пито	Диапазон коэффициентов преобразования динамического давления K_t (коэффициентов Пито)
Г-образная	от 0,95 до 1,05
Прямая	от 0,65 до 0,85

7.5 Определение относительной погрешности определения среднего коэффициента преобразования динамического давления напорной трубки для всего диапазона скоростей

7.5.1 Оценить среднее отклонение ΔK_t от результата определения значения K_t для всего диапазона скоростей по формуле:

$$\Delta K_t = \frac{\sum(|K_{tj} - K_t|)}{m}$$

и его среднее относительное отклонение, выраженное в %, по формуле:

$$\delta_{от} = \frac{\Delta K_t}{K_t} * 100$$

7.5.2 Вычислить основную относительную погрешность определения коэффициента преобразования трубки δ для всего диапазона скоростей по формуле:

$$\delta = \sqrt{(\delta K_{ти})^2 + (\delta K_{тв})^2},$$

где $\delta K_{тв}$ - относительная погрешность определения коэффициента трюбки для каждой из установленных скоростей, рассчитанная по формуле:

$$\delta_{тв} = 1,1 * \sqrt{(\delta K_k^2 + \delta_m^2)},$$

где δK_k - относительная погрешность определения коэффициента конфузора K_k (приведена в свидетельстве аттестации аэродинамического стенда АДСП-60/30-М);

δ_m - относительная погрешность эталонного микроманометра (приведена в свидетельстве аттестации микроманометра).

7.6 Определение абсолютной погрешности измерений температуры воздуха (для комбинированных и многофункциональных зондов)

7.6.1 Установить в климатической камере поочередно пять значений температур равномерно распределенных по диапазону измерений, включая наибольшее и наименьшее значения.

7.6.2 Поместить в климатическую камеру эталонный термометр сопротивления ЭТС-100, подключенный к МИТ-8.10 и поверяемый прибор.

7.6.3 По истечении указанного времени считать результаты измерений температуры с дисплея электронного блока и цифрового термометра МИТ-8.10.

7.6.4 Определить абсолютную погрешность измерений температуры по формуле:

$$\Delta t = |T_{изм} - T_{эт}|, ^\circ C$$

где: $T_{изм}$ - результат измерений поверяемого прибора;

$T_{эт}$ - результат измерений температуры эталонным термопреобразователем.

7.6.5 Повторить операции по п. 7.6.2-7.6.4 три раза для каждого из установленных в камере значений температуры.

Результаты поверки по данному пункту методики считаются положительными, если значения абсолютной погрешности измерений температуры находятся в пределах, указанных в п. 1 таблицы 7.

7.7 Определение погрешности измерений температуры с погружаемыми зондами

7.7.1 В термостате поочередно установить температуру соответствующую десяти значениям диапазона измерений прибора, включая наибольшее и наименьшее значения. Диапазон измерений определяется типом применяемого первичного преобразователя.

7.7.2 Включить поверяемый прибор.

7.7.3 Поместить эталонный термометр и первичный преобразователь поверяемого прибора в жидкостный термостат на глубину погружаемой части и выдержать их при заданной температуре в течении 10 мин.

7.7.4 Считать результаты измерений температуры эталонным термометром ($T_{э}$) и поверяемым прибором (T_i).

7.7.5 Извлечь из термостата первичный преобразователь испытуемого прибора и через 2 минуты повторить операции по п. 7.7.3, 7.7.4.

7.7.6 Повторить операции по п. 7.7.3- 7.7.5 для каждого из установленных в термостате значений температуры.

7.7.7 Определить абсолютную (Δ_T) или относительную δ_T погрешности прибора, в каждой контрольной точке (тип погрешности выбирается в зависимости от заданной точки диапазона и приведен в п. 1 таблицы 7), по формулам:

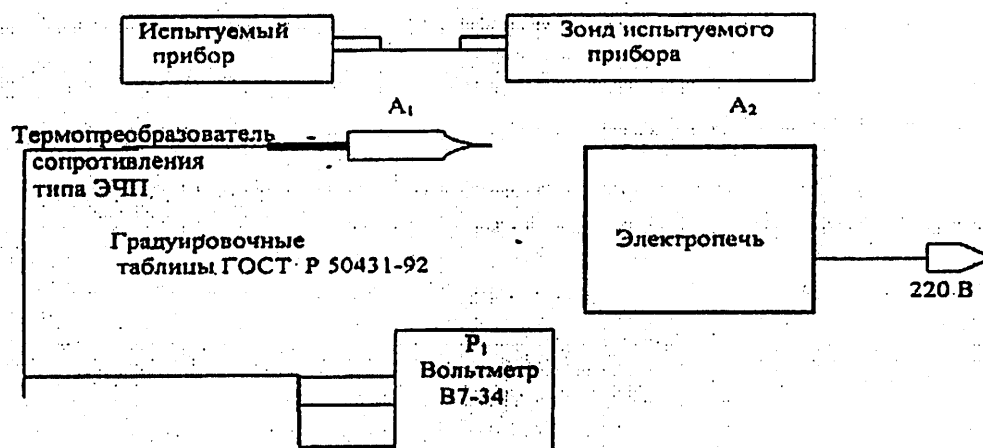
$$\Delta_T = T_i - T_{эi}, ^\circ C$$

$$\delta_T = \frac{T_{эi} - T_i}{T_{эi}} \cdot 100, \%$$

7.7.8 Результаты поверки по данному пункту считаются положительными, если значения погрешности измерений температуры находятся в пределах, приведенных в п.1 таблицы 7.

7.8. Определение абсолютной и относительной погрешности измерений температуры (внешние зонды температуры)

7.8.1. Собрать схему согласно рис.1



A₁ - термопреобразователь сопротивления типа ЭЧП для диапазона температур от 0 до 1100 °С; A₂ - электропечь; P₁ - вольтметр дифференциальный В7-34

Рис.1

7.8.2 Поместить в электропечь первичный преобразователь поверяемого прибора и термопреобразователь сопротивления ЭЧП, подключенный к вольтметру.

7.8.3 В электропечи поочередно установить температуру соответствующую десяти точкам диапазона измерений прибора, включая наибольшее и наименьшее значения. Диапазон измерений определяется типом применяемого первичного преобразователя.

7.8.4 Считать результаты измерений температуры эталонным термометром (T_э) и поверяемым прибором (T_п) при каждом установленном значении температуры. Время выдержки первичных преобразователей при каждой температуре не менее 20 минут.

7.8.5 Определить абсолютную (Δ_T) или относительную δ_T погрешность прибора, в каждой контрольной точке (тип погрешности выбирается в зависимости от задаваемой точки диапазона и приведен в строке 1 таблицы 7), по формулам:

$$\Delta_T = T_p - T_{э}, \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\delta_T = \frac{T_{э} - T_p}{T_{э}} \cdot 100, \%$$

7.8.6 Результаты поверки по данному пункту считаются положительными, если значения погрешности измерений температуры находятся в пределах, приведенных в п.1 таблицы 7.

Точки отрицательных температур, при необходимости, проверяются согласно п. 7.7. настоящей методики поверки.

7.9 Определение абсолютной погрешности измерений относительной влажности

7.9.1 Первичный преобразователь поверяемого прибора поместить в рабочую камеру эталонного генератора "Родник-2".

7.9.2 Задать в рабочей камере генератора "Родник-2" температуру равную (20±5) °С,

7.9.3 Последовательно задать в рабочей камере генератора "Родник-2" следующие значения относительной влажности:

$$\varphi_{31} = 6 \pm 1\%;$$

$$\varphi_{32} = 20 \pm 3\%;$$

$$\varphi_{33} = 50 \pm 3\%;$$

$$\varphi_{34} = 70 \pm 3\%;$$

$$\varphi_{35} = 93 \pm 2\%.$$

7.9.4 Выдержать первичный преобразователь прибора при заданном значении относительной влажности не менее 30 мин, после истечения указанного времени провести измерения относительной влажности φ прибора.

7.9.5 Определить абсолютную погрешность измерений относительной влажности в каждой контрольной точке по формуле:

$$\Delta_{\varphi} = \varphi_1 - \varphi_2,$$

Результаты поверки по данному пункту методики считаются положительными, если его значения абсолютной погрешности измерений относительной влажности находятся в пределах, указанных в п.9 таблицы 7.

7.10 Определение абсолютной погрешности измерений точки росы (проводят только для зондов определения точки росы)

7.10.1 Поместить первичный преобразователь поверяемого прибора в проточную камеру, подключенную к выходу генератора влажного газа.

7.10.2 Установить расход газа через проточную камеру в диапазоне от 1 до 2 л/мин.

7.10.3 Установить на выходе генератора влажного газа значение точки росы в диапазоне от минус 22 до минус 20 °С. Значение влажности считают установившимся, если показания не изменяются по истечении 5 минут.

7.10.4 Считать измеренные значения точки росы поверяемого прибора (T_1) и значение точки росы на выходе генератора влажного газа (T_0).

7.10.5 Повторить операции по п.п. 7.10.3, 7.10.4 для следующих значений точки росы установленных на выходе генератора влажного газа:

в диапазоне от минус 32 до минус 30 °С т.р.;

в диапазоне от минус 39 до минус 41 °С т.р.;

7.10.6 Определить абсолютную погрешность измерения точки росы Δ_i по формуле:

$$\Delta_i = T_i - T_0$$

7.10.7 Результаты поверки по данному пункту методики считаются положительными, если значения абсолютной погрешности измерений точки росы находятся в пределах ± 4 °С.

7.11 Определение погрешности канала измерений давления

7.11.1 Прибор подключить к эталонному прибору и к электрической сети и настроить на режим поверки в соответствии с Руководством по эксплуатации. После включения прибор выдержать в течение 30 минут, затем дважды произвести набор и сброс давления, равному верхнему пределу измерений. После каждого набора и сброса давления прибор выдержать в течении 2 минут. На прибор с помощью эталонного прибора последовательно подать давление, соответствующее пяти равномерно распределенным точкам диапазона измерений, при плавно возрастающем давлении (прямой ход), а затем, после выдержки на верхнем пределе измерений не менее 5 минут, при плавно убывающем давлении (обратный ход). Оценка годности прибора производится по результатам одного поверочного цикла (прямой ход и обратный ход).

Погрешность ($Y_{\text{ин}}$) моделей, у которых нормируется приведенная погрешность, определить как выраженное в процентах от верхнего предела измерений ($P_{\text{ин}}$) отклонение

показаний прибора ($P_{\text{пов}}$) от действительного значения давления, как по прямому, так и по обратному ходу. При этом действительное значение определить по эталонному прибору (P_3).

$$Y_{\text{пр}} = \frac{(P_3 - P_{\text{пов}})_{\text{макс}}}{P_{\text{вп}}} \times 100\%$$

где: $P_{\text{пов}}$ и P_3 – соответственно, показания поверяемого и эталонного приборов;
 $P_{\text{вп}}$ – диапазон измерений (численно равный верхнему пределу измерений).

7.11.2 Погрешность ($Y_{\text{отп}}$) моделей, у которых нормируется относительная погрешность, определить как максимальное выраженное в процентах от текущего значения измерений отклонение показаний прибора от действительного значения давления, как по прямому, так и по обратному ходам. При этом действительное значение определить по эталонному прибору.

$$Y_{\text{отп}} = \frac{(P_3 - P_{\text{пов}})_{\text{макс}}}{P_{\text{тп}}} \times 100\%$$

где $P_{\text{тп}}$ – текущие значения давления.

7.11.3 Погрешность ($Y_{\text{абп}}$) моделей, у которых нормируется абсолютная погрешность, определить как максимальное выраженное в единицах измеряемой величины отклонение показаний прибора от действительного значения давления, как по прямому, так и по обратному ходам. При этом действительное значение определить по эталонному прибору.

$$Y_{\text{абп}} = (P_3 - P_{\text{пов}})_{\text{макс}}$$

где $P_{\text{пов}}$ и P_3 – соответственно, показания поверяемого и эталонного приборов;

Результаты поверки по данному пункту считаются положительными, если значения погрешности измерений давления находятся в пределах, указанных в п.п.4,5,6 таблицы 7.

7.12 Определение абсолютной погрешности измерений концентрации CO_2 в атмосфере

7.12.1 Определение погрешности прибора при измерении концентрации в атмосфере CO_2 проводить при поочередной подаче на первичный преобразователь прибора ПГС перечисленных в таблице 6, в следующей последовательности 1-2-3-2-1-3.

Для исключения влияния отклонения атмосферного давления от нормального (101.5 кПа), необходимо значение концентрации ГСО-ПГС, указанное в паспорте для нормального давления, привести к давлению действительному по формуле:

$$A_{\text{ор}} = \frac{A_0}{1 + 0,02(101,5 - P)} \text{ (ppm)}$$

где: A_0 - значение концентрации измеряемого компонента в проверяемой точке, указанное в паспорте на ГСО-ПГС, ppm;

P – атмосферное давление МПа.

7.12.2 Определить погрешность измерений концентрации в атмосфере CO_2 , по формуле:

$$\delta_{\text{пр}} = A_{\text{ор}} - A_j$$

Значения относительной погрешности ($\delta_{\text{от}}$) рассчитать по формуле:

$$\delta_{от.} = \frac{A_j - A_0}{A_0} \times 100 \%$$

где A_j - показания поверяемого прибора, ррпм.

Результаты поверки по данному пункту считаются положительными, если значения погрешности измерений концентрации CO_2 находятся в пределах, указанных в п.8 таблицы 7.

7.13 Определение абсолютной погрешности измерений концентрации CO в атмосфере

7.13.1 Определение погрешности измерений концентрации в CO атмосфере проводить при поочередной подаче на первичный преобразователь прибора ПГС, перечисленные в таблице 6, в следующей последовательности 1-2-3-2-1-3.

Для исключения влияния отклонений атмосферного давления от нормального (101,5 кПа), необходимо значение концентрации ПГС, указанное в паспорте для нормального давления, привести к давлению действительному по формуле:

$$A_{оп} = \frac{A_0}{1 + 0,02(101,5 - P)} \text{ (ppm)},$$

где A_0 - значение концентрации измеряемого компонента в проверяемой точке, указанное в паспорте на ГСО-ПГС, ррпм;

P - атмосферное давление МПа.

7.13.2 Определить погрешность измерений концентрации CO в атмосфере по формуле:

$$\delta_{пр.} = A_{оп} - A_j$$

Значения относительной погрешности ($\delta_{от.}$) рассчитать по формуле:

$$\delta_{от.} = \frac{A_j - A_0}{A_0} \times 100 \%$$

где A_j - показания поверяемого прибора, в ррпм.

Результаты поверки по данному пункту считаются положительными, если значения погрешности измерений концентрации CO находятся в пределах, указанных в п.7 таблицы 7.

Таблица 6

Диапазон измерений объемной доли, ррпм	Номинальное значение объемной доли ррпм, определяемого компонента ПГС, пределы допускаемого отклонения			Номер ПГС по реестру ГСО
	ПГС№1	ПГС№2	ПГС№3	
Канал CO_2				
до 2500	ПНГ			
	400 ± 25			3750-87
		1500 ± 100		3757-87
			2300 ± 200	3758-87
св. 2500 до 5000	3000 ± 200			3758-87
		3500 ± 250	4750 ± 250	3759-87
св. 5000 до 10000	5500 ± 500	7500 ± 500	9500 ± 500	3760-87
Канал CO				

Диапазон измерений объемной доли, ppm	Номинальное значение объемной доли ppm, определяемого компонента ПГС, пределы допускаемого отклонения			Номер ПГС по реестру ГСО
	ПГС№1	ПГС№2	ПГС№3	
до 100	ПНГ (воздух)			
		34 ± 4		3844-87
			$69,0 \pm 7,0$	4265-88
св. 100	130 ± 7			4265-88
		200 ± 10		7590-99
			450 ± 30	3850-87

8 Оформление результатов поверки

При положительных результатах поверки оформляется свидетельство о поверке в соответствии с ПР 50.2.006-94. При отрицательных результатах поверки выдается извещение о непригодности.

Заместитель руководителя ГЦИ СИ «Тест ПЭ»

Инженер-метролог ГЦИ СИ «Тест ПЭ»

С.А. Абрамов

М.Ю. Родин

